



Première édition / Février 2018 / Ineris 17-163622-11458A

Vers une méthanisation propre, sûre et durable

**Recueil de bonnes pratiques
en méthanisation agricole**

Ce guide a été rédigé par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), à la demande du ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES).

La réalisation de ce document s'appuie sur les travaux de la direction des risques chroniques (DRC) et de la direction des risques accidentels (DRA) de l'Ineris. Les fiches de bonnes pratiques présentes dans ce guide ont fait l'objet d'une consultation auprès de l'inspection et de la profession.

Rédacteurs : Karine Adam, Sébastien Evanno (Ineris)

Édition : Noémie Egot (Ineris)

Avec la contribution :

- de Bruno Debray, Rodolphe Gaucher et Martine Ramel (Ineris) ;
- de Jean-Yves Leber, porte-parole d'Écologie sans frontière au titre de la commission d'orientation de la recherche et de l'expertise (CORE) ;
- d'Edouard Van Heeswyck et de Julien Tanguy (Direction générale de la prévention des risques, MTES) ;
- du Club Biogaz pour la synthèse des commentaires de ses adhérents ;
- de Biogaz Vallée et agriKomp pour les photos d'illustration.

Les rédacteurs remercient toutes les personnes pour leurs contributions.

Sommaire

- 3** Contributeurs
- 5** Sommaire
- 7** Introduction
- 8** Description du fonctionnement de l'installation
- 11** Principales situations à risques
- 13** Réglementation

17 FICHES DE BONNES PRATIQUES

- 17** **Fiche 1** : Connaissance et maîtrise des fuites et des émissions diffuses à l'atmosphère
- 27** **Fiche 2** : Détection multigaz portable
- 31** **Fiche 3** : Travaux par points chauds
- 39** **Fiche 4** : Tenue à la résistance au feu et classification des matériaux
- 43** **Fiche 5** : Programme d'entretien et de maintenance
- 51** **Fiche 6** : Digesteur (conception, exploitation et intervention)
- 59** **Fiche 7** : Soupape de sécurité hydraulique
- 63** **Fiche 8** : Conception d'ouvrages de stockage du digestat
- 73** **Fiche 9** : Dispositif de rétention de stockage de digestat
- 77** **Fiche 10** : Gestion du biogaz en fonctionnement dégradé

82 ANNEXE

Revue de l'accidentologie des installations de méthanisation
(base ARIA du BARPI)

Au cours des dix dernières années, la méthanisation s'est développée de façon soutenue avec la création, en France, de plus de 360 installations entre 2007 et 2017¹. Elle apparaît dorénavant comme une des technologies clés de l'économie circulaire et de la croissance verte. En produisant du biogaz, composé majoritairement de méthane et de dioxyde de carbone, et du digestat, à partir d'effluents et de résidus agricoles et de déchets organiques, elle constitue à la fois une solution pour leur valorisation et une source d'énergie renouvelable. Comme toutes les technologies dans le domaine de l'énergie et du traitement de déchets, la méthanisation est susceptible de générer des émissions et des risques. Elle est donc encadrée par la réglementation sur les installations classées qui définit les exigences applicables à ces installations afin de prévenir ou réduire les impacts et les nuisances environnementales.

Depuis plusieurs années, l'Ineris appuie le ministère en charge de l'environnement dans l'accompagnement du déploiement de cette nouvelle filière. L'Institut effectue une veille active pour identifier les diverses technologies mises en œuvre et leurs variantes nouvelles qui apparaissent régulièrement. Il évalue les enjeux environnementaux et procède, en conséquence, à des analyses de risques ainsi qu'à des études spécifiques qui permettent notamment de faire des recommandations en matière de bonnes pratiques, de normalisation et de réglementation. Il réalise régulièrement des visites d'installations qui permettent d'identifier les difficultés concrètes que rencontrent les acteurs de la filière, en particulier les exploitants, pour maîtriser les émissions et les risques accidentels, environnementaux et sanitaires.

Ce recueil de bonnes pratiques a été élaboré sur la base de ces observations de terrain et de la connaissance développée au cours des dernières

années. Il concerne principalement les installations de méthanisation agricole par voie semi-liquide (avec un taux de matières sèches entre 3 et 20 % environ) en raison de la forte croissance de ce secteur, mais son contenu peut souvent être transposable à d'autres types d'installations.

La méthanisation est également un procédé de plus en plus utilisé pour développer le traitement des déchets urbains, des effluents industriels ou des boues de stations d'épuration. Ces installations, de capacités plus grandes, sont souvent exploitées avec davantage de moyens et une culture de sécurité mis en œuvre dans des activités industrielles.

Ce recueil vise à apporter des informations concrètes et proposer des bonnes pratiques aux exploitants, aux concepteurs d'installations et aux inspecteurs des installations classées notamment en réponse aux exigences réglementaires environnementales et aux difficultés rencontrées pour la maîtrise des émissions et des risques.

Ce guide n'a pas de portée réglementaire, les solutions présentées n'étant d'ailleurs pas systématiquement applicables à l'ensemble des configurations d'installations existantes ou en projet.

Il a été conçu comme un outil évolutif. Ainsi, l'essentiel du contenu de ce recueil, élaboré en 2017, est structuré à partir d'un premier jeu de 10 fiches thématiques, qui seront complétées au fil du temps et remises à jour en fonction des évolutions réglementaires et technologiques.

Cette première édition du recueil de bonnes pratiques a vocation à devenir un outil de référence et un support d'échanges pour la profession autour de la sécurité et de la maîtrise des émissions gazeuses et des rejets aqueux.

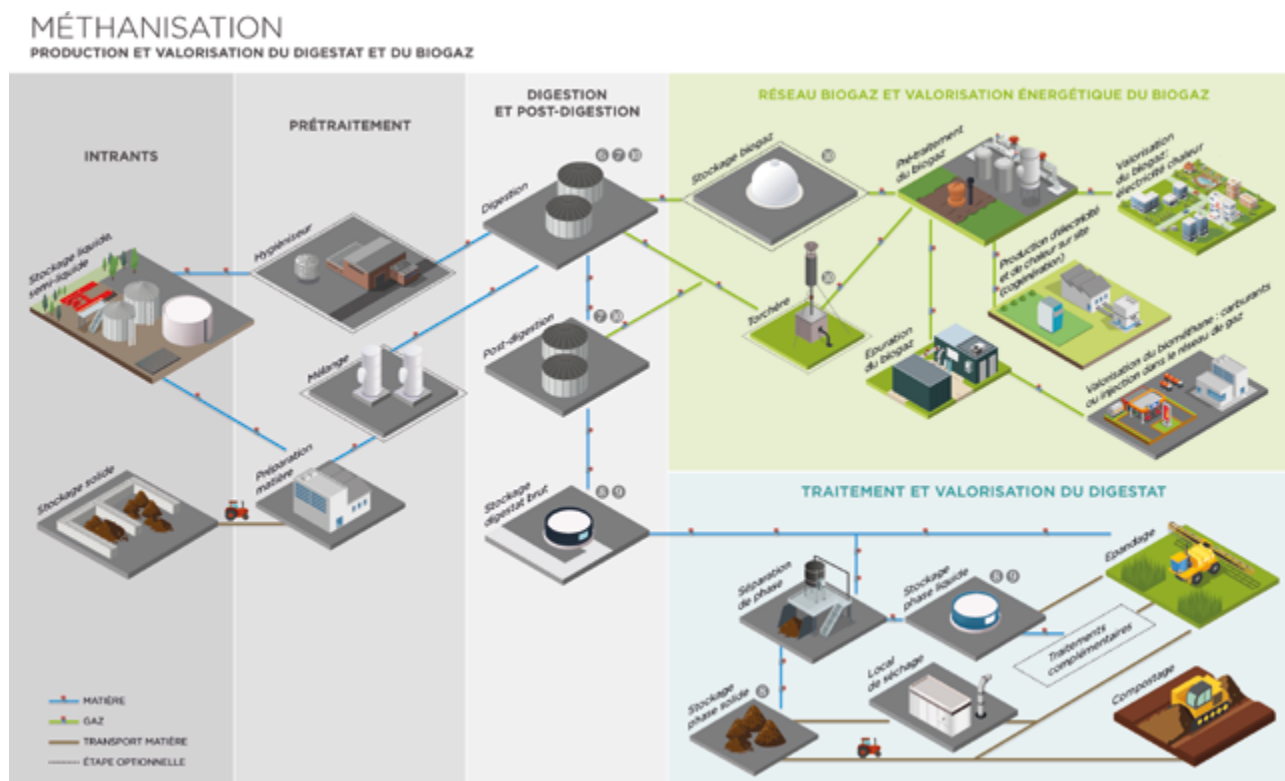


Vue aérienne d'une installation de méthanisation agricole.

1 - Source : ADEME Base de données SINOE <http://www.sinoe.org>

Description du fonctionnement de l'installation

La méthanisation a pour objectifs le traitement d'effluents et de résidus agricoles et/ou de déchets organiques et une double valorisation énergétique et matière des produits qui en sont issus : le biogaz et le digestat. L'installation de méthanisation est décomposée ci-après par grandes étapes de production à savoir : le stockage et la préparation des substrats, l'étape de digestion proprement dite, la gestion et la valorisation du digestat produit d'une part, et le traitement et la valorisation du biogaz d'autre part.



Stockage et préparation des intrants

Différents intrants (ou substrats) sont utilisés dans la méthanisation agricole. Ils peuvent être classés en trois catégories : solides (résidus agricoles dont CIVE² et résidus de cultures, fumiers, ...), liquides (lisier, déchets agro-alimentaires, lactosérum...) et gras (huiles végétales, graisses de flottation...).

Les substrats sont choisis de manière à garantir une qualité et une production suffisante de biogaz et de digestat. Pour ce faire, certains intrants à fort pouvoir méthanogène présentent un intérêt pour la rentabilité de l'installation (optimisation de la valorisation énergétique). De même, la présence de certains substrats est nécessaire pour faciliter la digestion elle-même (matières fibreuses, graisses...).

Prétraitement et préparation (mélange)

Avant la phase d'introduction dans le digesteur, les substrats, en fonction de leur nature, sont soumis à des étapes de prétraitement avec différents objectifs :

- faciliter l'alimentation du digesteur (viscosité, pré-mélange solide / liquide) ;

- limiter l'introduction de corps étrangers (concassage, puits à cailloux...) ;
- faciliter la digestion en divisant la structure de la matière (broyage...) ;
- hygiéniser les sous-produits animaux (SPAN) pour des raisons sanitaires (étape mise en œuvre uniquement pour certains types de déchets).

Une fois prétraitées, ces matières sont envoyées en continu directement en digestion ou vers une étape. Cette dernière permet d'homogénéiser le mélange et de tester différentes recettes avant introduction dans le digesteur. Elle garantit la stabilité du processus de digestion malgré la variabilité des substrats (qualité, quantité) potentiellement utilisés au cours de la vie de l'installation. Elle permet également de tester la compatibilité et la réactivité de nouveaux substrats au mélange, réactivité pouvant conduire par exemple à des phénomènes de moussage. Cette étape limite ainsi l'apparition de tels phénomènes dans le digesteur et permet d'adapter le dosage des différents substrats dans la ration pour garantir l'équilibre nutritionnel.

2 - Cultures Intermédiaire à Vocation Énergétique : culture implantée et récoltée entre deux cultures principales dans une rotation culturale.

Introduction des matières dans le digesteur

En fonction de la conception et de la technologie choisies, et notamment de la présence ou non de l'étape de mélange, plusieurs configurations d'alimentation du digesteur existent.

Une alimentation séparée des matières solides et liquides implique des équipements de type bols d'alimentation et trémies, pour les solides, et pompes pour les liquides. L'alimentation du digesteur après mélange des substrats peut se faire par l'intermédiaire de pompes.

L'alimentation se fait en respectant les rations admissibles par le digesteur. La conduite du procédé par un logiciel de supervision se développe actuellement.

Digestion

Cette étape correspond à la transformation biologique des matières organiques introduites dans le digesteur et permet la production de biogaz et de digestat.

Plusieurs techniques de digestion en voie semi-liquide existent. Elles sont classées en fonction de la température (mésophile, thermophile) et du mode de mélange (mécanique (axial, latéral), recirculation du digestat, réinjection du biogaz) pour assurer l'homogénéité au sein du digesteur.

Le mode mésophile (35-42°C) avec une agitation mécanique (mélangeur principal à axe vertical et brasseurs axiaux) est le plus courant en milieu agricole.

Le biogaz agricole est constitué de méthane (50 - 65 % vol.), de dioxyde de carbone (35 - 45 % vol.), de vapeur d'eau (2 - 7 % vol.) et d'éléments en traces tels que l'ammoniac, l'hydrogène sulfuré (jusqu'à 0,8 % vol./ 12 000 mg/m³), les composés organiques volatils...

Le digestat conserve les éléments nutritifs des matières premières. Il est notamment constitué d'azote, de phosphore, de potassium, de soufre, de calcium, de magnésium. Il conserve également les éléments traces introduits par les substrats (tous les éléments traces métalliques et certains composés organiques) ou encore certains microorganismes présents initialement ou qui se sont développés au cours du processus.

Post digestion

L'étape de post-digestion est une étape essentielle pour stabiliser et améliorer l'inocuité du digestat. Elle permet aussi la production de biogaz supplémentaire obtenu par la digestion de la matière fermentescible résiduelle. La part de biogaz produite au niveau de la post-digestion représente entre 5 à 15 % de la production totale de biogaz.

Cette étape est conçue sur le même principe que la digestion : le post-digesteur est maintenu en température. La post-digestion constitue également une première étape de stockage du digestat.

Stockage et valorisation du digestat

En installation agricole, le digestat est majoritairement valorisé par épandage du digestat brut ou des

différentes phases obtenues après séparation de phases. Il s'avère donc nécessaire de stocker le digestat brut ou les différentes phases plusieurs mois sur le site.

La séparation de phases du digestat brut permet de produire deux types de digestats : liquide et solide. Ces deux phases peuvent être directement épandues à des périodes différentes sur les terres cultivées ou les cultures, ou subir des traitements complémentaires en fonction des secteurs géographiques et des excédents potentiels en azote des sols.

Le digestat solide peut dans ce cas subir un traitement complémentaire par séchage (diminution du volume et des coûts de transport) ou par compostage.

Le digestat liquide peut également subir un traitement poussé (filtration membranaire, osmose inverse, évapoconcentration, traitement biologique...). Ce traitement est généralement coûteux donc applicable uniquement sur des installations de capacité relativement importante.



Séparation de phase de digestat brut

Stockage du biogaz brut

Le biogaz est normalement valorisé en continu. Le stockage du biogaz, soit au niveau du système digesteur/postdigesteur, soit dans un gazomètre, permet notamment de réguler l'équilibre entre la production du biogaz et son utilisation. Il sert ainsi à absorber le surplus de production ou à conserver le biogaz en cas d'arrêt des dispositifs de valorisation (moteur cogénération, épuration, injection réseaux etc.). Il permet également de limiter les émissions de biogaz à l'atmosphère et les quantités brûlées (torchage).

Prétraitement du biogaz brut

Le prétraitement du biogaz brut (via des procédés physiques ou chimiques) permet de diminuer en grande partie sa teneur en vapeur d'eau (par condensation), en H₂S (injection d'un filet d'air ou ajouts FeCl₃,...) et en éléments polluants en trace (H₂S résiduel, COV, NH₃) par adsorption sur filtre à

charbon afin :

- de limiter la corrosion chimique ($\text{eau} + \text{H}_2\text{S} = \text{H}_2\text{SO}_4$) ;
- d'augmenter le pouvoir calorifique du biogaz traité avant valorisation ;
- d'optimiser le rendement énergétique de la valorisation.



Unité de prétraitement du biogaz brut

Valorisation du biogaz brut prétraité

Différents modes de valorisation du biogaz brut prétraité sont présentés succinctement ci-dessous :

Production de chaleur (chaudière), production d'électricité et de chaleur par cogénération (moteur, turbine)

Le biogaz brut prétraité est généralement valorisé sur le site de production, soit par combustion directe (chaudière), soit par cogénération (production d'électricité et de chaleur).

Le module de cogénération est constitué d'un moteur à gaz et d'un alternateur pour produire l'électricité, et d'un système de récupération de chaleur perdue par le bloc moteur et dans les fumées. La cogénération permet de valoriser 35 % de l'énergie primaire du biogaz sous forme d'électricité et jusqu'à 85 % du total, en tenant compte de la récupération de la chaleur produite et des pertes du système.



Unité de cogénération du biogaz brut prétraité

Épuration du biogaz brut prétraité et injection du biométhane dans le réseau de gaz naturel ou pour un usage carburant (GNV Vert)

Une valorisation alternative du biogaz se développe dans le cadre de la méthanisation agricole : l'épuration

du biogaz en biométhane destiné à être injecté dans le réseau de gaz naturel ou utilisé comme carburant (GNV vert).

L'épuration du biogaz consiste à éliminer du biogaz brut prétraité les substances indésirables (CO_2 , H_2O , H_2S , etc.) afin d'augmenter la teneur en méthane, ce qui produit du biométhane, doté d'un pouvoir calorifique équivalent à celui du gaz naturel.

Les trois principales technologies suivantes d'épuration du biogaz agricole sont utilisées :

- la perméation (procédé par séparation membranaire) ;
- l'absorption (procédé d'absorption physique par lavage à l'eau, procédé d'absorption physique avec solvant organique, procédé d'absorption chimique par lavage aux amines) ;
- l'adsorption (procédé PSA « Pressure Swing Adsorption »).



Unité d'épuration du biogaz brut prétraité

Destruction du biogaz : torchère, chaudière d'appoint ou tout autre système équivalent

Une torchère est un équipement de destruction du biogaz par combustion. Elle est encore peu utilisée dans la filière de méthanisation agricole. Elle peut être à allumage automatique ou manuel.

Une torchère permet de ne pas rejeter directement du biogaz à l'atmosphère en cas d'indisponibilité temporaire des équipements de valorisation du biogaz (panne ou arrêt de la cogénération, épuration, injection, ou en cas de production intensive de biogaz). Il s'agit d'un dispositif de sécurité et de protection environnementale.

A noter qu'une chaudière d'appoint (de faible puissance) est parfois utilisée à la place de la torchère.

Réseau biogaz : système de capacités, de tuyauteries et de dispositifs de régulation (vannes, purges...) qui transfère le biogaz entre les unités fonctionnelles de l'unité de méthanisation.

Réseau matières solides et liquides : système de capacités, de tuyauteries et de dispositifs de régulation (vannes, purges...) qui transfère les matières solides et liquides (intrants, digestats, eau de nettoyage...) entre les unités fonctionnelles de l'unité de méthanisation.

Principales situations à risques

Comme tout procédé mettant en œuvre des réactions physiques, chimiques et biologiques, la méthanisation présente différentes situations, sources d'émissions et de risques qu'il convient de maîtriser afin de minimiser l'impact d'une installation sur son environnement.

Le tableau suivant présente succinctement les risques principaux identifiés.

Risques principaux	Incendie	Explosion	Rupture ou éclatement physique (et émissions gazeuses suite à rupture)
Description du risque - causes et conséquences possibles	Tout combustible (intrants solides et liquides, matériaux de construction et d'isolation, charbon actif, huile thermique, digestat solide, autres...) en présence d'air et d'une source d'inflammation active (étincelle, chaleur, travaux par points chauds, etc.) est susceptible de brûler de façon non maîtrisée, ce qui constitue un incendie. Un incendie génère des flammes, de la chaleur et des fumées de combustion. Il peut se propager à d'autres combustibles présents à proximité (intrants, matériaux de construction et d'isolation, cartons, papiers, huile thermique...) et causer des dommages majeurs aux biens et aux personnes. Un incendie peut détruire complètement une installation.	Les gaz inflammables (biogaz, biométhane, gaz de pyrolyse et autres gaz inflammables utilisés lors de travaux par points chauds) et les poussières combustibles pulvérulentes en suspension dans un espace confiné en mélange avec l'air (concentration dans le domaine d'explosivité) peuvent générer une explosion (ATEX) si ils sont en contact avec une source d'inflammation active (semblable à celle de l'incendie). Une explosion génère des effets de pression qui peuvent endommager fortement les équipements, voire les détruire. Une explosion peut être à l'origine d'un incendie. Le confinement aggrave les effets d'explosion.	A l'intérieur des digesteurs et des stockages de gaz, des surpressions ou des dépressions physiques peuvent apparaître, en cas de dysfonctionnement des soupapes de sécurité par exemple. Celles-ci peuvent produire la rupture ou l'éclatement pneumatique qui peut conduire à des effets de pression, au déversement massif du digestat, au mélange du biogaz libéré avec l'air, et, en cas, d'inflammation, à l'explosion ou l'incendie.
Unités fonctionnelles concernées	Stockage d'intrants (fermentation auto-échauffement), préparation et incorporation des intrants, digestion, prétraitement du biogaz (filtre à charbon actif), local de cogénération (huile thermique), stockage et valorisation du digestat, locaux techniques et administratifs.	Des explosions en milieu confiné concernent l'intérieur de capacités telles que l'intérieur de silos d'intrants pulvérulents, l'intérieur de digesteurs / stockage tampon de biogaz (entrée d'air accidentelle en présence biogaz), l'intérieur de locaux contenant des tuyauteries de biogaz (fuite accidentelle de biogaz dans des locaux techniques, locaux de cogénération, locaux d'épuration, locaux de compression / surpression). Des fuites de biogaz à l'extérieur génèrent des effets d'explosion moindre.	Digesteur et post-digesteur Stockage de biogaz (intégré au digesteur et/ou post-digesteur, gazomètre).
Exemples ciblés de la problématique	Incendie d'origine malveillante dans un hangar contenant des intrants. Incendie d'origine électrique dans un local technique Incendie d'une turbine de la centrale de cogénération Incendie du filtre à charbon actif avec propagation de l'incendie dans le local de cogénération.	Explosion d'un digesteur (lisier) par exemple suite à travaux ou en phase de démarrage. Explosion d'un stockage de biogaz. Explosion de biogaz lors d'opération de maintenance.	Surpression à l'intérieur des digesteurs suite à un défaut de fonctionnement de la torchère et des soupapes de sécurité (gel, bouchage...).

Emissions principales	Emissions gazeuses	Rejets de matières liquides ou semi-liquides	Rejets d'eaux pluviales contaminées
Description des émissions - causes et conséquences possibles	Les émissions gazeuses (canalisées, diffuses et fugitives) existent aux différentes étapes du processus de digestion - Les émissions canalisées (émissions au travers d'une cheminée) sont généralement surveillées (ex : installations de combustion ou d'épuration de biogaz en biométhane). Les émissions diffuses proviennent de sources à l'air libre ou de bâtiments sans extraction d'air ou de systèmes de traitement d'air ouverts comme les biofiltres. Les émissions fugitives peuvent provenir de divers équipements, canalisations, pompes... et sont à l'origine des fuites de biogaz. Ces émissions peuvent avoir des conséquences environnementales, sanitaires (opérateurs, population) et olfactives. Les émissions spécifiques de biogaz peuvent de surcroît être à l'origine de risques d'incendie, d'explosion (ATEX air / biogaz).	Les rejets de matières sont possibles dans différentes situations : rupture d'un ouvrage et rejet massif de matières ou perte d'étanchéité de l'ouvrage. Ils peuvent être à l'origine de pollution des eaux et des sols. La rétention de ces matières sur le site est la seule solution.	Risque lié à l'impossibilité de garder sur le site une grande quantité d'eaux pluviales contaminées par les matières. Ces rejets peuvent être à l'origine d'une pollution des rivières et des sols aux alentours du site. Les pentes, la séparation éventuelle de ces eaux par rapport aux eaux pluviales non contaminées et les moyens de stockage de ces eaux doivent être correctement dimensionnés. Des talutages peuvent également être prévus.
Unités fonctionnelles concernées	Stockages ouverts et/ou lors d'étapes de manipulation ou de remplissage et de vidange Etapes de prétraitement et préparation (mélange), et de digestion. Etapes de prétraitement, de valorisation et de destruction du biogaz. Etapes de traitement, valorisation du digestat Réseau biogaz et réseau matières solides et liquides.	Tous les ouvrages avec des matières liquides ou semi-liquides : les étapes de stockage, le digesteur, le post-digesteur et le réseau matières liquides.	Stockage des matières solides, étapes de prétraitement des matières quand elles sont situées à l'extérieur.
Exemples ciblés de la problématique	En fonctionnement normal de l'installation : émissions au niveau de la soupape hydraulique du digesteur, fuites aux brides, dysfonctionnement de la torchère, émissions diffuses des stockages ouverts de lisiers, de digestats, gaz de combustion du moteur de cogénération... En situation incidentelle ou accidentelle : arrachement de conduite de biogaz, envol, débâchage ou déchirure de membrane...	Fuites au niveau des canalisations (enterrées ou aériennes) de matières Perte d'étanchéité du digesteur suite à usure prématurée de type corrosion chimique. Equipements du type vanne de remplissage restées ouvertes. Débordement lié à un moussage dans un digesteur ou suite à une défaillance d'un capteur de niveau.	Contamination d'un cours d'eau à proximité suite à de fortes pluies et une conception de l'installation ne permettant pas de diriger toutes ces eaux vers le bassin de collecte - aucun talutage autour du site prévu.

Réglementation

Les installations de méthanisation sont des Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) visées par la rubrique 2781 et, à ce titre, soumises aux régimes de la déclaration avec contrôle périodique, de l'enregistrement ou de l'autorisation selon la capacité de production et la nature des intrants utilisés. Une liste fermée d'intrants permet un classement en 2781-1 tandis que certains SPAn de catégorie 2, les déchets alimentaires et les boues de station d'épuration notamment, conduisent à un classement en 2781-2. Le classement définit le choix des régimes administratifs possibles et des exigences de prévention et de protection des impacts sur l'environnement à mettre en œuvre depuis la conception jusqu'à la fin de vie d'une installation.

D'autres réglementations viennent compléter ce cadre applicable, en particulier, pour :

- le stockage et la valorisation sur site du biogaz : ils sont potentiellement soumis également à la réglementation des ICPE, respectivement par les rubriques 4310 (en fonction de la quantité stockée) et 2910 (selon la puissance de l'installation de combustion) ;
- le raccordement et l'injection du biométhane dans le réseau de gaz naturel : les textes régissant cette activité définissent notamment les exigences de qualité relatives au biométhane et les conditions de vente (biométhane et/ou électricité) ;
- la valorisation des digestats : la valorisation du digestat ou de certaines phases (solide, liquide) est encadrée pour permettre le retour au sol via les plans d'épandage (agrément sanitaire et arrêtés de prescriptions générales de la rubrique ICPE 2781) ou leur reconnaissance en tant que fertilisants soit par homologation ou par respect d'un cahier des charges approuvé par voie réglementaire (cf. cahier des charges du ministère de l'Agriculture³) soit après traitement par compostage (rubrique 2780), en tant que compost normalisé.

La réglementation environnementale applicable à la méthanisation est régulièrement adaptée afin de faciliter le développement de la filière tout en maintenant un haut niveau d'exigence de protection de l'environnement. En 2018, la rubrique 2781 doit être modifiée afin d'une part, de rehausser le seuil de l'autorisation à 100 t/j et, d'autre part, créer un régime d'enregistrement pour les installations recevant des déchets non dangereux autres que des matières végétales brutes, effluents d'élevage, matières stercoraires, lactosérum et déchets végétaux d'industries agroalimentaires.

Fiches de bonnes pratiques

Face aux questions soulevées par les différents acteurs et l'intérêt manifeste pour la mise en commun et la diffusion de bonnes pratiques, l'Ineris a sélectionné prioritairement les 10 fiches de synthèse thématiques suivantes pour constituer l'ossature de ce recueil de bonnes pratiques qui a vocation à être mis à jour et complété ultérieurement en fonction des évolutions techniques des installations et des besoins des différents acteurs (difficultés d'interprétation de la réglementation, niveau d'information disponible, bonnes pratiques à valoriser...).

Certaines fiches traitent d'un enjeu transversal à l'ensemble de l'installation de méthanisation :

- fiche 1 « Connaissance et maîtrise des fuites et des émissions diffuses à l'atmosphère » ;
- fiche 2 « Détection multigaz portable » ;
- fiche 3 « Travaux par points chauds » ;
- fiche 4 « Tenue à la résistance au feu et la classification des matériaux » ;
- fiche 5 « Programme d'entretien et de maintenance ».

D'autres fiches concernent des composantes spécifiques du procédé de méthanisation :

- fiche 6 « Digesteur (conception, exploitation, intervention) » ;
- fiche 7 « Soupape de sécurité hydraulique » ;
- fiche 8 « Conception d'ouvrages de stockage du digestat » ;
- fiche 9 « Dispositif de rétention de stockage du digestat » ;
- fiche 10 « Gestion du biogaz en fonctionnement dégradé ».

Les bonnes pratiques présentées sont issues de référentiels existants (pratiques et réglementaires), du retour d'expériences terrain, de l'évolution des connaissances scientifiques et techniques et d'échanges à l'échelle européenne (enjeux identifiés). Dans chaque fiche, sont abordées les différentes étapes dans la vie de l'installation : la conception, la conduite de l'exploitation dans différentes situations de fonctionnement, le suivi de l'installation (bon fonctionnement, détection de dérives ou d'événements, maintenance).



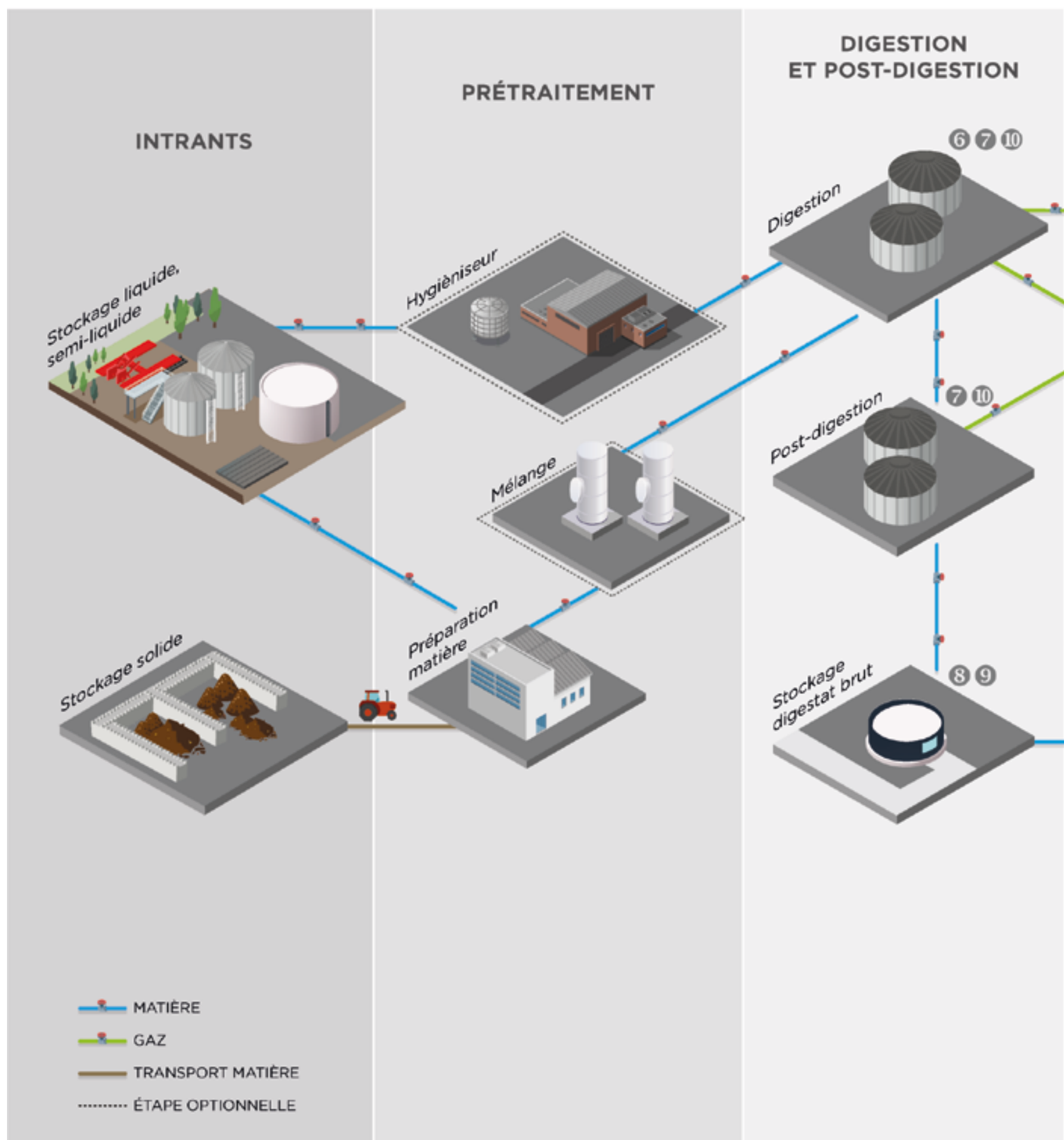
Vue du ciel d'une unité de méthanisation agricole

3 - Arrêté du 13 juin 2017 approuvant un cahier des charges pour la mise sur le marché et l'utilisation de digestats de méthanisation agricoles en tant que matières fertilisantes

* BARPI : Bureau d'analyse des risques et des pollutions industrielles (Direction générale de la prévention des risques, ministère de la Transition écologique et solidaire) qui est chargé de rassembler, d'analyser et de diffuser les informations et le retour d'expérience en matière d'accidents industriels et technologiques. Base de données ARIA du BARPI : www.aria.developpement-durable.gouv.fr.

MÉTHANISATION

PRODUCTION ET VALORISATION DU DIGESTAT ET DU BIOGAZ

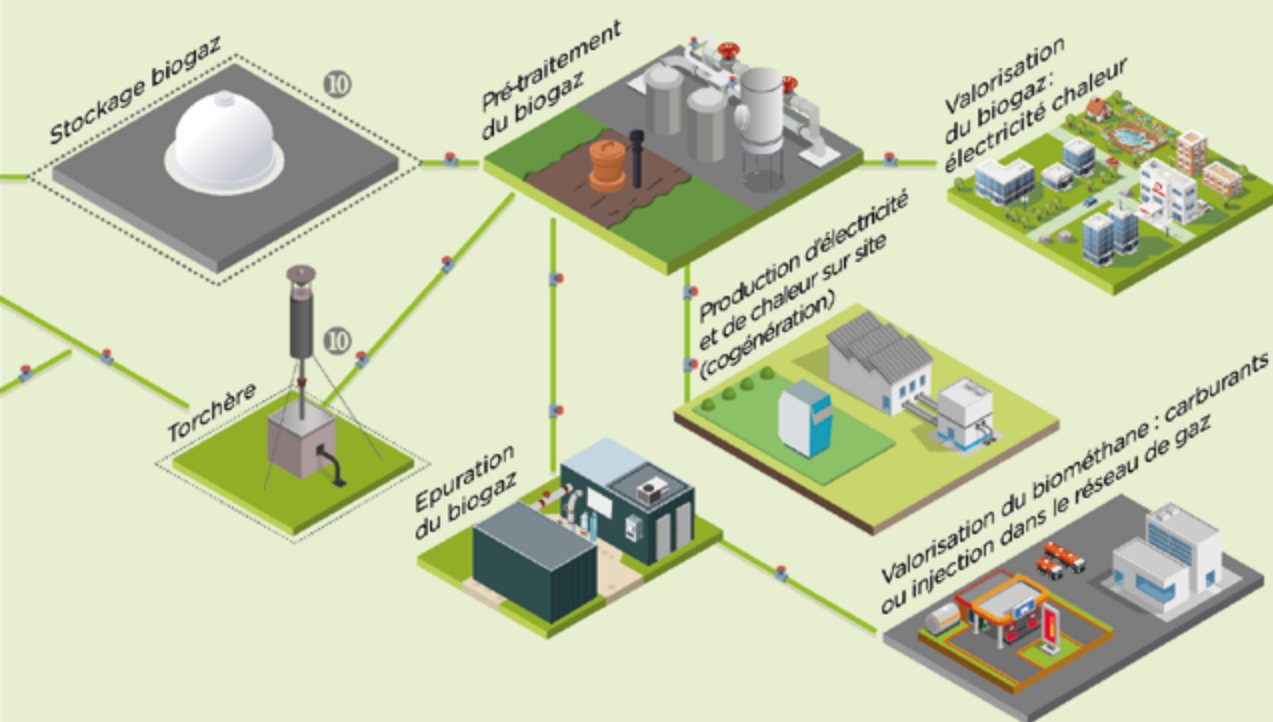


FICHES DE BONNES PRATIQUES

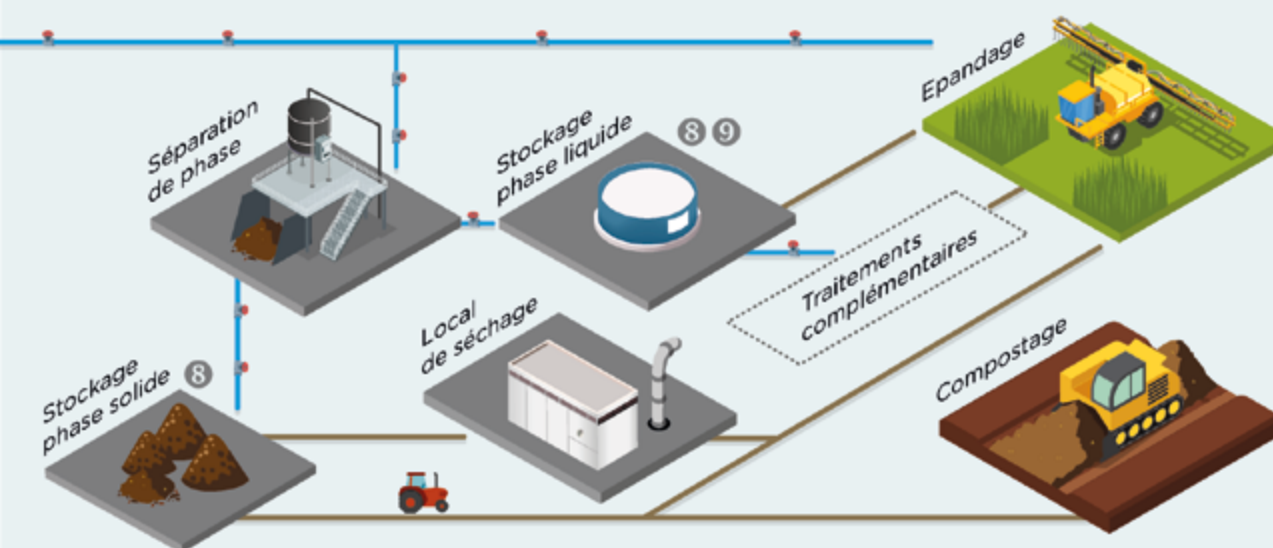
ENJEUX TRANSVERSAUX

- ① Connaissance et maîtrise des fuites et des émissions diffuses à l'atmosphère
- ② Détection multigaz portable
- ③ Travaux par points chauds
- ④ Tenue à la résistance au feu et classification des matériaux
- ⑤ Programme d'entretien et de maintenance

RÉSEAU BIOGAZ ET VALORISATION ÉNERGÉTIQUE DU BIOGAZ



TRAITEMENT ET VALORISATION DU DIGESTAT



COMPOSANTES SPÉCIFIQUES

- ⑥ Digesteur (conception, exploitation et intervention)
- ⑦ Soupape de sécurité hydraulique
- ⑧ Conception d'ouvrages de stockage de digestat
- ⑨ Dispositif de rétention de stockage de digestat
- ⑩ Gestion du biogaz en fonctionnement dégradé

Connaissance et maîtrise des fuites et des émissions diffuses à l'atmosphère

Enjeux, problématique et périmètre

Cette fiche cible les émissions atmosphériques non maîtrisées des installations de méthanisation, notamment les fuites, les émissions diffuses⁴ de diverses sources et les émissions de systèmes de protection. Elle a pour objectif de fournir des informations sur :

- les sources ;
- les bonnes pratiques associées à la surveillance des installations ;
- les moyens (conception, interventions) pour limiter les situations susceptibles d'être à l'origine d'émissions ponctuelles.

Les émissions des sources canalisées ne sont pas abordées dans cette fiche. En effet, les moteurs de cogénération et les chaudières sont d'ores et déjà encadrées par la réglementation et soumises à des valeurs limites réglementaires au rejet.

Les rejets du gaz résiduaire suite à l'épuration du biogaz en biométhane sont connus et à ce stade ne seront encadrés qu'à la condition de la mise en place d'un contexte réglementaire spécifique.

La torchère est couverte par la fiche 10 « Gestion du biogaz en fonctionnement dégradé ».

Les émissions liées à l'épandage du digestat sont en dehors du périmètre de cette fiche.

Toutes filières de méthanisation confondues, les émissions de biogaz identifiées dans la littérature européenne et canadienne présentent une variabilité importante pouvant aller de moins de 1% à 25% du biogaz produit⁵. Ces variations intègrent des caractéristiques de sites (âge et conception des installations, étapes confinées ou non, niveau de maîtrise des émissions, intrants et leur variabilité dans le temps...) et des conditions de fonctionnement différentes.

Ces pertes peuvent, en effet, avoir des conséquences non seulement environnementales et sanitaires mais également économiques car elles influent directement sur la rentabilité des installations.

Définition et identification des risques

Les différentes étapes de la méthanisation sont susceptibles d'être à l'origine d'émissions gazeuses non maîtrisées. Ces émissions se produisent tout au long de la vie de l'installation. Elles peuvent être liées à la conception des ouvrages, à des défauts

de conception, à des pertes d'étanchéité au cours du temps et au vieillissement des équipements, vieillissement classique ou prématuré en fonction du choix des matériaux. Elles sont donc susceptibles d'évoluer au cours du temps.

Les sources principales sont les suivantes :

- le stockage des intrants : les principales substances concernées sont l'ammoniac (NH_3) et le protoxyde d'azote (N_2O) ;
- la digestion (soupapes, interventions suite à incident, maintenance) et les fuites au niveau des équipements (canalisations...) : il s'agit principalement d'émissions de biogaz comprenant notamment du méthane (CH_4), du dioxyde de carbone (CO_2), et des éléments en traces tels que l'ammoniac (NH_3), l'hydrogène sulfuré (H_2S), les composés organiques volatils (COV) ;
- le stockage du digestat. Les émissions sont composées d'ammoniac (NH_3), de protoxyde d'azote (N_2O) et d'une part résiduelle de biogaz.

La détermination des émissions fugitives (fuites aux équipements, canalisations, défauts d'étanchéité...) s'avère nécessaire dans un objectif global de maîtrise des émissions. Les sources fugitives peuvent se situer entre autres au niveau des membranes de stockage du biogaz (vieillesse des matériaux), des trappes d'accès (défaut d'étanchéité), des ouvertures dans les ouvrages, des fixations des matériaux (cas des toitures en double-membrane), des canalisations et des brides.

Les situations susceptibles d'être à l'origine d'émissions ponctuelles correspondent à des situations pour lesquelles des dérives par rapport au fonctionnement stabilisé et optimal du site sont constatées ou lors d'interventions ou de maintenance (exemple du débâchage partiel du digesteur).

Cadre réglementaire

La prévention de ces situations et leur maîtrise se traduisent en exigences réglementaires au niveau de la conception et de l'exploitation de l'installation.

Les principales exigences recensées sont majoritairement applicables aux différents régimes de classement au titre des ICPE (déclaration, enregistrement, autorisation), le tableau ci-dessous en donne une illustration. Les articles réglementaires ciblés sont repris en annexe.

4 - Les émissions diffuses proviennent de sources à l'air libre difficilement canalisables - par exemple, les stockages ouverts d'intrants semi-liquides ou liquides et de digestat, les lagunes, les bassins, le stockage en tas de fumiers ou de digestat solide

5 - Etat des lieux des connaissances des émissions de CH_4 et de N_2O des installations de méthanisation, rapport référencé Ineris-DRC-14-141736-12606A

Connaissance et maîtrise des fuites et des émissions diffuses à l'atmosphère

Thématique	Exigences réglementaires
Conception	
Impact	Implanter l'installation et ses composants à distance des tiers : distance précisée ou évaluée (étude d'impact et de danger) dans le dossier de demande d'exploitation. Pour des sources potentiellement difficiles à confiner (bassins de grandes dimensions par exemple), définir l'implantation en fonction des vents dominants et de la distance par rapport à la population. Concevoir et dimensionner l'installation et ses équipements pour limiter les risques de nuisances. Implanter les étapes à l'origine d'émissions odorantes dans des locaux fermés, ventilés et équipés de systèmes de traitement des émissions canalisées si nécessaire.
Emissions de biogaz à l'atmosphère	Identifier les situations possibles dans le dossier d'exploitation – pas d'obligation de mise en place sur site d'un système de destruction du biogaz type torchère mais prévoir une capacité de stockage du biogaz suffisante jusqu'à la mise en service d'une torchère mobile (applicables aux installations à enregistrement et à autorisation).
Fuites de biogaz	Choisir des matériaux résistants à la corrosion pour les équipements et pour les canalisations.
Exploitation	
Formation du personnel	Avant la mise en route de l'installation, former le personnel à la prévention des nuisances et des risques et à la conduite à tenir en cas d'incident ou d'accident, de fuites de biogaz sur un récipient ou une canalisation.
Démarrage de l'installation	Contrôler l'étanchéité des équipements des canalisations et des systèmes de protection contre les surpressions ou sous-pressions. Disposition également applicable à chaque redémarrage.
Indisponibilités	En cas d'indisponibilité prolongée des installations, sous un délai maximal à préciser dans l'arrêté préfectoral, évacuation des matières premières pour limiter les nuisances potentielles - applicable aux installations soumises à autorisation.
Maintenance et surveillance	
Plan de maintenance	Prévoir un programme de maintenance préventive et indiquer les fréquences de vérification des dispositifs de sécurité, d'étanchéité des équipements, des systèmes de traitement des pollutions gazeuses et de suivi et de surveillance (détecteurs, alarmes...).
Surveillance	Installer et maintenir les moyens de mesures nécessaires à la surveillance du processus de méthanisation - identifier paramètres et dispositifs pertinents - prévoir des systèmes d'alarme si nécessaire.
Odeurs	Réaliser un état initial des odeurs perçues autour du site avant démarrage (applicable aux installations à enregistrement et à autorisation).

Retour d'expérience terrain

La maîtrise des émissions implique une conception correcte, une bonne connaissance, une conduite adaptée et une surveillance appuyée de son installation. C'est pourquoi, elle doit être prévue dès la conception et adaptée au fil de la vie de l'installation.

Conception de l'installation : une étape clef

Les capacités de stockage des intrants, du biogaz et du digestat doivent tenir compte d'éventuelles périodes de dysfonctionnements et ainsi assurer une certaine flexibilité à l'installation. La durée de stockage du biogaz sera plus importante dans le cas où aucune torchère ou autre moyen d'utilisation secondaire de biogaz n'est envisagé. Il s'agit ici de gérer le biogaz produit durant des situations de dysfonctionnements sur le système de valorisation aval sans le rejeter à l'atmosphère. En France, la torchère est peu implantée en installations agricoles, mais tend à se développer. Aujourd'hui la durée de stockage la plus courante en France est de 4 heures sur les installations agricoles mais peut atteindre 8 heures. A titre de comparaison, en Allemagne, et bien que les sites soient équipés de torchères, les durées de stockage conseillées viennent d'être modifiées et sont comprises entre 6 et 20 heures contre 3 à 10 heures précédemment.

La capacité du digesteur doit également être réfléchi en tenant compte des types d'intrants et du potentiel d'introduction d'indésirables. En effet, au fil du temps, la capacité utile diminue et peut atteindre un niveau critique par rapport au dimensionnement des soupapes de sécurité ce qui engendre des ouvertures répétées de ces systèmes induisant des émissions directes de biogaz à l'atmosphère. Le curage d'un digesteur est envisagé au-delà de 10 ans de fonctionnement. Pourtant, dans quelques cas rencontrés sur le terrain, un curage a été nécessaire au bout de 5 années de fonctionnement environ. Une périodicité entre des curages préventifs de 5 - 7 ans semble admis par la profession.

La conception d'une nouvelle installation doit pouvoir s'appuyer sur les retours d'expérience d'autres exploitations que ce soit dans le dimensionnement lui-même (notamment à partir des situations particulières rencontrées sur des sites existants) mais également dans le choix des matériaux les plus résistants aux substrats utilisés. La profession cible ce partage du retour d'expérience à travers la publication de fiches pratiques⁶ présentant des situations particulières et leurs conséquences.

D'une manière générale, la conception doit intégrer une certaine flexibilité dans le futur en raison de l'évolution probable des substrats utilisés compte tenu des contraintes croissantes sur les ressources.

6 - Fiches regroupées dans « Concilier sécurité et sûreté de fonctionnement », AAMF, août 2015 - <http://www.methaniseursdefrance.com>

Conduite et surveillance de l'installation de méthanisation

Elles sont essentielles dans la maîtrise des émissions. Différentes situations ont été identifiées sur le terrain. Par exemple, l'utilisation de substrats présentant une hydrolyse lente conduisant à une accumulation d'acides gras volatils peut provoquer une acidose et conduire à un arrêt de la digestion. Cette situation est heureusement rare car elle nécessite alors le transfert et le stockage de matières et de biogaz et implique une longue procédure de remise en route du système biologique. Les conditions d'intervention ne sont pas toujours faciles à maîtriser dans cette situation. Des cas plus classiques comme les phénomènes de moussages peuvent également être cités car ils peuvent avoir des conséquences négatives sur la gestion de l'installation. En effet, ces mousses peuvent bloquer les canalisations, le fonctionnement de la soupape de sécurité et conduire à une montée en pression qui se traduit par des émissions de matières et de gaz par le hublot d'observation du digesteur ou les double-membranes de stockage du biogaz.

La détection rapide de ces situations permet à l'exploitant d'anticiper les actions qu'il envisage de mettre en oeuvre pour limiter les conséquences de ces phénomènes. La surveillance associée au fonctionnement du site et du procédé en lui-même permet d'identifier de nombreuses situations à l'origine d'émissions. Cependant les différentes situations pour lesquelles ces paramètres de suivi ne suffisent pas doivent être identifiées. Par exemple, les soupapes de sécurité les plus usitées en France sont les soupapes hydrauliques pour lesquelles la maintenance est essentielle. En effet, il est souvent nécessaire d'ajuster le niveau d'eau notamment après son ouverture et donc de détecter cette ouverture d'autant qu'elle peut se produire de manière répétée (cf. fiche 7 « Soupape de sécurité hydraulique »). La mesure de la pression dans le digesteur alerte sur les événements de surpression ou de dépression qui peuvent conduire à l'ouverture des soupapes de sécurité. Malheureusement cette consigne est peu appliquée.

Bonnes pratiques

D'une manière générale, la maîtrise des émissions passe par une bonne connaissance du procédé, des équipements et des paramètres de suivi. Il faut également tenir compte du fait que les émissions évoluent au cours de la vie de l'installation.

Assurer un fonctionnement stable et ajuster les durées d'intervention limitent les émissions non maîtrisées. Assurer un suivi adapté des équipements et du procédé permet d'identifier toute dérive et d'intervenir rapidement ou de planifier les maintenances dans les meilleures conditions.

Dès la conception de l'installation, des bonnes pratiques en vue de prévenir ou limiter tout impact lié aux émissions gazeuses du site (conditions normales de fonctionnement ou lors d'incidents ou d'intervention pour maintenance) peuvent être appliquées.

Implantation des équipements

L'implantation des équipements est déterminée en tenant compte de la présence des tiers, des distances d'éloignement et des conditions météorologiques du site (vents dominants). Les sources diffuses et fugitives concernées correspondent au digesteur, post-digesteur, aux ouvrages ouverts (non couverts) de stockage ou de prétraitement des matières premières. Pour des raisons de sécurité, la distance minimale à respecter pour les digesteurs est de 50 mètres (rubrique 2781).

L'implantation de certaines phases du procédé en bâtiment peut être prévue notamment pour le stockage des intrants en fonction des matières stockées, pour des durées de stockage de plusieurs jours ou en cas de proximité avec des tiers.

Compte tenu des espaces nécessaires, les étapes de prétraitement des matières premières et de mélange doivent être prévues dès la phase de conception. Les intrants sont amenés à évoluer au cours de la vie de l'installation et peuvent nécessiter des prétraitements spécifiques pour lesquels un emplacement disponible à proximité du digesteur pourrait être prévu. Il s'agit de permettre une certaine flexibilité à l'installation.

Dimensionnement

Les capacités de stockage des intrants, du digestat et du biogaz doivent être dimensionnées en tenant compte d'éventuelles périodes de dysfonctionnements en particulier pour le stockage tampon de biogaz.

La capacité de valorisation du biogaz est dimensionnée en tenant compte des intrants et de leurs potentiels méthanogènes. La capacité de stockage de biogaz est dimensionnée en tenant compte des situations et des durées potentielles de dysfonctionnements des systèmes de valorisation du biogaz et de la présence ou non d'une torchère ou de tout autre moyen de destruction du biogaz. Il s'agit d'éviter au maximum tout rejet direct de biogaz à l'atmosphère. Généralement le stockage de biogaz est un stockage tampon volumétrique associé au digesteur et / ou au post-digesteur. Il est essentiel de prévoir un moyen de contrôle du niveau de stockage. En condition habituelle de fonctionnement, ce stockage se situerait idéalement entre 30 et 70%. La marge de manœuvre ainsi constituée permet d'absorber les pics de production et d'assurer un délai d'intervention. Dans le cas d'un stockage de biogaz sous pression, le contrôle est assuré par le suivi de la pression et l'établissement de seuils bas et haut et de niveaux d'alertes.

Le dimensionnement intègre les capacités du digesteur et du post-digesteur. En effet, le post-digesteur permet d'améliorer la stabilité du digestat, de collecter le biogaz résiduel produit et constitue une première étape de stockage du digestat. Donc, il assure, avec le digesteur, un temps de séjour suffisant au mélange de matières pour être dégradé de manière optimale et peut également servir de stockage tampon de biogaz en complément du digesteur.

Equipements et matériaux

Il s'agit ici de limiter les arrêts et réduire les durées d'intervention pour limiter les situations émissives.

Un système de secours en cas de panne électrique devrait être prévu ; mais peu d'installations actuelles ont un système dédié. Il permettrait d'assurer le fonctionnement d'équipements vitaux tels que les brasseurs, les pompes d'alimentation du digesteur... pour éviter, par exemple, la prise en masse ou le moussage pouvant conduire à son indisponibilité.

Des équipements spécifiques doivent être prévus pour faciliter et sécuriser les interventions et les changements de matériel à des étapes clefs du process comme par exemple :

- des vannes de segmentation, qui permettent d'isoler des parties de l'installation pour pouvoir intervenir ;
- des pompes qui fonctionnent en double sens pour pouvoir déboucher certaines canalisations particulièrement sollicitées notamment en amont et en aval du digesteur ;
- des trappes d'accès et des potences au niveau du digesteur (cf. fiche 6 « Digesteur (conception, exploitation et intervention) »).

Les matériaux sélectionnés doivent être en adéquation avec les risques associés aux matières utilisées et à leur comportement en mélange (ex : risques de corrosion, moussage, réactivité chimique...).

La maîtrise des émissions doit être considérée pour l'ensemble de l'installation donc en intégrant la partie élevage. En effet, les émissions au niveau du stockage des lisiers sont liées à la gestion et à la qualité des lisiers. L'évacuation fréquente des lisiers frais à plus fort pouvoir méthanogène et la couverture des différents stockages seront privilégiés autant que possible (cf. annexe en fin de cette fiche sur les émissions au stockage des effluents d'élevage).

Réception des installations

La réception se déroule en plusieurs étapes. Elle doit permettre d'évaluer l'étanchéité au gaz des installations et l'absence de fuites.

Surveillance et maintenance

Le pilotage ou le suivi automatisé de l'installation peut être envisagé et permet l'analyse des données en temps réel.

Le suivi des volumes ou des débits de biogaz produits (digesteur, post-digesteur), valorisés et torchés devrait naturellement être prévu dès la conception. Il permet de détecter des pertes ou des fuites sur l'ensemble du réseau biogaz.

La surveillance

Le fonctionnement de l'installation (notamment suivi de l'étape de digestion, pH, température, AGV, MS...) doit être surveillé afin d'être capable de détecter

toute dérive et limiter les délais d'intervention lors de dysfonctionnements susceptibles de produire des émissions gazeuses. Les paramètres de conduite du procédé sont pertinents pour cet objectif.



Pilotage et centralisation des données (écran de supervision)

Ils sont complétés par des rondes régulières (observations visuelles voire olfactives) sur l'ensemble du site et ciblant certains équipements (garde hydraulique de la soupape, flamme de la torchère, observation par les hublots, équipements vitaux...) ou étapes sensibles (systèmes d'alimentation, systèmes d'accroche de la membrane de stockage de biogaz...). Les observations et données mesurées sont consignées dans un cahier de suivi de l'installation.

Cette surveillance doit être associée à un programme de maintenance et pourrait être complétée par une surveillance des fuites.

L'identification et la quantification des fuites de biogaz sont d'abord naturellement mises en œuvre grâce au suivi des débits ou des volumes de biogaz produits (digesteur et post-digesteur), valorisés et torchés. La mesure de la pression dans le digesteur alerte quant à elle, sur les événements de surpression ou de dépression qui peuvent se produire et conduire à l'ouverture des soupapes de sécurité.

Dans le cas d'un stockage de biogaz en double-membrane, l'espace membranaire est surveillé pour identifier une éventuelle fuite (par un détecteur de CH₄).

L'emplacement des fuites peut être identifié grâce à une campagne spécifique (ex : de la caméra IR⁷). Ce contrôle pourrait être utile lors des essais de réception de l'installation et renouvelé périodiquement pour identifier l'évolution des fuites au cours de la vie de l'installation. Cette identification participe également à l'établissement du plan de maintenance. L'avantage de cette méthode, par rapport aux autres techniques de mesures⁸ est de visualiser les fuites en direct au travers de la caméra.

Ce système pourrait idéalement être mutualisé entre plusieurs exploitants mais il nécessite cependant une formation ou d'être mis en œuvre par une personne qualifiée, au risque de ne pas identifier toutes les fuites.

7 - IR : Infra-Rouge

8 - Différentes méthodes de mesures présentées dans Etat des lieux des connaissances des émissions de CH₄ et de N₂O des installations de méthanisation, rapport référencé INERIS-DRC-14-141736-12606A

Programme de maintenance

(cf fiche 5 « Programme d'entretien et de maintenance »)

Il intègre :

- la maintenance préventive, notamment le renouvellement périodique des joints d'étanchéité au niveau des ouvertures pratiquées dans les structures (hublot d'observation, soupape, axe de rotation des brasseurs, trappes d'accès, trous d'hommes...) et le resserrage des brides aux jonctions entre les canalisations. Le retour d'expérience de la profession pourrait permettre de définir les fréquences minimales à respecter ;
- la maintenance curative suite à la détection d'une dérive ou la casse d'un équipement. Cette maintenance implique des interventions selon des procédures claires et maîtrisées afin d'assurer la

sécurité et la protection des intervenants ainsi que la minimisation des rejets pendant ces périodes. L'identification des risques spécifiques et les conditions d'intervention doivent être établies avant intervention. En effet, certaines opérations de maintenance sont réalisées directement par l'exploitant. La réparation du moteur ou le changement de pale du brasseur sont parfois réalisés directement par l'exploitant.

En complément, les équipements vitaux, pour lesquels un stock sur site mérite d'être envisagé, seront identifiés. Ce stock permet en effet de limiter les durées de dysfonctionnements ou d'indisponibilités en autorisant une réparation rapide (pour plus d'informations cf. fiche 5 « Programme d'entretien et de maintenance ») à moins qu'un contrat de maintenance sous un délai court soit prévu.

Annexes

Prescriptions réglementaires en France

Les prescriptions reportées dans ce tableau sont extraites des arrêtés ministériels au 31/12/17 ; le lecteur est invité à se reporter aux textes eux-mêmes pour vérifier l'exhaustivité et les intitulés exacts des exigences applicables

Prescriptions spécifiques	Installations soumises à DÉCLARATION Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées inférieure à 30 t/j	Installations soumises à ENREGISTREMENT Rubrique 2781-1 quantité de matières traitées inférieure à 60 t/j et supérieure ou égale à 30 t/j	Installations soumises à AUTORISATION (A2) Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées supérieure ou égale à 60 t/j
Arrêté	Arrêté du 10/11/09 : règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de méthanisation soumises à déclaration (rubrique n°2781-1).	Arrêté du 12/08/10 : prescriptions générales applicables aux installations classées de méthanisation - enregistrement (rubrique n° 2781-1) et modifié par l'Arrêté du 27 juillet 2012.	Arrêté du 10/11/09 : règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de méthanisation soumises à autorisation (rubrique n°2781-1).
Distance d'implantation	Distance d'implantation de l'installation et de ses composants par rapport aux tiers mentionnée dans le dossier de déclaration.	Distance minimale par rapport aux tiers déterminée dans les arrêtés préfectoraux (Article 6).	Distance minimale par rapport aux tiers déterminée dans les arrêtés préfectoraux (base : distances évaluées dans étude d'impact / étude de danger) (Article 4).
Destruction du biogaz	Non abordé.	L'installation dispose d'un équipement de destruction du biogaz produit en cas d'indisponibilité temporaire des équipements de valorisation de celui-ci. - Equipement muni d'un arrête-flammes conforme à la norme EN 12874 ou ISO 16852. Si utilisation d'une torchère, préciser dans le dossier d'enregistrement les caractéristiques essentielles et règles d'implantation et de fonctionnement. Si équipement non présent en permanence sur site, installation dispose d'une capacité permettant le stockage du biogaz produit jusqu'à la mise en service de cet équipement (Article 32).	Idem (Article 10).

Connaissance et maîtrise des fuites et des émissions diffuses à l'atmosphère

Prescriptions spécifiques	Installations soumises à DÉCLARATION Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées inférieure à 30 t/j	Installations soumises à ENREGISTREMENT Rubrique 2781-1 quantité de matières traitées inférieure à 60 t/j et supérieure ou égale à 30 t/j	Installations soumises à AUTORISATION (A2) Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées supérieure ou égale à 60 t/j
Limitation nuisances	Installation conçue, équipée, construite et exploitée de manière à ce que les émissions d'odeurs aussi réduites que possible, et ceci tant au niveau de la réception, qu'à celui du stockage et du traitement du digestat et de la valorisation du biogaz. (Annexe I – 3.7.1)	Dispositifs d'entreposage conçus, dimensionnés pour ne pas être source de gêne ou de nuisances ni source de pollution des eaux ou des sols par ruissellement ou infiltration. (Articles 17, 34 , 49). Consignes d'exploitation indiquent entre autres la fréquence de vérification des dispositifs de sécurité et de limitation ou de traitement des pollutions et nuisances générées (Article 26).	Installation équipée, conçue et exploitée telle que les émissions aussi réduites que possible (Article 19).
Prévention nuisances	Installations et entrepôts pouvant dégager des émissions odorantes aménagés autant que possible dans des locaux confinés et si besoin ventilés. Effluents gazeux canalisés, le cas échéant, récupérés et acheminés vers installation d'épuration des gaz. Les sources potentielles d'odeurs (bassin de stockage, bassin de traitement...) difficiles à confiner en raison de leur grande surface, implantées de manière à limiter la gêne pour le voisinage en tenant compte, notamment, de la direction des vents dominants (Annexe I – 6.2).	En complément : Pour les installations nouvelles susceptibles d'entraîner une augmentation des nuisances odorantes, l'exploitant réalise un état initial des odeurs perçues dans l'environnement du site avant le démarrage de l'installation. Les résultats en sont portés dans le dossier d'enregistrement (Article 49).	Idem enregistrement (Article 29).
Formation	Avant démarrage des installations, l'exploitant et son personnel d'exploitation, y compris le personnel intérimaire, formés à la prévention des nuisances et des risques générés par le fonctionnement et la maintenance des installations, à la conduite à tenir en cas d'incident ou d'accident et à la mise en œuvre des moyens d'intervention (Annexe I-3.1.2).	Idem (Article 28).	Idem (Article 22).

Prescriptions spécifiques	Installations soumises à DÉCLARATION Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées inférieure à 30 t/j	Installations soumises à ENREGISTREMENT Rubrique 2781-1 quantité de matières traitées inférieure à 60 t/j et supérieure ou égale à 30 t/j	Installations soumises à AUTORISATION (A2) Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées supérieure ou égale à 60 t/j
Risque fuite de biogaz	Canalisations en contact avec le biogaz constituées de matériaux insensibles à la corrosion par les produits soufrés ou protégés contre cette corrosion. Canalisations résistantes à une pression susceptible d'être atteinte lors de l'exploitation de l'installation même en cas d'incident. Raccords de tuyauteries soudés ou détecteurs de gaz dans local (Annexe I-2.13). Dispositifs assurant l'étanchéité des équipements dont une défaillance susceptible d'être à l'origine de dégagement gazeux font l'objet de vérifications régulières. Ces vérifications sont décrites dans un programme de maintenance (Annexe I – 3.7.).	Idem (Article 14 et Article 35) et en complément : Gainages électriques et autres canalisations pas une cause possible d'inflammation ou de propagation de fuite et convenablement protégés contre les chocs, la propagation des flammes et l'action des produits présents dans la partie de l'installation en cause (Article 21). Consignes d'exploitation indiquent entre autre les mesures à prendre en cas de fuite sur un récipient ou une tuyauterie contenant des substances dangereuses, et notamment du biogaz et les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation (électricité, réseaux de fluides) ainsi que les conditions de destruction ou de relargage du biogaz (Article 26).	Idem à Déclaration (Article 33, 34) –Programme de maintenance préventive et de vérification périodique des canalisations (Article 39).
Phase démarrage installations	Etanchéité du ou des digesteurs, de leurs canalisations de biogaz et des équipements de protection contre les surpressions et les sous-pressions vérifiée lors du démarrage et de chaque redémarrage consécutif à une intervention susceptible de porter atteinte à leur étanchéité. Exécution du contrôle et résultats à consigner (Annexe I – 3.7.3).	Idem Article 36.	Idem (Article 25).
Indisponibilités	Pas d'élément.	Pas d'élément.	Si indisponibilité prolongée des installations, l'exploitant évacue les matières en attente de méthanisation susceptibles de provoquer des nuisances au cours de leur entreposage vers des installations de traitement dûment autorisée. L'arrêté préfectoral précise le délai d'indisponibilité au-delà duquel les dispositions sont prises (Article 27).
Stockage du digestat (cf. fiche 8 « Conception d'ouvrages de stockage du digestat »)			
Surveillance de la méthanisation	Installation équipée des moyens de mesure nécessaires à la surveillance du processus de méthanisation, notamment dispositifs de contrôle en continu de la température des matières en fermentation et de la pression du biogaz. Domaine de fonctionnement des installations pour chaque paramètre surveillé à spécifier, définir la fréquence de vérification et le cas échéant, les seuils d'alarme associés (Annexe I – 3.7.2).	Idem (Article 35).	Idem (Article 24).

Connaissance et maîtrise des fuites et des émissions diffuses à l'atmosphère

Quelques consignes pour limiter les émissions au stockage d'effluents agricoles

Pour les installations agricoles, la réduction des émissions des stockages de lisiers et de digestats^{9,10} passent par :

- une évacuation rapide des lisiers depuis les bâtiments d'élevage ;
- la réduction de la hauteur de lisier restant dans la fosse de stockage après épandage (à 30 cm au lieu de 60 cm habituellement) ; le lisier restant est source d'inoculum et favorise les phénomènes de fermentation ;
- la couverture des stockages extérieurs.

Concernant les élevages de porcs :

- les émissions de GES sont estimées à 800 t_{éq} CO₂/an pour un élevage classique naisseur-engraisseur de 200 truies¹¹ depuis l'alimentation jusqu'à l'épandage du lisier (sans méthanisation). Elles sont réparties comme suit : 42% des émissions se produisent dans le bâtiment au niveau des préfosses, 33% lors du stockage extérieur en fosse et 10% lors de l'épandage. Les 15% restant proviennent d'autres sources mineures ;
- les émissions au niveau des bâtiments varient entre 0,7 kg _{éqC} / porc pour le lisier frais à 1,4 – 2,6 kg _{éqC} / porc pour le lisier stocké dans le bâtiment.

De plus, les données de potentiel méthanogène démontrent une diminution rapide lors du stockage du lisier de porc. En effet, le potentiel méthanogène par porc à l'engraissement (30-115 kg)¹² est estimé à :

- à 10,8 Nm³ méthane pour le lisier frais ;
- entre 5 et 8 Nm³ pour du lisier stocké en pré-fosse.

Le comportement et la cinétique de fermentation varient en fonction :

- des lisiers. Les fumiers pailleux connaissent une baisse rapide du potentiel méthanogène (1% par jour) en raison de leur compostage spontané ;
- des conditions de la pré-fosse : une pré-fosse jamais totalement vidée associée à une dilution des lisiers et une température estivale sont favorables à une fermentation spontanée alors que des pré-fosses lavées et des lisiers plus riches en matières sèches génèrent de faibles émissions de méthane et des lisiers à fort potentiel méthanogène.

D'une manière générale, les émissions de méthane varient donc en fonction des caractéristiques des lisiers et de leur gestion au niveau de l'élevage. Plusieurs paramètres interviennent comme par exemple la teneur en matières sèches¹³ et/ou en ammoniac du lisier. Ces teneurs peuvent avoir une influence sur la dégradation organique (intensité, vitesse, inhibition) des substrats et donc sur la

formation de méthane. La formation d'une croûte en surface limite, quant à elle, les émissions à l'atmosphère.

Remarque : La méthanisation permet de réduire de 50% le taux de matières sèches et de carbone. Cette baisse du taux de matières sèches permet également de réduire les émissions de N₂O à l'épandage.

L'utilisation de cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE)¹⁴ et de menues pailles conduit à une augmentation des émissions de GES au niveau du stockage du digestat et lors de l'épandage principalement liées aux émissions de N₂O car les teneurs en azote dans le digestat augmentent.

L'action conjointe d'une évacuation rapide du lisier frais des bâtiments d'élevage et de la mise en place de la méthanisation des lisiers permet de réduire les émissions de méthane et d'azote (N₂O et NH₃). L'évacuation rapide des lisiers frais permet de maximiser le potentiel méthanogène des lisiers ; potentiel qui diminue rapidement.

Quelques consignes à l'étranger

Les bonnes pratiques et les éléments de conduite d'une installation de méthanisation identifiés par les rédacteurs des différentes études et articles analysés, sont les suivants :

- adapter le régime de charge du digesteur pour éviter une surpression induisant des fuites par les soupapes de sécurité et assurer un stockage de biogaz suffisant pour éviter de rejeter le surplus de production directement à l'atmosphère (dysfonctionnements, maintenance valorisation) ;
- réduire le temps de stockage des matières premières ;
- stocker en bâtiments fermés, ventilés avec traitement d'air (émissions de biogaz et réduction des nuisances associées) ;
- adapter le temps de séjour en fonction des substrats dans le digesteur et le post-digesteur pour assurer une dégradation optimale et la collecte du biogaz produit ;
- mettre en place un stockage couvert du digestat avec récupération du biogaz produit ;
- assurer un fonctionnement continu ;
- planter une torchère en poste fixe ;
- mettre en place une surveillance des émissions et des fuites ;
- limiter les pertes des systèmes d'épuration du biogaz en biométhane.

En Suède, pour toutes les installations de méthanisation, la publication du BGA 2012 (Anvisningar för biogasanläggningar¹⁵ - Instructions pour les installations de méthanisation publiées par

9 - Soren Hojgard and Fredrick Wilhelmsson, « Biogas production from manure », working paper 2012 :1, Agrifood

10 - DI Massé et al., Methane emissions from manure storage, American Society of Agricultural and Biological Engineers, Vol. 51(5): 1775-1781, 2008

11 - IFIP, « Maîtrise des bilans environnementaux - Méthanisation à la ferme et évacuation du lisier frais », Bilan d'activité IFIP 2011 - Fiche n°43
12 - Pierre Guideau et Solene Lagadec, Effets conjugués d'une évacuation rapide des déjections porcines et de leur méthanisation sur le devenir de la matière organique et les émissions de méthane, 2013, journées recherche porcine, 45, 129-134

ENERGIGAS SVERIGE) établit les règles minimales du plan de surveillance. Certaines fuites aux installations doivent être contrôlées régulièrement :

- 3 fois/an : surveillance au niveau de l'axe de rotation du mélangeur mécanique du digesteur, des ventilateurs et compresseurs à gaz, des soupapes et des pompes, des canalisations ;
- 1 fois/an : évaluation des fuites sur l'ensemble du site et test de fonctionnement des soupapes de sécurité.

Les émissions de méthane des systèmes d'épuration du biogaz en biométhane font l'objet d'évaluation, de réglementations ou de certification¹⁶ :

- si les émissions de méthane excèdent 2% du débit de méthane produit (Biogasmax) un système de

traitement final des gaz avant rejet doit être implanté ;

- les pertes de méthane sont réglementées en Allemagne depuis plusieurs années (< 1% du méthane produit jusqu'à 2011), depuis 2011 (< 0,5%). Elles ont été abaissées à 0,2 % avec la révision de la TA-Luft en 2014 ;
- en Suisse, le label « Nature made » pour le biométhane, impose des pertes de méthane inférieures à 1%.

Compte tenu de ces contraintes, les fabricants présentent des garanties sur les pertes de méthane. Cependant comme les valeurs autorisées à l'émission diminuent progressivement, les exploitants doivent prévoir des systèmes de traitement du gaz résiduaire pour pouvoir les respecter.

13 - B.Amon, Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment, Agriculture, Ecosystems and Environment, 112 (2006), 153-162

14 - P. Levasseur and co, Effets conjugués d'une évacuation rapide des déjections porcines et de leur méthanisation sur le devenir de la matière organique et les émissions de méthane, 2013, Journées Recherche Porcine, 45, 135-136

15 - K Jonerhold and al., Methane losses in the biogas system, Balbic Biogas Bus, 2012-06-05

16 - Emissions non maîtrisées de méthane : Etat des lieux bibliographique concernant les étapes de digestion et d'épuration du biogaz en biométhane - Rapport d'étape, rapport référencé INERIS- DRC-13-125385-00216A

Détection multigaz portable

Enjeux, problématique et périmètre

Le biogaz produit dans les installations de méthanisation est composé d'un mélange de gaz inflammable (CH_4), toxiques (H_2S) et asphyxiants (CO_2 , NH_3). Il est donc nécessaire de pouvoir détecter avec fiabilité ces gaz lors d'interventions humaines afin d'éviter d'exposer les travailleurs au risque toxique (H_2S , CO , NH_3) et d'asphyxie (CO_2) ou d'explosion (CH_4). L'usage de détecteurs portables est un complément essentiel à l'utilisation de détecteurs fixes. Portés par les opérateurs, ils permettent d'assurer en permanence une surveillance au plus près de la qualité de l'air.

Cette fiche traite spécialement des applications de détecteurs multigaz portables dans le but d'assurer la sécurité des travailleurs. De taille assez réduite et rechargeables sur secteur, ils sont considérés comme un équipement de protection individuelle. Un détecteur multigaz portable est un appareil capable de détecter la présence et d'estimer la concentration d'un ou plusieurs gaz (jusqu'à 6 gaz : CH_4 , O_2 , CO , H_2S , NH_3 , CO_2) présents dans l'atmosphère simultanément (cas de recherche de fuite de biogaz, prévention des risques vis à vis de l'opérateur). Les informations fournies par ce type d'appareillage permettent de :

- surveiller l'atmosphère de locaux de travail pour identifier à temps tout risque d'explosion (fuite et accumulation de méthane dans un local confiné (local technique, local cogénération...) lors de la présence du personnel ;
- identifier un risque d'intoxication et d'asphyxie lors du travail pour des postes de travail à risque. C'est le cas notamment pour les personnels en charge de l'entretien de cuves ou devant intervenir dans une installation (fosse d'intrants, équipements de purge de condensats...) avec possibilité d'émanation de produits toxiques ou asphyxiants ;
- recueillir des informations sur la teneur dans l'atmosphère de certains produits ayant des effets sur la santé des opérateurs (H_2S , CO , NH_3 , CO_2) en cas d'exposition chronique.

Définition et identification des risques

L'absence ou la défaillance de détection peut être fatale à un opérateur ou conduire à un accident. Il est donc nécessaire d'adopter les bonnes pratiques afin de prévenir ces défaillances et de fiabiliser ainsi ce dispositif de détection de gaz essentiel à la sécurité des opérateurs.

Parmi les causes récurrentes d'incidents ou d'accidents associés à un défaut de détection du gaz¹⁷, fixe ou portable, on peut citer :

- la défaillance du système de détection ;

- le mauvais positionnement du détecteur ;
- la non-détection ou détection tardive ;
- le mauvais suivi dans le temps du détecteur (pas d'étalonnage ou de maintenance) ;
- la mauvaise définition du besoin du client au moment du choix de la technologie.

Cadre réglementaire

La réglementation relative à la protection des travailleurs définit un ensemble d'obligations quant à la maîtrise des risques liés à la présence potentielle de gaz inflammable ou toxique :

- assurer une surveillance adéquate, conformément à l'évaluation des risques, pendant la présence de travailleurs en utilisant des moyens techniques appropriés, dans les milieux de travail où des atmosphères explosives peuvent se former en quantités susceptibles de présenter un risque pour la sécurité et la santé des travailleurs [1] ;
- alerter les travailleurs par des signaux optiques et acoustiques et les évacuer avant que les conditions d'une explosion ne soient réunies » [1] ;
- ne pas exposer les travailleurs aux agents chimiques et respecter les valeurs limites d'exposition professionnelle pour la santé des travailleurs et surveiller l'ambiance de travail [2, 3, 4, 5, 6] ;
- lorsque ces substances dangereuses sont des gaz ou des vapeurs inflammables, leur concentration doit être maintenue à la plus faible valeur possible et rester inférieure à 25 % de la limite inférieure d'explosivité (LIE) dans l'ensemble de l'installation (les valeurs limites d'exposition (VLE) pour la toxicité sont, quand elles existent, généralement beaucoup plus faibles) et à 10 % de cette limite si des personnes travaillent dans cette atmosphère [6].

Les arrêtés ministériels relatifs aux installations de méthanisation visées par la rubrique 2781 « Méthanisation de déchets non dangereux ou de matière végétale brute » définissent aussi des exigences quant à la détection gaz.

L'Article 23 « Risque de fuite de biogaz » de l'arrêté du 10 novembre 2009 relatif aux installations soumises à autorisation et l'Article 26 de l'arrêté du 12 août 2010 relatif aux installations soumises à enregistrement, spécifient que « les locaux et dispositifs confinés font l'objet d'une ventilation efficace et d'un contrôle de la qualité de l'air portant a minima sur la détection de CH_4 et de H_2S avant toute intervention ».

La réglementation fixe aussi des exigences quant aux performances et aux caractéristiques des détecteurs de gaz. Ceux-ci doivent être marqués CE attestant ainsi de leur conformité aux exigences essentielles

17 - La liste des accidents industriels est disponible sur la base ARIA du BARPI, retours d'expériences sur accidents technologiques : www.aria.developpement-durable.gouv.fr

de sécurité et de santé définies dans les directives européennes applicables :

Directive 2004/108/CE concernant la compatibilité magnétique [7], Directive ATEX 2014/34/CE sur les appareils utilisables en atmosphères explosives [8], Directive 2004/22/CE sur les instruments de mesure [9], Directive 89/686/CEE concernant les équipements de protection individuelle [10].

Remarque : Afin de respecter le marquage CE et de répondre aux exigences essentielles de sécurité et de santé définies ci-avant, le fabricant du détecteur multigaz doit établir une attestation de conformité, rédiger des fiches techniques et signer une déclaration de conformité CE.

Retours d'expérience terrain

Il ressort de visites sur le terrain réalisées par l'Ineris entre 2014 et 2016 que les endroits où le port du détecteur multi-gaz est recommandé ne sont pas systématiquement identifiés (fosse d'intrants ouverte,

digesteur, post digesteur, réservoir de stockage de biogaz, soupapes de sécurité, puits de condensats confinés, fosse de digestat couverte).

Les exigences réglementaires relatives à la protection des travailleurs quant à leur exposition potentielle à des gaz inflammables ou toxiques ne sont pas toujours connues. Certains exploitants ont des difficultés à identifier les seuils de détection des gaz à surveiller et les conduites à tenir en cas de détection.

Le fonctionnement de la technologie des capteurs multigaz n'est pas toujours maîtrisé par les exploitants, qui, en général, préfèrent sous-traiter à des entreprises compétentes l'entretien et la maintenance de ces capteurs multigaz.

La maintenance et le calibrage des détecteurs multigaz sont ainsi réalisés dans la plupart des cas par une société spécialisée avec une périodicité variable (une fois tous les 3 mois à une fois par an) pour toutes les installations visitées. De ce fait, il semble qu'au fil du temps, l'opérateur ne maîtrise pas totalement les informations sur les bonnes pratiques à respecter avant et lors de chaque utilisation d'un détecteur multigaz.

Bonnes pratiques

Gaz	CH ₄	O ₂	CO	H ₂ S	NH ₃	CO ₂
Technologie de détection	Catalytique (ou infrarouge)	Electrochimique				Infrarouge
Gamme de mesure	0-100 % LIE	0-25% ou 0-30%	0-500 ppm ou 0-1000 ppm	0-100 ppm à 0-500 ppm	0-300 ppm à 0-500 ppm	0-5%v/v ou inférieur
Alarme (séjour limité dans la zone)	-	-	(VLEP[12])	(VLEP[12])	(VLEP[12])	(VLEP[12])
Alarme (évacuation)	10 % LIE (confiné) < 20 % LIE (non confiné) [11]	19%[13]	-	10 ppm (VLCT[12])	20 ppm (VLCT[12])	-
Paramètres susceptibles de perturber la détection (paramètres d'influence, interférents: poisons, inhibiteurs)*	Mercaptan silicones, organochlorés et organo-soufrés	CO ₂ Variation de pression brutales	H ₂ NH ₃	Methyl- mercaptan	H ₂ S, CH ₄ , CO, éthanol, Cl ₂ , HCl	Contaminant solide ou liquide des composants optiques (poussières, condensation, brouillard...)
Emplacement où le détecteur gaz portable doit être utilisé*	couverte	couverte	cogénération	couverte	couverte	couverte

Tableau 1 : spécifications et réglages conseillés des appareils multigaz

VLEP : Valeur limite d'exposition professionnelle (8 h). VLCT : Valeur limite de courte durée (15 min).

* Vérifier avec le fabricant du détecteur multigaz que son utilisation soit compatible dans des ambiances où les contaminants sont potentiellement présents.

Bonnes pratiques lors de l'utilisation des détecteurs multigaz portable [14, 15]

L'opérateur doit être clairement informé, avant toute intervention, des consignes à appliquer en cas de déclenchement d'alarme(s) ou de défaut de l'appareil :

- vérifier que le détecteur est totalement chargé (s'assurer que le temps de charge soit inférieur à 6h et que l'autonomie du détecteur varie entre 11h et 22h) ;
- allumer l'appareil et attendre sa stabilisation : le temps de chauffe varie entre 30 secondes et 1 minute (pour effectuer des mesures), et jusqu'à 5 minutes pour effectuer un calibrage ;
- vérifier la configuration de l'appareil (gamme de mesure, réglage des alarmes...) ;
- dans le cas où le site n'est pas équipé d'une station de calibrage (automatique ou bouteille), le détecteur multigaz doit être alors calibré par un tiers à une fréquence qui doit être au minimum tous les 3 mois ;
- il est fortement recommandé d'effectuer une vérification avant chaque utilisation à l'aide d'une station de calibrage automatique (Figure 1) adaptée au détecteur et contenant précisément chacun des gaz à détecter afin de s'affranchir d'une éventuelle erreur de configuration de l'appareil. Il est aussi possible de vérifier l'appareil à l'aide d'une bouteille de gaz en mélange (Figure 2). Dans le cas d'un contrôle à l'aide d'une bouteille étalon, procéder à l'estimation des temps de réponse des cellules de l'appareil. Si le temps de réponse d'une cellule n'est pas conforme à celui annoncé par le fabricant, la cellule doit être remplacée ;
- pour un bon fonctionnement du détecteur lors des mesures, les cellules doivent être en contact

direct avec l'atmosphère à estimer : les cellules ne doivent être obturées par la poussière, l'eau ou les vêtements. Eviter également les chocs, chutes, immersions et le stockage à des températures hors de la plage [-20°C ; 40°C] ;

- pour obtenir une mesure correcte, il est préférable que le détecteur soit à l'équilibre thermique. De fortes différences de température ou d'humidité peuvent conduire à des mesures moins précises voire des dysfonctionnements ;
- l'utilisation d'un détecteur pour une mesure à distance de l'opérateur peut nécessiter l'utilisation d'un appareil muni d'une pompe et d'une sonde de prélèvement (notamment en cas de détection dans une fosse, dans un puit à condensat avant toute intervention). Le temps de réponse de l'appareil est alors dans ce cas augmenté ;
- l'utilisateur doit être formé aux dangers des gaz, au fonctionnement et à l'utilisation des détecteurs. La notice doit être au minimum lue avant l'utilisation d'un détecteur ;
- un appareil utilisable en atmosphère explosive (ATEX) requiert des précautions particulières d'entretien et de maintenance. Cet appareil doit être revérifié après montage par un organisme notifié (Ineris, LCIE...) afin de maintenir sa certification ATEX ;
- le détecteur doit faire l'objet d'un suivi, par exemple au moyen d'une fiche de vie, incluant toutes les opérations d'entretien et de maintenance et de calibrage afin d'assurer la traçabilité des actions assurant la métrologie du détecteur ;
- un appareil, ayant subi des dommages (choc, chute), ayant eu un défaut ou une mesure hors de sa gamme de mesure, doit être systématiquement vérifié.



Figure 1 : Exemples de stations de calibrage

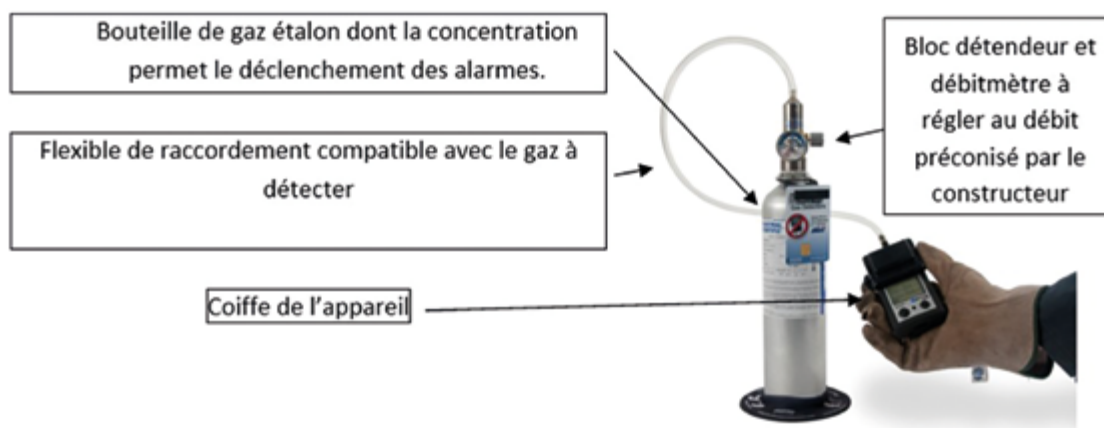


Figure 2 : Calibrage à l'aide d'une bouteille de gaz étalon

Normes européennes applicables

- NF EN 60079-29-1 et 2 : Atmosphères explosibles. Détecteurs de gaz (Septembre 2008).
- NF EN 50104 : Appareils électriques de détection et de mesure de l'oxygène (Octobre 2010).
- NF EN 45544-1 à 4 : Atmosphères des lieux de travail. Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration (Mai 2000 et Mars 2015).
- NF EN 50271 : Appareils électriques de détection et de mesure des gaz combustibles, des gaz toxiques ou de l'oxygène. Exigences et essais pour les appareils utilisant un logiciel et/ou des technologies numériques (Août 2010).

Références

[1] Directive 1999/92/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 1999 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.

[2] Décret n° 2007-1539 du 26 octobre 2007 fixant des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes pour certains agents chimiques et modifiant le code du travail (deuxième partie : Décrets en Conseil d'État).

[3] Arrêté du 30 juin 2004 établissant la liste des valeurs limites d'exposition professionnelle indicatives en application de l'article R. 232-5-5 du code du travail, modifié par Arrêté du 21 juin 2013 - art. 1. Version consolidée au 05 Aout 2015.

[4] Décret n° 2007-1539 du 26 octobre 2007 (2) fixant des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes pour certains agents chimiques et modifiant le code du travail (deuxième partie : décrets en Conseil d'État).

[5] Arrêté du 30 juin 2004 établissant la liste des valeurs limites d'exposition professionnelle indicatives en application de l'article R. 232-5-5 du code du travail, modifié par Arrêté du 21 juin 2013 - art. 1. Version consolidée au 05 Aout 2015.

[6] Circulaire du 09 mai 1985 relatif au commentaire techniques des décrets 84-1093 et 84-1094 du 7 décembre 1984 concernant l'aération et l'assainissement des lieux de travail.

[7] Directive 2004/108/CE du Parlement européen et du Conseil du 15 décembre 2004 relative au

rapprochement des législations des États membres concernant la compatibilité électromagnétique.

[8] Directive 2014/34/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosives.

[9] Directive 2004/22/CE du Parlement européen et du Conseil du 31 mars 2004 sur les instruments de mesure.

[10] Directive 89/686/CEE du Conseil, du 21 décembre 1989, concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux équipements de protection individuelle.

[11] Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. ED 984 aide-mémoire technique, INRS 2012.

[12] Cuves et réservoirs. Interventions à l'extérieur ou à l'intérieur des équipements fixes utilisés pour contenir ou véhiculer des produits gazeux, liquides ou solides. Recommandation de la CNAMTS, R435, 2008 : « Rendre l'atmosphère intérieure du volume creux respirable, (teneur en oxygène comprise entre 19 et 21 % en volume) ».

[13] Oméga 22 - Principes et techniques pour la détection de gaz (INERIS-DRA-08-86244-13727B, 2009) : www.ineris.fr/centredoc/DRA_76_OMEGA_22_B2_web.pdf.

[14] ED6088 Aide Mémoire Technique INRS : Détecteurs portables de gaz et vapeurs - Guide de bonnes pratiques pour le choix, l'utilisation et la vérification.

Travaux par points chauds

Enjeux, problématique et périmètre

Dans plus de 30 % des incendies, ce sont les travaux par points chauds qui ont déclenché le départ de feu. Un travail par point chaud est défini comme toute activité qui utilise des flammes nues ou génère de la chaleur et/ou des étincelles capables de provoquer des incendies ou explosions. Les travaux par points chauds incluent par exemple :

- les opérations mécaniques de découpage, meulage, ébarbage, qui génèrent des projections de particules à haute température (étincelles mécaniques) ;
- les opérations de soudure, de brasage, d'oxycoupage avec flamme ou arc ;
- les travaux d'étanchéité avec flamme (bitume) ;
- certains travaux sur des équipements électriques.

Cette fiche traite le sujet de la prévention des risques d'incendie et d'explosion lors d'interventions par points chauds.



Opération de travail par point chaud

Définition et identification du risque

Les travaux par points chauds peuvent générer des sources d'inflammation suffisamment énergétiques et ainsi provoquer des incendies en cas de présence de combustibles (bâche souple, matériaux divers, intrants, charbon actif...) ou des explosions en cas de présence de fuite de biogaz s'échappant à l'air libre (rénovation de conduites de biogaz, de soupapes de sécurité, du digesteur, etc.).

Un incendie génère des flammes, de la chaleur et des fumées de combustion. Il peut se propager en cas de présence à proximité de combustibles (intrants, matériaux de construction et d'isolation, cartons, papiers, huile thermique...). Incendie et explosion peuvent causer des dommages aux personnes et aux biens. Il est fréquent que l'activité d'une installation industrielle soit définitivement arrêtée suite à un incendie.

Cadre réglementaire

Les installations de méthanisation relèvent de la rubrique ICPE n°2781 et les installations de valorisation de la rubrique n°2910. Les arrêtés ministériels associés à ces rubriques précisent les prescriptions réglementaires relatives aux conditions de sécurité à respecter lors de la mise en œuvre de travaux par points chauds (interdiction des feux, permis d'intervention - permis de feu, consignes de sécurité), qui sont présentées pour les installations relevant de la rubrique n°2781 dans le tableau en annexe de cette fiche. Des prescriptions similaires existent aussi dans la réglementation issue de la Directive Européenne ATEX 1999/92/CE et dans les arrêtés relatifs à la rubrique n°2910.

Plusieurs prescriptions réglementaires sont à retenir.

Interdiction des feux

Dans les parties de l'installation présentant des risques d'incendie ou d'explosion, il est interdit d'apporter du feu sous une forme quelconque, sauf pour la réalisation de travaux ayant fait l'objet d'un « permis de feu ». Cette interdiction doit être affichée en caractères apparents.

Permis d'intervention - Permis de feu

Dans ces parties de l'installation, tous les travaux de réparation ou d'aménagement conduisant à une augmentation des risques (emploi d'une flamme ou d'une source chaude, purge des circuits...) ne peuvent être effectués qu'après délivrance d'un « permis d'intervention » et éventuellement d'un « permis de feu » et en respectant les règles d'une consigne particulière.

Le « permis d'intervention » et éventuellement le « permis de feu » et la consigne particulière sont établis et visés par l'exploitant ou par la personne qu'il aura expressément désignée. Ils sont délivrés après analyse des risques correspondants et définition des mesures de prévention. Lorsque les travaux sont effectués par une entreprise extérieure, le « permis d'intervention » et éventuellement le « permis de feu » et la consigne particulière relative à la sécurité de l'installation sont cosignés par l'exploitant et l'entreprise extérieure ou les personnes qu'ils auront désignées.

Avant la remise en service de l'équipement ayant fait l'objet des travaux mentionnés ci-dessus, l'exploitant vérifie que le niveau de prévention des risques n'a pas été dégradé.

Consignes de sécurité

Sans préjudice des dispositions du Code du travail, des consignes précisant les modalités d'application des dispositions du présent arrêté sont établies, tenues à jour et portées à la connaissance du personnel dans les lieux fréquentés par celui-ci.

Retours d'expérience terrain

A titre d'exemple, le 19/10/2007 à Pratteln (Suisse), une explosion se produit vers 15 h lors de travaux de soudure réalisés, dans le cadre d'une révision, sur la presse d'une usine de méthanisation traitant jusqu'à 15 000 t/an de déchets verts, de biodéchets, de déchets issus de l'industrie alimentaire et de l'entretien des espaces verts. Aucun employé n'est blessé, mais le toit et la façade du bâtiment de compostage ont été endommagés.

Le 22/04/2012 à Fresnoy-Folny (76), un feu se déclare à 11h45 sur le sécheur à tapis de boues de digestat d'une unité de méthanisation de 800 m² sur un site de valorisation de déchets organiques (fermentescibles ménagers, déchets verts, boues de STEP et sous-produits agricoles). Des travaux de maintenance ont eu lieu la veille jusqu'à 19h30. Une ronde de surveillance le matin de l'accident n'a relevé aucun dysfonctionnement. Plusieurs départs de feu sur les installations de stockage du biogaz se sont produits pendant les 10 jours précédents l'accident et le procédé de méthanisation souffre régulièrement de dysfonctionnement depuis son démarrage 16 mois auparavant.

Le 05/03/2015 à Tournans (25) dans une unité de méthanisation, une explosion se produit au niveau d'une cuve contenant 3 500 m³ de lisier qui venait de faire l'objet de travaux. L'explosion est suivie d'un incendie qui concerne l'isolant de la cuve ainsi que la couverture plastique. Les pompiers éteignent le sinistre à l'aide de 3 lances. Une fuite est constatée sur le réservoir. Le produit se déverse dans la nature. L'obturation est effectuée à l'aide d'une levée de terre. Une partie du lisier est transférée dans une cuve attenante vide.

Bonnes pratiques

Dans une démarche de réduction du risque incendie et explosion, il convient de supprimer la présence de combustibles et de biogaz dans les zones de travaux par points chauds et de protéger les stockages et équipements sensibles. Ceci est notamment réalisé en mettant en place un permis de travail spécifique (appelé couramment « permis de feu pour intervention de travail par points chauds »), dont l'objectif est de réduire au maximum les risques d'incendie ou d'explosion inhérents aux travaux par points chauds réalisés, qu'ils soient réalisés par un sous traitant ou par le personnel du site.

Le permis de feu est délivré par l'exploitant, ou son représentant qualifié, adéquatement formés, pour chaque travail par point chaud exécuté soit par le personnel de l'entreprise, soit par celui d'une entreprise extérieure.

Le permis de feu doit être délivré pour un laps de temps donné qui n'excédera pas le prochain changement d'équipe de travail. Des Permis à nouveau délivrés aux changements d'équipe de travail assurent que tous les travaux sont clairement communiqués d'une équipe de travail à l'autre.

Contenu du permis de feu

La rédaction du permis de feu est obligatoire pour tous travaux par points chauds et il doit être formalisé et expliqué. Chaque intervenant doit connaître les risques et les moyens à mettre en œuvre pour les diminuer et s'engage à respecter les règles d'intervention. Le permis de feu comprend quatre principales parties :

• les renseignements généraux :

- identité de la personne délivrant l'autorisation,
- identité du demandeur,
- entreprise mandatée,
- lieux des travaux,
- particularités de la zone de travail,
- dates de validité du permis.

• le type de travail à effectuer :

- descriptif des travaux et type de travail (soudure, découpe, meulage...),
- analyse et prévention des risques : identification des risques et mesures à prendre par les personnes exécutant les travaux,
- matériaux combustibles,
- possibilités de communication du feu (ouvertures, fissures, interstices),
- coactivités,
- zone de travail non délimitée,
- autres risques présents sur la zone...

• les consignes de sécurité :

- consignes générales : délimitation de la zone de danger, enlèvement des produits inflammables, protection des produits combustibles qu'on ne peut évacuer, élimination des risques particuliers, mise à disposition de moyens d'intervention, évacuation de déchets,
- équipements de protection : Equipements de protection individuels, extincteur portatif, bâches de protection...,
- consignes particulières,
- horaires de réalisation des travaux.

• les signatures :

- exploitant,
- exécutant des travaux.

Identification des risques [1, 2]

Sources d'inflammation

Lors de travaux par points chauds, on identifie quatre modes de propagation de la chaleur pouvant être à l'origine d'un incendie ou d'une explosion :

- le contact direct ou le rayonnement : c'est l'inflammation des matières non protégées situées au voisinage de la source de chaleur ;

- les étincelles et gouttelettes de métal en fusion : atteignant 1 000°C à 2 000°C, elles s'insinuent partout et peuvent être projetées à plusieurs mètres de distances (une attention particulière sera portée aux fentes, trous, rainures, faux-plafonds et faux planchers présents sur le lieu d'intervention) ;
- la conduction thermique : c'est la transmission de la chaleur le long d'un élément chauffé (tuyauterie, gaines, parois...) pouvant embraser les matériaux à son contact ;
- les transferts de gaz chauds brûlés : les gaz chauds dégagés s'élèvent et se propagent aux niveaux supérieurs.

Combustibles

Au sein d'une installation de méthanisation les combustibles peuvent être variés :

- intrants solides voire aussi certains intrants liquides ;
- biogaz ;
- bâche souple, matériaux de construction divers ;
- déchets, poussières combustibles, résidus huileux ;
- charbon actif ;
- carburant pour engins, huile thermique...

Bonnes pratiques dans la mise en œuvre de permis de feu [3, 4]

Avant toute chose, une visite du lieu des travaux doit être faite avec l'entreprise ou les personnels en charge des travaux, dans le cadre d'une analyse de risque et de détermination de mesures de sécurité adaptées aux travaux envisagés, ceci afin de permettre l'établissement du permis feu. Cette visite permet, entre autres de :

- décrire complètement la tâche qui sera menée ;
- clarifier avec exactitude quelles zones et équipements seront affectés par le travail ;
- identifier les ouvriers qui réaliseront le travail ;
- passer en revue tous les dangers potentiels qui pourraient être associés au travail (dans certains cas une analyse des risques doit être menée avant d'engager le travail) ;
- passer en revue tout le matériel qui sera utilisé pendant le travail et confirmer que l'équipement de soudure et de découpage est en bon état ;
- vérifier que les extincteurs portatifs et / ou les RIA sont présents à portée de main et en bon état ;
- vérifier que tous les matériaux combustibles, y compris les liquides inflammables, les poussières combustibles et déchets ainsi que les résidus huileux situés dans un rayon de 11 mètres autour de la zone de travail ont été éliminés. Les feux, les flammes nues et les cigarettes sont interdits à l'intérieur des zones ATEX. Cette interdiction doit également être signalée par un affichage conforme à la réglementation ;
- vérifier que les matériaux combustibles qui ne peuvent être enlevés sont couverts par des bâches ignifugées ;

- assurer que les planchers ont été balayés de tous matériaux combustibles ;
- confirmer que toutes les ouvertures dans les murs et planchers sont couvertes ;
- les conduits et les systèmes de convoyage susceptibles de transporter des étincelles vers des matériaux combustibles à distance devraient être protégés, arrêtés ou les deux à la fois ;
- si le travail par point chaud a lieu près de murs, cloisons, plafond ou toitures de construction combustible, ceux-ci devraient être protégés par des bâches ignifugées ;
- si il y a des expositions potentielles à un liquide ou un gaz inflammable qui ne peuvent être complètement éliminées (notamment le biogaz), un contrôle en continu de l'air avec un appareil de mesure de gaz portatif calibré (cf fiche 2 « Détection multigaz portable ») doit alors être mis en place dans les zones où des gaz inflammables peuvent être présents. Quand le contrôle en continu de l'air n'est pas possible, une mesure de la limite inférieure d'explosivité doit être effectuée toutes les 4 heures.

Contrôle

Trois types de contrôle s'imposent et doivent être réalisés par du personnel formé et compétent :

Le contrôle avant signature

Une fois le permis établi, il s'agit, avant de le signer, de vérifier avant le début des travaux que toutes les mesures exigées soient remplies (ex. : extincteur à disposition, protection des installations, etc.).

Le contrôle avant signature est réalisé par l'émetteur du permis de feu qui :

- doit être un responsable de l'entreprise (et non un prestataire) ;
- à la responsabilité globale de l'exécution de la procédure de travail par point chaud ;
- délivre le permis de feu après une évaluation adéquate des risques dans la zone de travail prévue.

Suite à une inspection satisfaisante de la zone de travail, l'émetteur du permis de feu délivre un permis signé à l'opérateur du travail par point chaud. L'émetteur du permis de feu désigne le (s) opérateur(s) du travail par points chauds.

Des copies du permis de feu doivent être affichées dans la zone de travail par point chaud et dans un endroit centralisé (par exemple le bureau de l'émetteur du Permis de feu) jusqu'à ce que le travail soit terminé et que le permis de feu ait été clos. Ceci permet à l'émetteur du permis de feu, et à toute autre personne concernée, de disposer d'un endroit pour identifier immédiatement le type et la localisation des travaux par points chauds en cours sur le site.

NB : L'exploitant d'une unité méthanisation agricole est l'émetteur et signataire du permis de feu. L'exploitant doit être formé à la prévention des nuisances et des risques générés par le fonctionnement et la maintenance des installations, à la conduite à tenir

en cas d'incident ou d'accident et à la mise en œuvre des moyens d'intervention.

Le contrôle des travaux en cours

Ce dernier consiste à vérifier périodiquement que les règles de sécurité et le permis feu soient bien respectés par l'opérateur du travail par point chaud (sous-traitant ou personnel interne au site). Exemples de points à contrôler :

- extincteur à proximité, plombé et en bon état ;
- lieu de travail propre, sans produits inflammables à proximité, sans charge thermique ;
- comportement adéquat des ouvriers, etc.

Le contrôle des travaux en cours est réalisé par l'opérateur du travail par point chaud (sous-traitant ou personnel interne au site) qui :

- est adéquatement formé à l'utilisation sûre des équipements de travail par point chaud et aux dangers associés ;
- vérifie que les équipements de travail par point chaud sont en bon état de marche ;
- travaille avec l'émetteur du permis de feu afin de suivre la procédure de travail par point chaud établie ;
- limite le travail par point chaud uniquement aux conditions et aux zones déclarées ;
- laisse la zone de travail par point chaud en sécurité après la finalisation du travail.

NB : L'exploitant d'une unité méthanisation agricole est le contrôleur des travaux en cours.

Le contrôle dès l'activité terminée (soit journalière, soit fin des travaux)

Ce contrôle consiste à vérifier qu'après les travaux, toute la zone concernée soit sûre et que tout risque d'incendie ou de départ d'incendie soit totalement exclu. Il porte notamment sur les points suivants :

- matériel de soudage rangé ou évacué ;

- pas de risques d'inflammation ;
- pas de charges thermiques ;
- bonbonnes de gaz attachées, en position verticale, vannes fermées ;
- zone de travail propre et rangée, déchets évacués ;
- détection réenclenchée, etc.

Ce contrôle est le plus important car c'est très souvent en absence du personnel que le feu peut se déclarer (appareils mal éteints, chalumeau encore chaud posé sur une surface inflammable, etc.). Ainsi, l'exploitant doit rester en service actif pendant toute la durée du travail par point chaud et pendant 120 minutes supplémentaires après son achèvement pour déceler et éteindre d'éventuels feux couvants, en effectuant des inspections périodiques du lieu au moins toutes les 30 minutes.

NB : L'exploitant d'une unité méthanisation agricole inspecte physiquement la zone de travail après la fin du travail par point chaud pour vérifier qu'elle est sûre et clôt le permis de feu.

Clôture du permis de feu

Après achèvement des travaux, le permis de feu est retourné à l'émetteur du permis de feu qui doit ensuite mener une inspection finale de la zone avant de clore définitivement le permis de feu. Le permis de feu complété doit être conservé et archivé au minimum un an.

Références

- [1] INRS ED6030 Le permis de feu (Juin 2008).
- [2] Guide CNPP du permis de feu : Travaux par point chaud (juin 2012).
- [3] Gestion des travaux par points chauds (Allianz Global Corporate & Specialty, Allianz Risk Consulting, Juillet 2012).
- [4] NFPA 51 B : Standard for Fire Protection during welding, cutting, and other hot work (2014).

Annexes

Prescriptions réglementaires relatives à la sécurité lors de l'exécution de travaux

Arrêtés ministériels de prescriptions applicables aux ICPE soumises à déclaration	
Arrêté du 1er Juillet 2013 modifiant l'Arrêté du 10/11/09 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de méthanisation soumises à déclaration sous la rubrique n°2781-1 [Texte modifié par Décret n°2015-1614 du 09 décembre 2015 (JO n°287 du 11 décembre 2015)].	§ 4.5. Interdiction des feux Dans les parties de l'installation visées au point 4.1, présentant des risques d'incendie ou d'explosion, il est interdit d'apporter du feu sous une forme quelconque, sauf pour la réalisation de travaux ayant fait l'objet d'un « permis de feu ». Cette interdiction doit être affichée en caractères apparents. § 4.6. Permis d'intervention - Permis de feu Dans les parties de l'installation visées au point 4.1, tous les travaux de réparation ou d'aménagement conduisant à une augmentation des risques (emploi d'une flamme ou d'une source chaude, purge des circuits...) ne peuvent être effectués qu'après délivrance d'un « permis d'intervention » et éventuellement d'un « permis de feu » et en respectant les règles d'une consigne particulière. Le « permis d'intervention » et éventuellement le « permis de feu » et la consigne particulière sont établis et visés par l'exploitant ou par la personne qu'il aura expressément désignée. Ils sont délivrés après analyse des risques correspondants et définition des mesures de prévention. Lorsque les travaux sont effectués par une entreprise extérieure, le « permis d'intervention » et éventuellement le « permis de feu » et la consigne particulière relative à la sécurité de l'installation sont cosignés par l'exploitant et l'entreprise extérieure ou les personnes qu'ils auront désignées. Avant la remise en service de l'équipement ayant fait l'objet des travaux mentionnés ci-dessus, l'exploitant vérifie que le niveau de prévention des risques n'a pas été dégradé. § 4.7. Consignes de sécurité Sans préjudice des dispositions du Code du travail, des consignes précisant les modalités d'application des dispositions du présent arrêté sont établies, tenues à jour et portées à la connaissance du personnel dans les lieux fréquentés par le personnel. Ces consignes indiquent notamment : - l'interdiction d'apporter du feu sous quelque forme que ce soit, dans les parties de l'installation susceptibles de contenir du biogaz ; - l'obligation du « permis d'intervention » ou du « permis de feu » pour les parties de l'installation susceptibles de contenir du biogaz ; - les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation (électricité, réseaux de fluides) ; - les mesures à prendre en cas de fuite sur un récipient ou une canalisation contenant des substances dangereuses, notamment les conditions de rejet prévues au point 5.7 ; - les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ; - les moyens d'extinction à utiliser en cas d'incendie ; - la procédure d'alerte avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours, etc. ; - les modalités de mise en œuvre des dispositifs d'isolement du réseau de collecte, prévues au point 2.11 ; - l'obligation d'informer l'inspection des installations classées en cas d'accident.

Arrêté ministériel de prescriptions applicables aux installations soumises à enregistrement

Arrêté du 25 Juillet 2012 modifiant l'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 (JO n° 182 du 7 août 2012)

Article 25 : Travaux

Dans les parties de l'installation présentant des risques d'incendie ou d'explosion, et notamment celles visées à l'article 11, il est interdit d'apporter du feu sous une forme quelconque, sauf pour la réalisation de travaux ayant fait l'objet d'un « permis de feu ». Les travaux de réparation ou d'aménagement conduisant à une augmentation des risques (emploi d'une flamme ou d'une source chaude par exemple) ne peuvent y être effectués qu'après délivrance d'un « permis d'intervention » et éventuellement d'un « permis de feu » et en respectant une consigne particulière.

Le « permis d'intervention » et éventuellement le « permis de feu » et la consigne particulière relative à la sécurité de l'installation sont établis et visés par l'exploitant ou par une personne qu'il aura nommément désignée. Lorsque les travaux sont effectués par une entreprise extérieure, ces documents sont signés par l'exploitant et par l'entreprise extérieure ou les personnes qu'ils auront nommément désignées.

Après la fin des travaux et avant la reprise de l'activité, une vérification des installations est effectuée par l'exploitant ou son représentant ou le représentant de l'éventuelle entreprise extérieure.

Article 26 : Consignes d'exploitation

Sans préjudice des dispositions du code du travail, des consignes sont établies, tenues à jour et affichées dans les lieux fréquentés par le personnel.

Ces consignes indiquent notamment :

- l'interdiction d'apporter du feu sous une forme quelconque, notamment l'interdiction de fumer, dans les zones présentant des risques d'incendie ou d'explosion, sauf délivrance préalable d'un permis de feu ;
- l'interdiction de tout brûlage à l'air libre ;
- l'obligation du « permis d'intervention » pour les parties concernées de l'installation ;
- les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation (électricité, réseaux de fluides) ainsi que les conditions de destruction ou de relargage du biogaz ;
- les mesures à prendre en cas de fuite sur un récipient ou une tuyauterie contenant des substances dangereuses, et notamment du biogaz ;
- les modalités de mise en œuvre des dispositifs d'isolement du réseau de collecte, prévues à l'article 39 ; les moyens d'extinction à utiliser en cas d'incendie ;
- la procédure d'alerte avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours, etc. ; les modes opératoires ; la fréquence de vérification des dispositifs de sécurité et de limitation ou de traitement des pollutions et nuisances générées ;
- les instructions de maintenance et de nettoyage ; l'obligation d'informer l'inspection des installations classées en cas d'accident.

L'exploitant justifie la conformité avec les prescriptions du présent article en listant les consignes qu'il met en place et en faisant apparaître la date de dernière modification de chacune.

Les locaux et dispositifs confinés font l'objet d'une ventilation efficace et d'un contrôle de la qualité de l'air portant a minima sur la détection de CH₄ et de H₂S avant toute intervention.

Arrêté ministériel de prescriptions applicables aux installations soumises à autorisation	
Arrêté du 27 Juillet 2012 modifiant l'Arrêté du 10 novembre 2009 fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de méthanisation soumises à autorisation au titre de la rubrique n°2781. (JO n° 183 du 8 août 2012)	Article 8 : Prévention des risques d'incendie et d'explosion L'installation est conçue et aménagée de façon à réduire autant que faire se peut les risques d'incendie et d'explosion et à limiter toute éventuelle propagation d'un sinistre. Elle est pourvue de moyens de secours contre l'incendie appropriés à la nature et aux quantités de matières et de déchets entreposés. L'arrêté préfectoral d'autorisation précise les prescriptions en la matière et fixe les distances d'éloignement minimales entre les stocks de produits combustibles et les équipements de production ou de stockage de biogaz. En cas de sinistre, les engins de secours doivent pouvoir intervenir rapidement et sous au moins deux angles différents. Cette disposition peut être assouplie pour les installations existantes sous réserve d'un avis favorable des services d'intervention et de secours. Toutes les dispositions sont prises pour permettre une intervention rapide des secours et leur accès aux zones d'entreposage des matières. L'exploitant établit un plan de lutte contre l'incendie, actualisé à une fréquence précisée par l'arrêté préfectoral, comportant notamment les modalités d'alerte, les modalités d'intervention de son personnel et, le cas échéant, les modalités d'évacuation. Des consignes relatives à la prévention des risques sont établies, tenues à jour et affichées dans les lieux fréquentés par le personnel. Ces consignes indiquent notamment : - l'interdiction, en fonctionnement normal, d'apporter du feu sous quelque forme que ce soit dans les zones d'entreposage des déchets et dans les zones présentant un risque explosif visées à l'article 36 ; - les mesures à prendre en cas de fuite de biogaz ; - les moyens à utiliser en cas d'incendie ; - la procédure d'alerte ; - les procédures d'arrêt d'urgence. Article 40 : Permis d'intervention et permis de feu Dans les parties de l'installation recensées comme pouvant présenter un risque d'explosion, ou présentant un risque d'incendie, tous les travaux de réparation ou d'aménagement conduisant à une augmentation de ce risque (emploi d'une flamme ou d'une source chaude, purge des circuits...) ne peuvent être effectués qu'après délivrance d'un « permis d'intervention » et le cas échéant d'un « permis de feu ». Ce permis, établi et visé par l'exploitant ou par la personne qu'il aura expressément désignée, est délivré après analyse des risques correspondants et définition des mesures de prévention. Lorsque les travaux sont effectués par une entreprise extérieure, ces documents doivent être cosignés par l'exploitant et le responsable de l'entreprise extérieure ou les personnes qu'ils auront expressément désignées. Avant la remise en service de l'équipement ayant fait l'objet des travaux mentionnés ci-dessus, l'exploitant vérifie que le niveau de prévention des risques n'a pas été dégradé.

Tableau 1 : Synthèse des prescriptions réglementaires relatives aux travaux par points chauds issues des arrêtés ministériels applicables aux rubriques n°2781 (www.ineris.fr/aida).

Tenue à la résistance au feu et classification des matériaux

Enjeux, problématique et périmètre

Un incendie génère des flammes, de la chaleur et des fumées de combustion qui peut se propager en cas de présence, à proximité, de combustibles (intrants, matériaux de construction et d'isolation, cartons, papiers, huile thermique...).

Les conséquences d'un incendie dépendent de sa puissance thermique (potentiel calorifique des combustibles et surface au sol couverte). De plus, ces conséquences peuvent être largement aggravées en cas de propagation à des éléments sensibles tels des stockages de liquides inflammables ou du stockage de biogaz : ces éléments présentant par ailleurs un risque pour les intervenants. De ce fait, dans une démarche de réduction du risque incendie, il convient de limiter les surfaces impliquées et de protéger les stockages et équipements sensibles.

Définition et identification des risques

Tout combustible (intrants solides et liquides, matériaux de construction et d'isolation, charbon actif, huile thermique, digestat solide, autres...) en présence d'air est sujet à un incendie (combustion chimique) en cas de contact avec une source d'inflammation active par étincelle (électricité statique, électrique, mécanique, intervention pour travaux), par chaleur (soudure, meulage et autres travaux par points chauds, cigarette, surfaces chaudes, échauffements mécaniques, auto-combustion et par acte de malveillance).

Ainsi, il est important de s'assurer que les matériaux de construction et d'isolation (locaux de stockage, locaux techniques, locaux de cogénération...) soient des matériaux résistants au feu et permettant d'éviter la propagation dans une unité de méthanisation.

Cadre réglementaire

La réglementation pour les installations soumises à déclaration ou à enregistrement sous la rubrique 2781-1 « Méthanisation de matière végétale brute, effluents d'élevage, matières stercoraires, lactosérum et déchets végétaux d'industries agroalimentaires » indique les prescriptions réglementaires suivantes relatives au comportement au feu des locaux :

« Lorsque les équipements de méthanisation sont couverts, les locaux les abritant présentent la caractéristique de réaction au feu minimale suivante :

- matériaux de classe A1 selon la norme NF EN 13 501-1 ;
- murs extérieurs et murs séparatifs REI 120 selon la norme NF EN 13 501-2 ;

- planchers REI 120 (coupe-feu de degré 2 heures), selon la norme NF EN 13 501-2.

Les toitures et couvertures de toiture répondent à la classe BROOF (t3), pour un temps de passage du feu au travers de la toiture supérieur à 30 minutes (classe T 30) et pour une durée de la propagation du feu à la surface de la toiture supérieure à 30 minutes (indice 1) ».

« Les ouvertures effectuées dans les éléments séparatifs (passage de gaines et canalisations, de convoyeurs) sont munies de dispositifs assurant un degré coupe-feu équivalent à celui exigé pour ces éléments séparatifs. Les justificatifs attestant des propriétés de résistance au feu sont conservés et tenus à la disposition de l'inspection des installations classées ».

La réaction au feu est la représentation du comportement d'un matériau en tant qu'aliment du feu (combustibilité, inflammabilité), définie par le classement M : C'est la manière dont un matériau (béton, bois, papier,...) va se comporter comme combustible.

La combustibilité est liée à la quantité de chaleur émise par combustion complète du matériau tandis que l'inflammabilité est liée à la quantité de gaz inflammable émise par le matériau.

Retours d'expérience terrain

A titre d'exemple, le 13/09/2010 à Montpellier, 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.

Le 17/07/2013 à Reugney, un incendie s'est déclaré à 21 h dans un bâtiment agricole de 1 500 m² abritant 700 t de fourrage et du matériel d'un élevage de vaches laitières. Sous l'effet de l'incendie, une cuve de 3 m³ de fioul se rompt sous l'effet de la chaleur. Pour lutter contre cet incendie les pompiers ont dû mettre en œuvre 8 lances dont une sur échelle et protéger contre l'incendie l'unité de méthanisation contigüe au stockage de fourrage en feu. Après l'incendie, les pompiers ont découvert 4 sacs de 20 kg de pesticide, du bromadiolane, produit fortement toxique et écotoxique, endommagés par l'incendie. A l'issue de cet incendie, le bâtiment, le stock de fourrage, la cuve de fioul, un tracteur, un andaineur et 600 kg de potasse sont détruits. La stabulation mitoyenne

Tenue à la résistance au feu et classification des matériaux

et le méthaniseur de l'exploitation sont intacts. Cet incendie illustre l'intérêt des parois REI (Résistance, Etanchéité, Isolation thermique) pour la protection des éléments sensibles.

Dans une unité de méthanisation, un filtre à charbon actif (adossé au local de cogénération) a été laissé ouvert et en contact avec l'atmosphère pendant l'entretien. Des séquences de vidéo-surveillance ont montré la poussière / débris de charbon actif s'échappant dans l'atmosphère avant leur allumage. Un incendie s'est ensuite propagé au local de cogénération. La partie supérieure du local de cogénération en structure bois contribue à propager le feu. L'incendie s'est produit en l'absence de personnel. Le feu a gravement endommagé le moteur de cogénération et le local technique. La production de biogaz est arrêtée pendant plusieurs mois.

Bonnes pratiques

Spécifications, normalisation et bonnes pratiques

Réaction au feu

La notion de matériau incombustible est définie dans la norme EN 13501-1 (Classement au feu des produits et éléments de construction - Partie 1 : classement à partir des données d'essais de réaction au feu, 2013) et repris dans l'arrêté du 20 décembre 2002. Les propriétés sont distinguées selon 3 critères :

- un critère de dégagement d'énergie et de propagation de flamme, traduit dans une lettre de A à D plus un indice pour la lettre A (A1 ou A2) ;
- un critère sur l'opacité des fumées produites « s » (smoke) avec un indice de 1 à 3 ;
- la capacité de l'élément à produire des gouttes enflammées « d » (droplet) avec un indice 0 ou 1.

Un matériau A1 étant incombustible, il ne dégage pas de fumée et ne produit pas de goutte enflammée.

Pour que le matériau soit incombustible, il doit être A1, soit remplir, pour un matériau homogène, les critères suivants :

- un pouvoir calorifique supérieur, traduisant le dégagement d'énergie sous réaction d'oxydation, inférieur à 2,0 MJ/kg ;
- pas de persistance de flamme ;
- une augmentation de température inférieure à 30°C ;
- une perte de masse inférieure à 50%.

Les essais sont réalisés selon la norme EN 1716 (Essais de réaction au feu de produits - Détermination du pouvoir calorifique supérieur (valeur calorifique), 2013) et selon la norme EN 1182 (Essais de réaction au feu de produits - Essai d'incombustibilité, 2013) pour les autres critères. Des critères similaires, un peu plus complexes sont également définis pour les matériaux hétérogènes.

Résistance au feu

La notion REI (Résistance, Etanchéité, Isolation thermique) nécessite le respect des 3 critères suivants :

- résistance mécanique de la paroi et stabilité du mur ;
- étanchéité aux flammes et aux gaz chauds ;
- isolation thermique : maintien d'une température inférieure à 140°C en moyenne et 180°C en pic sur la face non exposée de la paroi.

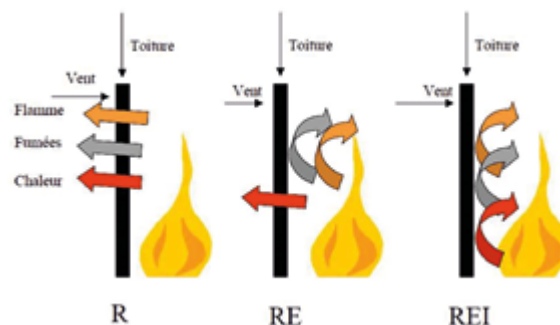


Figure 1 : Notions REI (Résistance, Etanchéité, Isolation thermique)

Ces critères sont définis par des tests en four selon une courbe de montée en température définie dans la norme EN 13501-2 et repris dans l'arrêté du 22 mars 2004. L'évolution de la température au cours du temps est représentée, pour un tel feu.

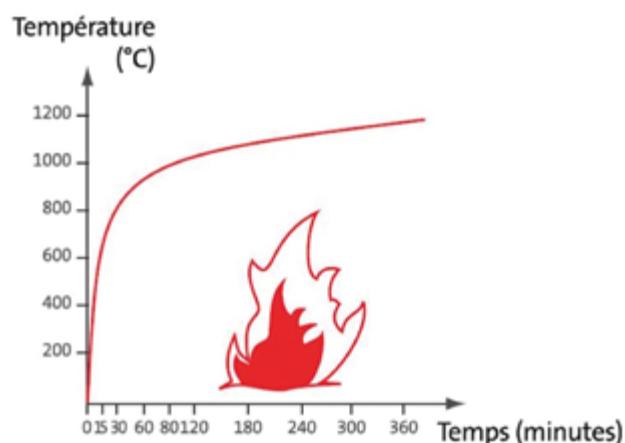


Figure 2 : Courbe de montée en température définie dans la norme EN 13501-2

Solutions proposées

Les matériaux de construction et d'isolation pouvant prétendre au caractère incombustible sont les bardages métalliques sans isolant, les cloisons en plâtres, les parois béton ou parpaings.

Les parois REI 120 sont généralement des parois avec structure béton (poteau) et remplissage béton cellulaire ou feuilleté plâtre. A noter que les fixations et joints entre le remplissage et les poteaux sont un critère important pour assurer le caractère REI 120. Pour information, un certain nombre de fabricants sont cités dans le tableau 1, cette liste n'est pas exhaustive.

Matériaux	Incombustibilité (A1)	Caractère REI 120	Exemples de produit commercial
Bardage métallique sans isolant	oui	-	ARCELOR
Panneaux sandwich (PU)	-	-	-
Panneaux polystyrène	-	-	-
Contre-plaqué	-	-	-
Bois (lamellé-collé)	-	R 30	-
Béton	oui	oui	-
Feuillé plaques de plâtre	oui	oui	-
Béton cellulaire	oui	oui	SIPOREX, XELLA
Mur parpaing	oui	Peut être	-
Charpente acier	R15 à R30		-
Bardage avec isolant	pas une règle générale)		-

Tableau 1 : Matériaux de construction pouvant prétendre au caractère incombustible REI 120

A noter que, pour ces matériaux, les fabricants fournissent un procès-verbal (PV) attestant le niveau REI du matériau.

Programme d'entretien et de maintenance

Enjeux, problématiques et périmètre

L'entretien et la maintenance des équipements sont nécessaires au bon fonctionnement des installations de méthanisation. Ils ont pour objectif de prévenir les aléas fréquents sur les sites de méthanisation (ex : dysfonctionnement voire casse de matériels). Ils permettent d'optimiser le fonctionnement et ainsi sécuriser les résultats techniques et économiques de l'installation, et de prévenir les accidents. Ils requièrent de mettre en œuvre une gestion quotidienne rigoureuse en effectuant des opérations conforme aux instructions du fabricant et aux bonnes pratiques de la profession.

Cette fiche apporte des éléments sur les équipements qui doivent faire l'objet d'un plan d'entretien et de maintenance et identifie des bonnes pratiques techniques et organisationnelles de sécurité afin de prévenir les risques lors d'intervention humaine.

Définition et identification des risques

Une maintenance insuffisante ou inadaptée des équipements est reconnue comme une cause fréquente d'accidents ou d'émissions dans l'environnement.

Les interventions d'entretien, de maintenance, de surveillance et de réparation des équipements demandent ponctuellement l'intervention de personnel, et parfois l'arrêt des installations. Or, ces différentes opérations peuvent être sources d'accident (fuite de biogaz, incendie, explosion...) :

- l'intervention humaine sur les équipements nécessite d'être particulièrement encadrée afin d'être sans risque ;
- lors de l'arrêt des équipements, ce sont les phases transitoires de l'arrêt et du redémarrage qui nécessitent d'être particulièrement suivies car potentiellement problématiques.

Cadre réglementaire

Les prescriptions réglementaires citées dans les AMPG (arrêtés ministériels de prescriptions générales) de la rubrique ICPE n°2781 et relatives à l'entretien et à la maintenance varient en fonction du régime de classement des installations.

Pour les installations soumises à autorisation, (Article 39 de l'arrêté du 10 novembre 2009), un programme de maintenance préventive et de vérification périodique des canalisations, du mélangeur et des principaux équipements intéressant la sécurité (alarmes, détecteurs de gaz, injection d'air dans le biogaz...) est élaboré avant la mise en service de l'installation.

Pour les installations soumises à enregistrement et à déclaration, les exigences de maintenance sont

explicitement formulées pour les dispositifs assurant l'étanchéité des équipements dont une défaillance est susceptible d'être à l'origine de dégagement gazeux. « Ils font l'objet de vérifications régulières. Ces vérifications sont décrites dans un programme de maintenance que l'exploitant tient à la disposition des services en charge du contrôle des installations classées ». D'autres dispositifs font aussi l'objet d'exigences spécifiques quant à la maintenance, notamment les moyens de lutte contre l'incendie.

Les risques associés aux opérations de maintenance sont pris en compte pour les trois types d'installations et intégrés dans le plan de formation des personnels : « avant le démarrage des installations, l'exploitant et son personnel, y compris le personnel intérimaire, sont formés à la prévention des nuisances et des risques générés par le fonctionnement et la maintenance des installations, à la conduite à tenir en cas d'incident ou d'accident et à la mise en œuvre des moyens d'intervention ».

Le tableau présenté en annexe présente les principales prescriptions réglementaires relatives aux programmes d'entretien et de maintenance, de surveillance et de réparation des équipements issues des arrêtés ministériels de prescriptions générales (AMPG) applicables aux rubriques n°2781.

Maîtrise des risques au cours des travaux d'entretien et de maintenance

La sécurité des travailleurs au cours des travaux d'entretien et de maintenance est essentielle et les actions mises en œuvre pour l'assurer concourent aussi à préserver l'environnement et les populations. Ces activités sont identifiées dans le code du travail. Elles doivent comme toute activité faire l'objet de mesures de la part de l'employeur pour en assurer la sécurité (Code du travail article L4121-1). Des règles plus spécifiques sont définies aux Articles R4211-3 à R4211-5 concernant le dossier de maintenance et aux Articles R4323-14 à R4323-21 concernant l'utilisation et la maintenance des équipements de travail. Par ailleurs, en particulier en ce qui concerne les installations de méthanisation, les risques d'explosion d'ATEX au cours des opérations d'entretien et de maintenance est très présent. Les mesures à mettre en œuvre concernant ce risque sont définies par les articles R4216-31 et R4227-42 à R4227-54 du Code du Travail. Elles incluent en particulier l'application d'un système d'autorisation en vue de l'exécution de travaux dangereux.

Les travaux de maintenance sont fréquemment effectués par des sous-traitants. Ils doivent être réalisés conformément aux exigences des articles R4511-1 à R4513-13 du Code du travail relatifs aux travaux effectués dans un établissement par une entreprise extérieure.

Retours d'expérience terrain

Les conséquences d'une maintenance insuffisante ou inappropriée peuvent être variées. L'accidentologie recense aussi des accidents survenus du fait d'erreurs ou de défaillances au cours de la maintenance.

Exemple de situations dues à un entretien ou une maintenance insuffisante :

- rejets de biogaz suite à un contrôle irrégulier du niveau de garde hydraulique de soupapes de sécurité ;
- fuites de biogaz du fait de défauts d'étanchéité suite à travaux sur canalisation ;
- défaut d'étanchéité de joints de brides, presse étoupe d'agitateur, conduisant à des fuites ;
- corrosion importante des agitateurs suivi de casse voire de disparition, entraînant l'arrêt de l'exploitation et des situations dangereuses au cours de la maintenance.

Accidents au cours de travaux de maintenance

Sur un site de traitement de déchets, une explosion suivie d'une fuite enflammée se produit lors d'une opération de maintenance. Ce sont des travaux de thermo-soudure sur une tuyauterie contenant du biogaz qui ont provoqué l'incident. Les deux agents de maintenance en charge des travaux ont été brûlés superficiellement et du biogaz est rejeté à l'atmosphère pendant le délai d'intervention des secours.

Sur un autre site de digestion de déchets, une tuyauterie aérienne de biogaz est arrachée lors de travaux ne portant pas sur le réseau de biogaz. C'est un engin de chantier en position haute qui heurte le portique supportant la conduite de gaz. La vanne de coupure correspondant à ce tronçon est aussitôt activée, mais l'arrêt brusque provoque une surpression dans le ciel gazeux des digesteurs, l'ouverture des soupapes de sécurité et le torchage de 250 m³ de gaz.

Exemples de difficultés rencontrées lors d'opérations d'entretien et de maintenance

Les interventions sont souvent liées à des casses, blocages de matériels (vis de transfert, pompes,...) dus à la présence de corps étrangers dans les intrants.

Dans de nombreux cas, l'indisponibilité de pièces détachées ou matériel de rechange conduit à une période d'arrêt prolongée, voire dans certains cas à des remplacements par des pièces inadaptées. Afin de pallier la casse de matériels (vis, concasseur, roulement et palier du broyeur...) inhérente, par exemple, à la réception et la préparation des intrants contenant des corps étrangers, et à l'usure prématurée liée à la corrosion (agitateur, pompe...), certains exploitants disposent d'un stock de matériels qui nécessitent des renouvellements fréquents, afin de minimiser le temps de réparation sur site.

Lorsque la maintenance n'a pas été intégrée à la conception, elle peut s'avérer particulièrement difficile.

Par exemple, une installation de méthanisation était à l'arrêt depuis plusieurs mois en raison de l'utilisation de substrats en grande quantité non aisément digérables. Suite à l'ajout de résidus de glycérine qui a accéléré l'acidification des matières, l'installation est à l'arrêt et présente des conditions d'intervention très délicates au quotidien : la matière a été prise en masse dans toutes les canalisations, les pompes. De nombreuses canalisations de digestats étaient enterrées, ce qui a compliqué les interventions.

Les pompes semblent être les organes les plus sollicités et sur lesquels les interventions de l'exploitant sont fréquentes (jusqu'à quotidiennes). Elles sont couramment démontées partiellement ou totalement ; leur démontage est facile lorsqu'il est prévu à la conception. Sur certains sites, des pompes double-sens sont utilisées. Elles permettent d'extraire plus facilement les bouchons de matière sans avoir à démonter. Des pompes avec un broyeur sont aussi parfois utilisées. Dans une démarche de prévention, afin de retirer au maximum les corps étrangers le plus en amont possible, des puits à cailloux sont parfois placés à différents emplacements.

La surveillance des installations est effectuée notamment grâce à des capteurs. Certaines installations de méthanisation optent même pour un suivi à distance des principaux paramètres de production. Dans les deux cas, des problèmes peuvent survenir au niveau des capteurs ou de la transmission des données, ce qui peut être à l'origine d'incidents. Ces éléments doivent donc faire l'objet d'un entretien. Par exemple, à Manses en 2016 un dysfonctionnement de torchère sur une installation de valorisation des déchets, n'a pas été détecté à cause d'un dysfonctionnement du réseau internet. L'agent d'astreinte n'ayant donc pas été prévenu, du biogaz est dégazé pendant toute une nuit. Le défaut a été décelé au matin suivant.

Sous-traitance de la maintenance

Les exploitants préfèrent de plus en plus sous-traiter à des entreprises compétentes l'entretien et la maintenance des moteurs de cogénération dans les premières années d'exploitation. Ces contrats leur permettent d'assurer un fonctionnement le plus continu possible de la production d'énergie et leur facilitent la gestion d'équipements spécifiques sur lesquels ils ressentent le besoin de monter en compétences. De plus en plus de contrats de maintenance prévoient l'intervention rapide du sous-traitant (sous 24 à 48 heures) en cas de défaillance.

Bonnes pratiques

Les travaux de maintenance et de réparation doivent faire l'objet d'une préparation systématique. Cela implique que les équipements de protection des travailleurs et des installations (par ex. protection respiratoire, dispositifs de signalisation, extincteurs, etc.) doivent être disponibles. Il est également

conseillé de préparer un programme de travail et un plan d'ensemble dans lesquels toutes les activités et tous les éléments de l'équipement concernés doivent clairement figurer. Le cas échéant, des opérations de mise à l'arrêt et de consignation doivent être effectuées avant la réalisation des travaux de maintenance et de réparation.

Organisation de l'entretien et de la maintenance

Toutes les personnes affectées aux travaux d'entretien et de maintenance sur les installations doivent être qualifiées, et avoir reçu des instructions spéciales. La maintenance et le suivi d'une unité de méthanisation demande dans un premier temps la rédaction d'un ensemble de document relatif à la sécurité du site :

- un plan de prévention pour chaque intervention d'une entreprise extérieure sur site pour des travaux d'installation, de réparation ou de maintenance ;
- un permis d'intervention et dans les cas de travaux par points chauds d'un permis de feu (le document obligatoire est pour toute intervention est le permis d'intervention). Se reporter dans ce cas à la fiche : travaux par points chauds ;
- des procédures d'intervention sur installation (chargement, déchargement, maintenance) ;
- des procédures de mise en sécurité de l'installation, et des procédures à suivre en cas de dysfonctionnement :
- pour les équipements électriques : Il faut une coupure de la source d'alimentation, puis consignation, ou condamnation,
- pour les réseaux de gaz : Il faut effectuer des opérations préalables afin de s'assurer que la conduite ne contient plus de biogaz et que l'intervention est sans dangers (procédure spécifique d'isolation de la conduite, puis vidange, vérification de l'absence de poches de gaz, inertage, purge, port de détecteurs de gaz (risque explosion et anoxie), etc.
- les systèmes d'instruments de mesure et de contrôle doivent être vérifiés par un professionnel qualifié au moins une fois par an et après chaque opération de maintenance pour s'assurer qu'ils sont en état de marche. L'opérateur de l'unité de méthanisation doit préparer un plan de test à cette fin. Tous les tests, rapports de mesures, etc., doivent être documentés par écrit ou électroniquement et ils doivent être conservés aussi longtemps que nécessaire (au moins deux intervalles de maintenance). Les modifications structurelles de la centrale doivent être documentées. D'autres tests doivent être réalisés conformément aux exigences générales de tests pour les installations de biogaz (sécurité électrique, protection contre les explosions, etc.) ;

Les opérations de maintenance doivent être suivies :

- la maintenance de chacun des appareils et équipements de sécurité doit être effectuée selon les recommandations constructeur, la fréquence d'entretien et de maintenance doit être définie et adaptée en fonction de l'équipement et des

contraintes spécifiques auxquelles il est exposé ;

- il est conseillé de faire un calendrier hebdomadaire de maintenance, et un registre des opérations de maintenance effectuées ;
- il est également préconisé de tenir à jour un registre des incidents et pannes, d'analyser les incidents et d'adapter en continu les agendas et procédures d'intervention.

Le fonctionnement des unités de méthanisation demande une maintenance régulière sur certaines pièces soumises à une usure particulière, notamment en vue de prévenir le risque de fuite sur les canalisations dû à la corrosion ou le risque de perte d'étanchéité de stockage de biogaz (digesteur, gazomètre). Sur ces équipements, la maintenance préventive (en amont de tout dysfonctionnement) permet une disponibilité maximale de l'installation. Les systèmes de sécurité comme les détecteurs, alarmes, transmissions d'alarme, arrêts d'urgence, soupapes et soufflage d'air sont également à contrôler régulièrement.

Le surplus de biogaz produit au cours des opérations d'entretien et de maintenance de l'unité de méthanisation sera brûlé à la torchère afin de ne pas rejeter de biogaz à l'atmosphère ou bien stocké dans un stockage tampon (cf. fiche 10 « Gestion du biogaz en fonctionnement dégradé »).

Quelques bonnes pratiques pour une gestion raisonnée des pièces de rechange :

- intégrer au plan d'entretien et de maintenance un programme de renouvellement conforme aux préconisations des fabricants ;
- disposer en permanence d'un stock de pièces de rechange pour les équipements les plus utilisés (agitateurs, canalisations, vannes...) nécessitant une surveillance accrue car fortement sollicités, potentiellement agressés ou susceptibles de se boucher. Ces équipements sont susceptibles d'être à l'origine d'émissions en cas de pannes ou dérives et doivent être identifiés. L'objectif est de garantir un fonctionnement de l'installation continu et constant dans le temps. Certains équipements vitaux identifiés pourront faire l'objet d'un contrat de maintenance avec une intervention sous un délai court ;
- pour les pièces spécifiques, commander des pièces de rechange dès l'apparition des premiers signes de dégradation ;
- dans le cas de la réaffectation d'un équipement ou d'une pièce, vérifier son adéquation par rapport au nouveau contexte d'exploitation ;
- assurer une supervision rigoureuse des opérations de maintenance réalisées, en particulier dans le cas du recours à la sous-traitance.

Mesures techniques et organisationnelles pour la réalisation de réparations

Les interventions sur une unité de méthanisation peuvent présenter un risque du fait de la présence méthane et de sulfure d'hydrogène (incendie, explosion, intoxication d'un intervenant). Le donneur d'ordre peut être le responsable de la sécurité sur le chantier et doit prendre toutes les dispositions nécessaires pour garantir la sécurité sur le site.

Diverses consignes techniques et organisationnelles sont destinées à mieux sécuriser les interventions sur une unité de méthanisation :

- les interventions en situation à risque se font toujours en binôme afin que l'une des personnes puisse assurer la sécurité ;
- les personnes intervenant sur site pour les opérations de maintenance doivent être qualifiées et disposer d'outils et d'EPI appropriés aux travaux à effectuer ;
- les employés de l'unité de méthanisation doivent être formés à leur tâche et aux risques présents sur l'unité de méthanisation ;
- certaines opérations présentent un risque particulier, il est donc nécessaire d'établir des procédures spécifiques pour celles-ci, par exemple intervention en milieu confiné ou en zone ATEX ;
- il faut proscrire les flammes, étincelles et point chaud autour des digesteurs et gazomètres ; Toute intervention de ce type doit au préalable faire l'objet

d'un permis feu, document de sécurité obligatoire selon le code du travail ;

- analyser l'air avant et pendant les opérations de maintenance, à l'aide d'un détecteur multi-gaz vérifié et étalonné ;
- les interventions dans les digesteurs ou gazomètres doivent être réalisés par des entreprises spécialisées et formées à la prévention des nuisances et des risques générés par le fonctionnement et la maintenance de l'installation (cf Article Formation AMPG rubrique ICPE n°2781). Il est préférable que les opérateurs soient alors équipés de harnais de sécurité et d'appareil de protection respiratoire ;
- une intervention de réparation sur un équipement de gaz sous pression demande une dépressurisation suivie d'un traitement au gaz inerte. Puis en fin d'opération le système sera soumis à un test d'étanchéité avant réinjection du gaz ;
- la circulation d'engins de chantier sur le site doit faire l'objet d'une préparation préalable. Il est conseillé de protéger les passages et tuyauterie aériennes par des portiques par exemple, afin d'éviter tout risque d'arrachement ou de heurt d'engins.

Equipements à intégrer dans le plan de maintenance

Une liste d'exemples de bonnes pratiques de maintenance d'équipements d'unité de méthanisation est présentée dans le tableau 1 ci-après.

Trémie d'alimentation	Réaliser le graissage motoréducteur et moteur / Contrôle visuel de fuite et dommage.
Distribution – air comprimé, pompe à vis, agitateur immergé	Vérifier le bon fonctionnement des compresseurs. Inspecter visuellement afin de détecter les fuites, dommage et pertes d'étanchéité. Contrôler visuellement et ajuster le câble, assurer l'étanchéité par graissage.
Digester, post digester, réservoir de stockage de biogaz (cf. fiche 6 « Digester (conception, exploitation, intervention) »)	Vérifier et nettoyer les clapets d'air (membrane). Nettoyer le ventilateur d'air de l'espace inter membranaire. Vérifier le câblage et l'humidité sur le ventilateur. Vérifier les fuites sur les supports d'étanchéité du toit. Vérifier et tester le pressostat du rail d'étanchéité.
Réseau Biogaz	Contrôler périodiquement par des tests d'étanchéité les conduites de gaz, y compris les robinetteries et organes d'isolement avec un appareil de mesure des fuites de gaz ou avec un produit moussant (exigence réglementaire), Tenir à jour, les schémas de tous les réseaux, datés. Purger régulièrement les condensats en point bas. La conception du réseau doit intégrer ces opérations de purge.
Torchère (cf. fiche 10 « Gestion du biogaz en fonctionnement dégradé »)	Vérifier le fonctionnement (marche / arrêt), réglage du démarrage, contrôle visuel de l'ensemble.
Soupape de sécurité (cf fiche 7 « Soupape de sécurité hydraulique »)	Régler la soupape de sécurité afin d'éviter des ouvertures intempestives à des pressions ne nécessitant pas son activation tout en maintenant la fonction de protection contre les surpressions et dépressions dangereuses. Vérifier régulièrement le niveau de l'antigel, le bon fonctionnement des sondes de détection de mousse et assurer un entretien régulier de la soupape. Assurer le bon fonctionnement des pièces mobiles de la soupape en faisant réaliser une vidange et un nettoyage de celle-ci (selon préconisation des fournisseurs de soupape et en fonction de la technologie). Vérifier le bon fonctionnement de la soupape après toute situation d'exploitation ayant conduit à sa sollicitation.

Equipements de traitement du biogaz	Nettoyer les échangeurs, dévésiculeur (ou séparateur de condensats). Renouveler le charbon actif quand celui-ci arrive à saturation.
Détecteurs fixes et portables multigaz (cf. fiche 2 « Détection multigaz portable »)	L'exploitant doit : - établir une procédure d'exploitation et de maintenance des capteurs ; - organiser et enregistrer des tests réguliers des systèmes d'alarme visuelle et sonore ; - réaliser la maintenance et le calibrage des détecteurs multigaz avec une périodicité variable (une fois tous les 3 mois à une fois tous les ans) ; - ...
Instrumentation (indicateurs débit, pression, température, analyse)	Faire vérifier par un organisme compétent les instruments de mesure de la pression, des débits de biogaz produit, valorisé et détruit a minima une fois par an.
Armoires électriques	Tester les arrêts d'urgence.

Tableau 1 : exemples de bonnes pratiques de maintenance d'équipements d'unité de méthanisation.

Annexes

Prescriptions réglementaires en France

Prescriptions spécifiques	Installations soumises à DÉCLARATION Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées inférieure à 30 t/j	Installations soumises à ENREGISTREMENT Rubrique 2781-1 quantité de matières traitées inférieure à 60 t/j et supérieure ou égale à 30 t/j	Installations soumises à AUTORISATION (A2) Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées supérieure ou égale à 60 t/j
Programme de maintenance / Instruction de maintenance	Un programme de maintenance préventive et de vérification périodique des canalisations, du mélangeur et des principaux équipements intéressant la sécurité (alarmes, détecteurs de gaz, injection d'air dans le biogaz...) est élaboré avant la mise en service de l'installation (Article 39).	Sans préjudice des dispositions du code du travail, des consignes qui indiquent des instructions de maintenance sont établies, tenues à jour et affichées dans les lieux fréquentés par le personnel (Article 26).	/
Formation	Avant le premier démarrage des installations, l'exploitant et son personnel, y compris le personnel intérimaire, sont formés à la prévention des nuisances et des risques générés par le fonctionnement et la maintenance de l'installation, à la conduite à tenir en cas d'incident ou d'accident et à la mise en œuvre des moyens d'intervention (Article 22).	Avant le démarrage des installations, l'exploitant et son personnel d'exploitation, y compris le personnel intérimaire, sont formés à la prévention des nuisances et des risques générés par le fonctionnement et la maintenance des installations, à la conduite à tenir en cas d'incident ou d'accident et à la mise en œuvre des moyens d'intervention (Article 28).	Avant le démarrage des installations, l'exploitant et son personnel, y compris le personnel intérimaire, sont formés à la prévention des nuisances et des risques générés par le fonctionnement et la maintenance des installations, à la conduite à tenir en cas d'incident ou d'accident et à la mise en œuvre des moyens d'intervention (§ 3.1.2).

Prescriptions spécifiques	Installations soumises à DÉCLARATION Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées inférieure à 30 t/j	Installations soumises à ENREGISTREMENT Rubrique 2781-1 quantité de matières traitées inférieure à 60 t/j et supérieure ou égale à 30 t/j	Installations soumises à AUTORISATION (A2) Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées supérieure ou égale à 60 t/j
Installations électriques	Les installations électriques sont réalisées avec du matériel normalisé et installées conformément aux normes applicables, par des personnes compétentes et en conformité avec la réglementation ATEX en vigueur (Article 36).	L'exploitant tient à la disposition de l'inspection des installations classées les éléments justifiant que ses installations électriques sont réalisées conformément aux règles en vigueur, entretenues en bon état et vérifiées (Article 21).	Toutes les installations électriques sont maintenues en bon état et sont vérifiées, après leur installation ou leur modification, par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 fixant la périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques au titre de la protection des travailleurs, ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications (§ 3.6).
Étanchéité des équipements	Les dispositifs assurant l'étanchéité des équipements susceptibles d'être à l'origine de dégagement gazeux font l'objet de vérifications régulières. Ces vérifications sont décrites dans un programme de maintenance que l'exploitant tient à la disposition de l'inspection des installations classées (Article 23). L'étanchéité du ou des digesteurs, de leurs canalisations de biogaz et des équipements de protection contre les surpressions et les sous-pressions est vérifiée avant le ou lors du démarrage et de chaque redémarrage consécutif à une intervention susceptible de porter atteinte à leur étanchéité. L'exécution du contrôle et ses résultats sont consignés (Article 25).	Les dispositifs assurant l'étanchéité des équipements dont une défaillance est susceptible d'être à l'origine de dégagement gazeux font l'objet de vérifications régulières. Ces vérifications sont décrites dans un programme de contrôle et de maintenance que l'exploitant tient à la disposition des services en charge du contrôle des installations classées. (Article 35).	Les dispositifs assurant l'étanchéité des équipements dont une défaillance est susceptible d'être à l'origine de dégagement gazeux font l'objet de vérifications régulières. Ces vérifications sont décrites dans un programme de maintenance que l'exploitant tient à la disposition des services en charge du contrôle des installations classées (§ 3.7.2.1).

Dispositifs devant faire l'objet d'une maintenance au titre de la réglementation relative à la maîtrise des risques ATEX

Ventilation	« Les locaux et dispositifs confinés font l'objet d'une ventilation efficace » (Article 23). « Sans préjudice des dispositions du code du travail, les espaces confinés et les locaux dans lesquels du biogaz pourrait s'accumuler en cas de fuite sont convenablement ventilés pour éviter la formation d'une atmosphère explosive ou nocive » (Article 37).	Sans préjudice des dispositions du code du travail et en phase normale de fonctionnement, les locaux sont convenablement ventilés pour éviter tout risque de formation d'atmosphère explosive ou toxique (Article 19).	Sans préjudice des dispositions du code du travail, les espaces confinés et les locaux dans lesquels du biogaz pourrait s'accumuler en cas de fuite sont convenablement ventilés pour éviter la formation d'une atmosphère explosive ou nocive (§ 2.6).
--------------------	--	--	---

Prescriptions spécifiques	Installations soumises à DÉCLARATION Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées inférieure à 30 t/j	Installations soumises à ENREGISTREMENT Rubrique 2781-1 quantité de matières traitées inférieure à 60 t/j et supérieure ou égale à 30 t/j	Installations soumises à AUTORISATION (A2) Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées supérieure ou égale à 60 t/j
Matériels utilisables en atmosphères explosives. La maintenance de ces matériels doit être effectuée selon les règles de l'art par des personnels formés pour en maintenir la certification	Le matériel implanté dans ces zones explosives est conforme aux prescriptions du décret n° 96-1010 du 19 novembre 1996 susvisé. Les installations électriques sont réalisées avec du matériel normalisé et installées conformément aux normes applicables, par des personnes compétentes et en conformité avec la réglementation ATEX en vigueur (Article 36).	Dans les parties de l'installation mentionnées à l'article 11 présentant un risque d'incendie ou d'explosion, les équipements électriques, mécaniques, hydrauliques et pneumatiques sont conformes aux dispositions du décret du 19 novembre 1996 susvisé. Ils sont réduits à ce qui est strictement nécessaire aux besoins de l'exploitation et sont entièrement constitués de matériels utilisables dans les atmosphères explosives. Les matériaux utilisés pour l'éclairage naturel ne produisent pas, lors d'un incendie, de gouttes enflammées (Article 20).	Le matériel implanté dans les zones pouvant présenter un risque d'explosion, identifiées conformément aux dispositions de l'article 4.1, est conforme aux prescriptions du décret no 96-1010 du 19 novembre 1996 susvisé. Les installations électriques sont réalisées avec du matériel normalisé et installées, conformément aux normes applicables, par des personnes compétentes et en conformité avec la réglementation ATEX en vigueur. Les gaines et chemins de câbles électriques ne doivent pas être une cause possible d'inflammation et doivent être convenablement protégés contre les chocs, contre la propagation des flammes et contre l'action des produits présents dans la partie de l'installation en cause (§ 4.4).
Moyens d'alerte et de lutte contre l'incendie	/	En cas d'installation de systèmes d'extinction automatique d'incendie, ceux-ci sont conçus, installés et entretenus régulièrement conformément aux référentiels reconnus (Article 22). L'exploitant fait procéder à la vérification périodique et à la maintenance des matériels de sécurité et de lutte contre l'incendie conformément aux référentiels en vigueur (Article 23). L'exploitant assure ou fait effectuer la vérification périodique et la maintenance des matériels de sécurité et de lutte contre l'incendie mis en place ainsi que des éventuelles installations électriques et de chauffage, conformément aux référentiels en vigueur (Article 27).	En cas d'installation de systèmes d'extinction automatique d'incendie, ceux-ci sont conçus, installés et entretenus régulièrement, conformément aux référentiels reconnus (§ 4.3).

Énumération des articles des prescriptions réglementaires relatives aux programmes d'entretien et de maintenance, de surveillance et de réparation des équipements issues des arrêtés ministériels de prescriptions générales applicables aux rubriques n°2781.**Références**

Retour d'expérience des visites Ineris de 22 installations de méthanisation (2014 à 2016) : Valorisation des bonnes pratiques du terrain [Présentation Ineris aux 5èmes journées de la méthanisation MOLETTA 2016 (Chambéry)].

Unité de méthanisation agricole, intégrer la sécurité dans une installation de méthanisation. Groupama, 2016.

Article « Vieillissement et gestion des pièces de rechange : un enjeu de taille » (P. ARAMA, BARPI/MTES). ». Revue L'Expert (n°108 - 4ème Trimestre 2017).

Guide d'application des exigences réglementaires et pratiques pour les installations de digestion de boues de station d'épuration d'eaux usées (2016, SIAAP).

Biogas, Safety first ! Lignes directrices pour l'utilisation sans risque de la technologie du biogaz. Fachverband biogas German biogas association, 2016.

Digester (conception, exploitation et intervention)



Vue de la partie digestion d'une unité de méthanisation

Enjeux, problématiques et périmètre de la fiche

Cette fiche présente les principaux aspects dont il faut tenir compte pour limiter les risques d'émissions de gaz et de matières lors de la conception et de l'exploitation des digesteurs. Elle identifie également les risques chimiques associés aux interventions sur ces installations, interventions dans le cadre d'une maintenance programmée ou de réparations.

Elle cible les digesteurs les plus courants aujourd'hui et pour lesquels un retour d'expérience existe à savoir les digesteurs en voie semi-liquide (avec un taux de matières sèches entre 3 et 20 % environ).

Définitions et identification des émissions et des risques

Les risques identifiés au niveau du digesteur concernent les émissions gazeuses à l'atmosphère, les rejets de matières et les risques pour le personnel lors d'interventions ou de la surveillance de l'ouvrage.

Il s'agit de limiter les situations susceptibles d'être à l'origine de la pollution des sols, des eaux souterraines et des eaux de surface et les émissions dans l'air susceptibles d'avoir des impacts sanitaires, olfactifs

(NH_3 , H_2S , autres COV) ou ayant des conséquences sur le réchauffement climatique (CH_4 , N_2O).

Différentes situations potentielles ont été identifiées, à savoir :

Rejets incidentels ou accidentels de matières :

- Rupture du digesteur/ Perte d'étanchéité brutale

Conséquences prévisibles : rejet massif de matières, effet de vagues - Exemple d'une perte d'étanchéité brutale suite à un choc avec un véhicule

- Mauvaise étanchéité du digesteur

Problème de conception, évolution dans le temps du matériau due à la réactivité / agressivité des matières stockées ;

- Perte d'étanchéité au cours du temps

Fuites « faibles » de matières sur des durées importantes ;

- Débordement

Par exemple en cas d'excès de remplissage (défaut de niveaux), de situations de moussage ou de situations de surpression ou de dépression dans le digesteur.

Emissions gazeuses et fuites :

- Par la soupape

Fuites récurrentes ou de longue durée (ex : dosage inadapté de matières méthanogènes, maintenance insuffisante), ou pouvant être liées à une diminution du volume utile du digesteur suite par exemple à l'introduction répétée d'éléments indésirables ;

Remarque : la diminution du volume utile ne conduit pas toujours à une diminution du ciel gazeux.

- Au niveau du stockage tampon de biogaz ou des canalisations

Lors d'une montée en pression ou de phénomènes de moussage dans le digesteur. Ces situations peuvent être provoquées par exemple par des coupures électriques, des défaillances en aval sur le système de valorisation de biogaz associé à un stockage tampon déjà utilisé au maximum ou lors d'intervention sur le digesteur nécessitant un débâchage partiel ou total du digesteur ;

- Au niveau de la structure, de la double-membrane de stockage du biogaz, du système d'accroche à la structure

En raison de matériaux inadaptés, du vieillissement des matériaux, de la porosité de la membrane accélérée par son utilisation sous tension maximale (remplissage trop important), d'une défaillance du système d'accroche de la membrane à l'ouvrage.



Stockage tampon de biogaz à double membrane, intégré aux digesteur et post-digesteur

Cadre réglementaire

La prévention de ces situations et leur maîtrise se traduisent en exigences réglementaires au niveau de la conception et de l'exploitation. Les principales exigences recensées sont applicables aux différents régimes de classement au titre des ICPE (déclaration, enregistrement, autorisation).

Exigences	Description
Impact sur les tiers	Implanter le digesteur à au moins 50 m des tiers, à l'exception des logements occupés par des personnels de l'installation et des logements dont l'exploitant ou le fournisseur de substrats de méthanisation ou l'utilisateur de la chaleur produite a la jouissance.
Conception / réception	Vérifier la conformité par rapport au dossier initial. Digesteurs munis d'une soupape de respiration ne débouchant pas sur un lieu de passage, dimensionnée pour passer les débits requis. Dispositifs antigel pour empêcher la pression de dépasser la valeur maximum admissible ou de descendre en dessous de la valeur minimum admissible en cours de fonctionnement.
Plan de maintenance	Prévoir un programme de surveillance périodique intégrant : - le suivi régulier des dispositifs assurant l'étanchéité des équipements ; - la surveillance du procédé de méthanisation : mesure en continu de la température des matières en fermentation et de la pression du biogaz ; - la surveillance du fonctionnement et de la disponibilité des dispositifs de limitation des sur et souspressions (y compris les alarmes).
	Vérifier, avant ou lors du démarrage et de chaque redémarrage consécutif à une intervention susceptible de porter atteinte à leur étanchéité, l'étanchéité des digesteurs, des canalisations de biogaz et des équipements de protection contre les sur et sous-pressions.
	Prévoir un programme de maintenance préventive qui intègre les équipements du process (ex : mélangeurs...), des dispositifs assurant l'étanchéité et ceux utilisés pour le suivi et la surveillance (détecteurs, alarmes...).
Limitation des conséquences d'une surpression / souspression	Prévoir des dispositifs tels qu'une membrane souple, un disque de rupture, un évent d'explosion ou équivalent.
	Concevoir et entretenir la soupape de sécurité pour que son bon fonctionnement ne soit entravé ni par la mousse, ni par le gel, ni par quelque obstacle que ce soit.
	Concevoir les dispositifs d'ancrage des équipements de stockage du biogaz, en particulier ceux utilisant des matériaux souples, de manière à maintenir l'intégrité des équipements.
Limitation des conséquences d'un rejet de matières	Prévoir des systèmes de rétention.
Intervention en situation d'urgence	Former le personnel aux risques inhérents à l'installation et aux procédures d'intervention en cas d'arrêt d'urgence pour la mise en sécurité de l'installation ou en cas de défaillances.

Retour d'expérience terrain

Le dimensionnement initial doit intégrer l'ensemble du système (digesteur, stockage tampon de biogaz, soupapes).

Digesteur

D'une manière générale, la structure du digesteur est à base de béton ou d'acier. Elle doit présenter une résistance mécanique et chimique. C'est pourquoi elle est souvent protégée par une paroi ou une membrane interne qui isole le matériau de construction de la matière à digérer.

Le dimensionnement du volume utile du digesteur est essentiel et doit tenir compte du fait que des matières indésirables seront nécessairement introduites dans le digesteur au fil de la vie de l'installation. C'est la raison pour laquelle le volume utile est bien souvent surdimensionné par rapport aux calculs théoriques pour intégrer l'accumulation de mousses ou de particules solides voire un déficit d'agitation.

Au fil de la vie de l'installation, la marge de manœuvre sur le volume utile diminue ce qui peut conduire à des émissions gazeuses. La diminution de volume utile entraîne la nécessité de curage du digesteur. Cette opération implique la mise en œuvre de procédures claires, établies avec le concepteur à la livraison de l'installation pour gérer les matières et le biogaz contenu dans le digesteur. Des procédures d'intervention spécifiques doivent être établies compte tenu des risques pour le personnel. C'est pourquoi, ces interventions sont sous-traitées à des organismes qualifiés pour intervenir en zone confinée.

L'étude E-Cube 2015¹⁸ montre que 44% des sites investigués par l'étude connaissent des pannes et des dysfonctionnements du procédé liés entre autres au blocage des brasseurs avec pour conséquence, la nécessité d'un curage prématuré des digesteurs. Dans 50 % des cas, les surcoûts de maintenance sont associés à la digestion.

Stockage tampon

Le stockage tampon de biogaz est majoritairement intégré au digesteur / post-digesteur (couverture souple) pour les installations agricoles. Cependant quand les capacités augmentent, un gazomètre externe peut être préféré. Dans le cas d'un stockage tampon intégré au digesteur, les installations actuelles favorisent l'emploi de la double-membrane pour limiter les fuites liées à une dégradation des membranes au cours du temps et également pour assurer une meilleure tenue physique de la membrane.

Les taux de remplissage du stockage tampon influent également sur les fuites potentielles. Si le taux de remplissage implique une tension maximale de la membrane, des fuites sont possibles. Le retour d'expérience montre que pour pouvoir pallier des situations particulières, le volume du stockage

tampon de biogaz ne doit pas être totalement utilisé en fonctionnement normal.

Dans le cas d'une double-membrane, les fuites peuvent être détectées au niveau de la zone intermembranaire grâce à une surveillance de cette zone.

Dans certains cas, il n'existe pas de stockage tampon de biogaz au niveau du digesteur ; ce stockage est intégré au post-digesteur. Le digesteur présente dans ce cas un toit fixe.

En conditions habituelles le stockage tampon est rempli à 30 - 70% de sa capacité. L'alerte sur le niveau bas permet d'identifier une surconsommation de biogaz par rapport à sa production ou une fuite. Le niveau haut à 70 % permet de garantir une marge de manœuvre en cas de surproduction ou de défaillances en aval.

Soupapes

(cf. fiche 7 « Soupape de sécurité hydraulique »)

D'une manière classique le digesteur est équipé d'une soupape de sécurité, généralement à garde hydraulique. Parfois, les installations les plus récentes comportent deux soupapes, au niveau du digesteur et du stockage tampon pour garantir une double protection et permettre l'intervention de maintenance en toute sécurité sur l'une des deux membranes.

Retour d'expérience sur des situations accidentelles en France

La synthèse des accidents survenus au niveau de digesteurs met en lumière les principales situations accidentelles suivantes :

• Fuite de biogaz

De nombreux cas accidentels avec fuite de biogaz peuvent être identifiés. Ils sont liés notamment à :

- des mauvais raccords de canalisations,
- des problèmes d'étanchéité au niveau des axes des agitateurs / brasseurs, au niveau de la soupape de sécurité,
- un envol ou déchirement de membrane souple dû à une tempête, une mauvaise fixation, une mise en surpression du digesteur associé à un dysfonctionnement de la soupape de sécurité (ex gel, blocage par présence de matières plastiques),
- des dégazages longs et intempestifs de la soupape de sécurité liés à un dysfonctionnement de la torchère elle-même ou à son alimentation en biogaz trop pauvre en méthane.

• Fuite et émissions de matières

Les accidents relatés sur des fuites de matières sont liés entre autres à un trop plein du digesteur, à des défauts d'étanchéité, à des ruptures ou à des mauvaises fermetures des vannes de vidange ...

18 - La filière Biogaz en France, bilan et perspectives de la filière biogaz traitant des co-produits agricoles et des biodéchets, E-Cube Strategy Consultants, décembre 2015

Un débordement au niveau du digesteur peut être dû à une accumulation d'indésirables par exemple. Les différentes actions possibles intègrent :

- le retrait, autant que faire se peut, des indésirables en amont du digesteur,
- le curage du digesteur,
- l'utilisation de système d'alimentation du digesteur (vasque avec trop-plein) permettant d'assurer de façon passive un niveau constant dans le digesteur.

Il peut être également dû à des phénomènes de moussages qui peuvent conduire à :

- des dysfonctionnements des matériels en place : systèmes de mesure, pompes, événements et soupapes....
- une émission massive de mousse et de matières entraînées par la mousse par le hublot d'observation ou suite à la déchirure de la membrane souple de stockage tampon de biogaz,
- des nuisances (odeurs ...).

• **Surpression interne à l'intérieur du digesteur**

Une surpression interne peut conduire au déversement du contenu du digesteur. Dans l'un des cas, des matières plastiques s'étaient accumulées à l'intérieur du digesteur 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 digesteur, avec émission de projectiles et des matières présentes. Les soupapes, situées en partie haute, sont inefficaces pour prévenir ce type d'incident.

• **Incendie et explosion du digesteur**

Dans des cas plus rares, des travaux par points chauds ont pu générer des incendies ou des explosions de digesteurs. Ces travaux étaient réalisés par exemple dans le cadre d'interventions sur le toit du digesteur : intervention pour installer une vanne trois voies sur une soupape de sécurité existante ou à côté du digesteur.

Bonnes pratiques

D'une manière générale, l'installation est conçue et gérée avec deux objectifs : l'optimisation de la production de biogaz et un fonctionnement continu et stable. Du point de vue des risques, un fonctionnement stable et continu est également recherché car il réduit les situations particulières à gérer par l'exploitant. Pour assurer un fonctionnement optimal et stable de la production au niveau du digesteur il faut garantir :

- un brassage adapté des substrats. Les systèmes d'agitation doivent être correctement choisis et dimensionnés pour le volume et les caractéristiques des substrats. Les matériaux doivent être résistants aux agressions physiques et chimiques ;
- une température stable et homogène au sein du réacteur – les bactéries peuvent s'adapter à des variations de quelques degrés ;
- une ration régulière et adaptée (taux de matière sèche, comportement du substrats en mélange...) au mode de gestion sélectionné ;

- des interventions sécurisées dans des délais courts. Pour ce faire, les matériels dans le digesteur doivent être accessibles en toute sécurité (trappes d'accès, treuils...).

Le personnel doit être formé aux risques associés aux matières et à la présence de biogaz (explosion, incendie, intoxication) et aux procédures d'intervention (fournies par le maître d'ouvrage qui s'appuie sur les préconisations constructeur).

Chaque intervention implique une protection du personnel adaptée. Chaque situation doit être analysée indépendamment pour définir les moyens adaptés.

Bonnes pratiques de conception

La conception est une étape essentielle et délicate pour une installation car elle détermine sa viabilité économique et opérationnelle dans le temps. Elle doit anticiper l'exploitation et la maintenance des installations en facilitant l'accessibilité du personnel en toute sécurité. Les équipements adéquats doivent être prévus à cette étape comme par exemple les crénolines, les balustrades, les trous d'hommes...

Les spécificités du digesteur sont déterminées à partir des critères suivants :

Le mode de digestion (température, agitation...) doit être défini en fonction des substrats, des quantités prévues, de leurs spécificités et de la valorisation en aval du digestat et du biogaz (qualité ou taux de méthane recherchés).

Le digesteur est dimensionné à partir du volume utile calculé à partir du taux de charge, notamment du taux de charge organique (quantité de matière organique introduite par m³ de réacteur et par jour), et du temps de séjour. Le dimensionnement sera établi en tenant compte des valorisations aval de biogaz et de digestat mais également en fonction de la présence ou non d'un post-digesteur. Il faut également prendre en compte l'évolution potentielle des substrats (comportement, potentiel méthanogène variables) au cours de la vie de l'installation pour lui autoriser une certaine flexibilité.

Les matériaux de construction doivent être résistants mécaniquement et chimiquement. Un traitement complémentaire (à minima pour le béton) peut être appliqué aux matériaux ou une isolation interne peut être mise en place pour limiter le contact matériau – matière (acier, béton).

Tout matériel en contact avec la matière ou le biogaz doit être résistant à la corrosion .

Une isolation thermique doit être prévue pour limiter les variations de température au fil des saisons et limiter les coûts énergétiques de maintien en température du digesteur. Cette isolation pourra être extérieure dans le cas d'acier pour limiter l'influence directe des rayons solaires. Le digesteur pourra également être semi-enterré pour limiter les échanges thermiques. Dans ce cas, un système de détection de fuite doit être prévu (cf. fiche 9 « Dispositif de rétention de stockage du digestat »). La digestion anaérobie est encouragée par des conditions mésophiles (35 à 42 °C), voire thermophile (45 à 55°C) pour lesquelles

un dispositif de maintien en température du digesteur est nécessaire. A titre d'illustrations, quelques exemples peuvent être cités : serpentin à eau chaude interne au digesteur ou inséré dans la paroi interne du digesteur pour limiter le contact avec la matière (prévoir dans ce cas des ouvertures et piquages pour maintenance), préchauffage des intrants, réintroduction d'une partie du digestat à différents niveaux dans le digesteur (permet également un mélange de la matière), échangeur thermique extérieur, etc.

Le choix du système de brassage de la matière dans le digesteur est important. Il assure une homogénéisation de la matière et donc garantit une répartition homogène de la température au sein de la matière ; condition essentielle à une digestion anaérobie optimisée. Plusieurs conceptions sont possibles : mécanique, hydraulique, biogaz. L'agitation mécanique est la plus sensible à la corrosion. Il faut donc prévoir des accès sécurisés pour toute intervention ou maintenance.

Le stockage tampon de biogaz sera correctement dimensionné pour assurer une valorisation continue en aval et tiendra compte de dysfonctionnements potentiels (systèmes de traitement ou de valorisation du biogaz...). La capacité doit tenir compte de la présence ou non d'un système de secours (torchère ou autre système). Elle est établie pour une production journalière maximale et une durée de stockage. Cette dernière intègre une marge de manœuvre associée à différentes situations de dysfonctionnement en aval et pour lesquelles une capacité complémentaire doit être prévue. Le niveau de biogaz dans le stockage tampon doit être surveillé. A titre d'exemples, il peut être mesuré par une sonde ultrasonique ou estimé grâce à un enrouleur de câble (système visuel).

Le stockage tampon peut être soit intégré au digesteur (couverture souple) soit réalisé dans un gazomètre. Dans le cas d'une couverture souple, les double-membranes sont préférées car elles assurent une meilleure résistance aux conditions climatiques et permettent une surveillance des fuites (détection intermembranaire). En effet, l'injection d'air intermembranaire permet de conserver une toiture bombée qui présente une meilleure résistance physique vis-à-vis du vent et des intempéries (poids de la neige...). Les membranes doivent être résistantes aux UV et aux agressions de rongeurs. La garantie et la durée de vie des membranes doivent être précisées par le fournisseur. Les systèmes d'accroche des membranes au digesteur doivent limiter les fuites de biogaz et dans l'idéal, une trappe d'accès ou tout au moins un débâchage partiel de la membrane doit être prévue avec une potence pour intervenir dans le digesteur et notamment lorsqu'une agitation mécanique a été choisie. Dans le cas de moteur immergé, des câbles de qualité supérieure doivent être préférés et une chaîne de sécurité doit être ajoutée.

Les conditions d'interventions doivent être précisées par le maître d'ouvrage (qui s'appuie lui-même sur les préconisations constructeur) et font

l'objet de procédures spécifiques au site. Dans le cas d'interventions lourdes comme le curage du digesteur, elles seront menées par des sociétés spécialisées. Toute intervention du personnel au niveau du digesteur, de quelque nature que ce soit, doit être encadrée et avoir fait l'objet d'une analyse des risques permettant de prévoir les moyens de prévention et de protection adaptés. La rédaction rigoureuse du permis de travail par points chauds (cf. fiche 3 « Travaux par points chauds ») mais également le contrôle de son application rigoureuse par les intervenants (souvent des sous-traitants) et un contrôle de la coordination des travaux sont des mesures de sécurité efficaces permettant de limiter les accidents.

Le système de rétention en cas de fuites de matière (cf. fiche 9 « Dispositif de rétention de stockage du digestat ») sera correctement dimensionné. Il peut être commun à d'autres ouvrages et son implantation est définie en fonction de la configuration du site (points bas).

D'un point de vue sécurité, pour une structure rigide, le dispositif de limitation d'une éventuelle surpression (événements, toits fragiles...) doit être dimensionné selon les règles de l'art pour assurer la protection contre la destruction et l'explosion du digesteur. Dans le cas d'une structure avec une enveloppe souple, celle-ci fait office d'évent d'explosion. Les digesteurs sont également équipés de soupape de sécurité qui empêchent d'avoir une dépression ou une surpression brutale (cf. fiche 7 « Soupape de sécurité hydraulique »).

Un système secouru en cas de coupure électrique doit être envisagé pour au minima alimenter le brasseur et les pompes (cf. fiche 1 « Connaissance et maîtrise des fuites et des émissions diffuses à l'atmosphère »).

Bonnes pratiques avant la mise en route

L'étanchéité du digesteur au gaz et vis-à-vis des matières liquides doit être vérifiée. Cependant, ce contrôle n'est pas simple à mettre en oeuvre pour des volumes importants ; les méthodes les plus utilisées étant le remplissage à l'eau sous pression (compresseur d'air) et la mesure de la pression différentielle pour contrôler les fuites lors de la mise en pression d'air. Les vérifications des serrages doivent être réalisées au préalable.

La conformité des fixations et des potences (notamment pour les systèmes mécaniques d'agitation) au cahier des charges constructeur et à la directive machine 2006/42/CE est vérifiée.

Bonnes pratiques en exploitation

Une procédure de détection de fuites est à prévoir (cf. fiche 1 « Connaissance et maîtrise des fuites et des émissions diffuses à l'atmosphère »).

Les niveaux de matière dans le digesteur et de biogaz produit et stocké doivent être surveillés pour identifier toute dérive. Les niveaux haut et bas de matières déclenchent une alerte. Ils peuvent être

également directement asservis à l'introduction des substrats. Le même principe pourrait être appliqué au stockage tampon de biogaz.

Les paramètres du process (température, pH...) et de la qualité du biogaz (CH₄, CO₂, H₂S, O₂)¹⁹ sont suivis pour identifier toute dérive, pouvoir intervenir rapidement et ainsi limiter les conséquences potentielles (intervention sur le digesteur, arrêt de la digestion...).

Un dysfonctionnement au niveau de la digestion est souvent détecté par un changement de production journalière ou de qualité de biogaz.

Une bonne connaissance des intrants (présence d'indésirables, inhibiteurs, composés toxiques pour les micro-organismes) est nécessaire pour les accepter ou non et assurer la balance nutritionnelle du digesteur.

En fonction des intrants, des prétraitements sont nécessaires pour garantir une alimentation adaptée du digesteur (balance nutritionnelle, retrait des indésirables autant que faire se peut, digestibilité des substrats...) et obtenir une viscosité permettant de limiter les problèmes de casse des brasseurs et des pompes d'alimentation, et les risques de bouchage des pompes et des canalisations de transfert de la matière.

La structure du digesteur et les canalisations associées doivent être inspectées visuellement pour identifier tout phénomène de corrosion et toute fuite gazeuse potentielle (cf. fiche 1 « Connaissance et maîtrise des fuites et des émissions diffuses à l'atmosphère »). Des fissures peuvent par exemple apparaître au cours du temps au niveau du béton. Lorsqu'une vidange ou une intervention lourde est prévue dans le digesteur, une inspection visuelle des parois intérieures et des matériaux présents (corrosion...) doit être demandée.

Annexe

Prescriptions réglementaires- Installations Classées soumises à la rubrique 2781-1

Les prescriptions reportées dans ce tableau sont extraites des arrêtés ministériels au 31/12/17 ; le lecteur est invité à se reporter aux textes eux-mêmes pour vérifier l'exhaustivité et les intitulés exacts des exigences applicables.

Prescriptions spécifiques	Autorisation > 60 t/j de matières traitées	30 t/j < Enregistrement < 60 t/j de matières traitées	Déclaration < 30 t/j de matières traitées
Arrêté	Arrêté du 10/11/09 (autorisation).	Arrêté du 12/08/10 : prescriptions générales applicables aux installations classées de méthanisation - enregistrement (rubrique n° 2781-1).	Arrêté du 10/11/09 (déclaration).
Distance d'implantation	La distance entre les digesteurs et les tiers est d'au moins 50 mètres.		
	Distance exacte fixée par arrêté préfectoral, établie à partir des études de dangers et d'impact.	Distance d'implantation de l'installation et de ses différents composants précisés dans dossier enregistrement.	Distance d'implantation de l'installation et de ses différents composants précisés dans dossier déclaration.
Phase démarrage installations	Vérification de l'étanchéité du ou des digesteurs, des canalisations de biogaz et des équipements de protection contre les surpressions et sous-pressions avant ou lors du démarrage et à chaque redémarrage consécutif à une intervention susceptible de porter atteinte à leur étanchéité. Consignation du contrôle et ses résultats sont consignés (Article 25).	Vérification de l'étanchéité du ou des digesteurs, des canalisations de biogaz et des équipements de protection contre les surpressions et sous-pressions avant ou lors du démarrage et à chaque redémarrage consécutif à une intervention susceptible de porter atteinte à leur étanchéité.	Vérification de l'étanchéité du ou des digesteurs, des canalisations de biogaz et des équipements de protection contre les surpressions et sous-pressions avant ou lors du démarrage et à chaque redémarrage consécutif à une intervention susceptible de porter atteinte à leur étanchéité (3.7.3).

19 - L'oxygène est suivi lorsque une injection d'air dans le digesteur ou le post-digesteur est réalisée pour réduire les teneurs en H₂S du biogaz

Prescriptions spécifiques	Autorisation > 60 t/j de matières traitées	30 t/j < Enregistrement < 60 t/j de matières traitées	Déclaration < 30 t/j de matières traitées
Cuves de méthanisation Soupape de respiration, évent d'explosion	Soupapes de sécurité implantées sur les équipements où processus de méthanisation a lieu. Leurs rejets à l'atmosphère éloigné d'un lieu de passage, Soupape dimensionnée pour passer les débits requis, conçue et disposée pour que son bon fonctionnement ne soit entravé ni par la mousse, ni par le gel, ni par quelque obstacle que ce soit. Contrôle de la disponibilité de la soupape dans le cadre du programme mentionné à l'article 39* et après toute situation d'exploitation ayant conduit à sa sollicitation (Article 38).	Equipements où processus de méthanisation a lieu, munis d'une membrane souple ou d'un dispositif de limitation des conséquences d'une surpression brutale en cas d'explosion. Si équipements dans des locaux, le dispositif ci-dessus complété par une zone de fragilisation de la toiture. Cuves de méthanisation équipées d'une soupape de respiration destinée à prévenir les risques de mise en pression ou dépression des équipements, dimensionnée pour les débits requis, conçue et disposée pour que son bon fonctionnement ne soit entravé ni par la mousse, ni par le gel, ni par quelque obstacle que ce soit. Dispositifs ne débouchant pas sur un lieu de passage. Contrôle régulier de leur disponibilité et après toute situation d'exploitation exceptionnelle ayant conduit à leur sollicitation (Article 31).	Equipements où processus de méthanisation a lieu, munis d'une membrane souple ou d'un dispositif de limitation des conséquences d'une surpression brutale en cas d'explosion. Si équipements dans des locaux, le dispositif ci-dessus complété par une zone de fragilisation de la toiture. Cuves de méthanisation équipées d'une soupape de respiration destinée à prévenir les risques de mise en pression ou dépression des équipements, dimensionnée pour les débits requis, conçue et disposée pour que son bon fonctionnement ne soit entravé ni par la mousse, ni par le gel, ni par quelque obstacle que ce soit. Dispositifs ne débouchant pas sur un lieu de passage. Contrôle régulier de leur disponibilité et après toute situation d'exploitation exceptionnelle ayant conduit à leur sollicitation (cf. 2.12).
Rétention	Cf. fiche 9 « Dispositif de rétention de stockage du digestat ».		

* Article 39 de l'arrêté du 10 novembre 2009 pour les installations à autorisation -Il concerne le programme de maintenance préventive
Un programme de maintenance préventive et de vérification périodique des canalisations, du mélangeur et des principaux équipements intéressant la sécurité (alarmes, détecteurs de gaz, injection d'air dans le biogaz...) est élaboré avant la mise en service de l'installation.

Soupape de sécurité hydraulique

Enjeux, problématique et périmètre

La gestion de la pression d'un réseau de biogaz²⁰ (pression nominale variant de quelques mbar à 10-30 mbar) est une des principales mesures de sécurité d'une unité de méthanisation : une pression mal contrôlée peut engendrer des relargages de biogaz à l'atmosphère induisant des risques d'explosion ATEX et l'émission importante de composés du biogaz (entre autres méthane, hydrogène sulfuré (H_2S), ammoniac (NH_3), composés organiques volatils (COV), etc.).

La maîtrise de la pression du réseau biogaz requiert la mise en œuvre de soupapes de sécurité, qui sont installées selon les règles de l'art sur des digesteurs, des post digesteurs et le stockage de biogaz.

En installations agricoles, les soupapes de sécurité sont majoritairement des soupapes à garde hydraulique.

Cette fiche recense les bonnes pratiques de gestion de ces soupapes.

Une soupape de sécurité est un appareil de robinetterie qui, placé sur une capacité contenant un fluide sous pression s'ouvre automatiquement pour une valeur prédéterminée de la pression du fluide (pression de tarage d'ouverture). La soupape est destinée à évacuer un certain débit de fluide puis à se refermer automatiquement lorsque la pression du fluide est descendue en dessous d'un certain seuil (pression de tarage de fermeture). Elle permet soit d'évacuer la surpression par l'émission de biogaz soit de compenser des dépressions à l'intérieur du digesteur, du post-digesteur ou encore du stockage de biogaz afin d'éviter un refoulement du substrat ou un éclatement de la membrane de stockage de biogaz. Elle peut être de type hydraulique ou bien mécanique.

La connaissance des principes de dimensionnement et des dysfonctionnements des soupapes de sécurité est un point essentiel tant pour la conception et l'exploitation, que pour l'entretien et la maintenance.

Les soupapes de sécurité les plus utilisées en France sont les soupapes hydrauliques et pour lesquelles la maintenance est essentielle. Une soupape hydraulique est fermée par un bouchon hydraulique (eau ou glycol) en fonctionnement normal (pression normale à l'intérieur du digesteur), qui s'ouvre en cas de surpression. Il est possible de corriger la pression de tarage de la soupape en ajoutant ou en retirant du liquide. La soupape peut éventuellement être plombée pour éviter toute modification du seuil de libération du biogaz.

Il existe également des soupapes mécaniques, disposant de palettes (aussi appelées coupelles) à contrepoids et/ou à ressorts. L'écoulement à travers la soupape est commandé par le poids de la palette ou la tension du ressort sur la palette pour maintenir le dispositif fermé. Lorsque la pression ou la dépression dans la capacité à protéger atteint la force de fermeture de la palette, celle-ci commence à se soulever du siège et permet un écoulement à travers la soupape. Ces soupapes peuvent être placées à l'intérieur des digesteurs pour éviter tout collage par le gel.

La fiche BADORIS de l'Ineris intitulée « soupape de sécurité »²¹ de novembre 2007 traite de ce type de soupape. Elle présente les différentes technologies rencontrées, en détaille les principes de fonctionnement et aborde les critères de performance attribués à ces dispositifs.

L'ouverture des soupapes de sécurité liée à une mise en surpression du digesteur peut survenir lors de phénomènes se produisant au sein du digesteur lui-même ou lors de défaillances ou de



Soupape de sécurité hydraulique



Soupape de sécurité hydraulique avec rejet de biogaz déporté

Définition et identification des risques

La régulation de la pression du réseau biogaz passe par la mise en place des dispositifs de sécurité suivants, à déclenchement successif et dont le tarage est fonction de la pression de service des équipements :

- une torchère ;
- une ou plusieurs soupapes de sécurité ;
- un dispositif de limitation des conséquences d'une surpression brutale (membrane souple, disque de rupture, évent d'explosion ou tout autre dispositif équivalent pour un digesteur à toit fixe).

20 - Réseau biogaz : réseau de collecte et de transfert du biogaz depuis sa production jusqu'à sa valorisation

21 - Cette fiche est disponible à l'adresse suivante : www.ineris.fr/badoris/Pdf/GIL/GIL_soupape_securite_V2_1.pdf

dysfonctionnements en amont ou en aval du digesteur. L'ouverture de la soupape peut également être liée à un dysfonctionnement de la soupape elle-même.

Fonctionnement normal des soupapes

Au sein du digesteur, la surpression peut être une conséquence d'une surproduction de biogaz par rapport au débit maximal théorique ou de la libération de biogaz (poche de biogaz, réduction de la couche flottante). Une surpression ponctuelle va conduire à une ouverture de la soupape le temps d'évacuer le débit responsable de cette surpression. Une surpression de plus longue durée peut avoir lieu lors d'une surproduction de biogaz. Cette surproduction provient par exemple de l'ajout de produits à haut pouvoir méthanogène, rapidement et en trop grande quantité mais peut être également la conséquence d'une consommation plus faible en aval.

La soupape est inefficace en cas de formation d'une couche étanche à la surface de la phase liquide (exemples : séchage du digestat qui forme alors une croûte, présence de matières plastiques, formation d'un film de matières en surface). Le gaz ne pouvant plus parvenir dans le ciel du digesteur, il s'accumule et génère une surpression dans la partie basse.

Des défaillances en amont sur le système de préparation des intrants peuvent conduire à une modification de la recette et donc potentiellement à une introduction non suffisamment proportionnée de matières à haute valeur méthanogène, de matières flottantes ou présentant une digestibilité moindre. Dans ce dernier cas, des dépôts de matières sont possibles conduisant à un volume utile plus faible.

Des dysfonctionnements en aval du digesteur peuvent avoir un impact sur la gestion du biogaz. Le biogaz produit alimente en premier lieu les étapes de valorisation, puis la torchère et enfin les équipements de stockage tampon et en dernier lieu les équipements de digestion. Par exemple en cas de maintenance ou d'arrêt du moteur de cogénération, si le site ne possède pas de torchère ou tout autre moyen de détruire le biogaz (chaudière ou autre), une partie du biogaz est en premier lieu stocké (volume disponible restant au niveau du stockage tampon) et le restant est rejeté par la soupape du digesteur et/ou du post-digesteur. Cette situation existe également en cas de problèmes simultanés sur la valorisation biogaz (moteurs ou autres) et la torchère en poste fixe. Ce cas peut se présenter lors d'une coupure électrique, la majorité des installations n'ayant pas de système secouru.

Du biogaz est également émis par les soupapes de sécurité au démarrage de l'installation. En effet, la mise en route (plusieurs mois) implique une montée progressive en charge du digesteur et donc une évolution progressive de la production de biogaz (qualité, débit). Le système de valorisation pourra accepter ce biogaz lorsque ce dernier aura atteint les conditions minimales requises. De même, lorsqu'elle est présente, la torchère en poste fixe de l'installation est dimensionnée pour des conditions nominales de fonctionnement du site, notamment en fonction du

taux minimal de méthane dans le biogaz, condition qui n'est pas aisément remplie durant cette période. Dans ce cas, soit elle ne peut pas s'allumer soit elle s'éteint par manque d'alimentation et se met en défaut. Le biogaz est alors évacué par les soupapes au niveau de la digestion. Pour atteindre le débit requis pour la mise en route de la torchère, le biogaz peut être stocké.

Remarque : Un mauvais dimensionnement de la torchère peut également conduire à une situation similaire, lorsque le débit d'alimentation doit être supérieur au débit réellement produit (situation rencontrée sur un site français). De même, une maintenance insuffisante du dispositif d'allumage de la torchère peut la rendre inactive et déclencher les soupapes de sécurité pour évacuer le surplus de biogaz

Dysfonctionnement des soupapes

Un défaut au niveau de la soupape peut induire des ouvertures intempestives. Dans certaines situations, la soupape ne s'ouvre pas alors que des surpressions ou dépressions se produisent dans l'équipement à protéger. Un endommagement de ce dernier est alors possible.

Une soupape de sécurité peut rester bloquée en fermeture ou en ouverture. Ce blocage total ou partiel peut avoir lieu suite à :

- gel ;
- mousse ;
- introduction de corps étrangers.

Dans le cas des soupapes hydrauliques, le niveau d'eau (garde hydraulique) doit être contrôlé fréquemment et remis à niveau après chaque ouverture sous peine que la soupape ne se referme pas si le reflux d'eau n'est pas automatique ou si le niveau d'eau est insuffisant.

Cadre réglementaire

La maîtrise du risque de surpressions / dépressions internes au travers de la mise en place de soupapes de sécurité est notamment encadrée par les différents arrêtés ministériels fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de méthanisation soumises à autorisation, enregistrement et déclaration sous la rubrique n°2781 de la nomenclature des ICPE.

Sur les réservoirs de stockage de gaz (gazomètre), ce dispositif est aussi appelé soupape de respiration, permettant d'évacuer de faibles niveaux de surpression / dépression (de l'ordre de 1 à 5 mbar). Sur les digesteurs, dans le cas où une soupape de respiration est présente, ce sont deux équipements bien distincts.

La torchère est couramment connectée directement en sortie des réservoirs de stockage de gaz. En cas d'arrêt de la valorisation du biogaz (panne ou maintenance) ou de surproduction de biogaz, le surplus de biogaz est brûlé à la torchère. La torchère est activée lorsqu'une pression seuil est détectée

dans le réservoir de stockage de gaz (ou par seuil associé à un niveau de remplissage dans le cas des stockages à volumes variables). Cette pression seuil est définie de telle manière que la torchère est toujours activée avant la soupape de surpression du réservoir de stockage. Ainsi, les rejets de biogaz dans l'atmosphère sont limités, tout comme le risque de formation d'une ATEX autour des soupapes de sécurité.

Les gaz dégagés par les soupapes doivent être déportés au-dessus des installations par une cheminée, dont l'orifice doit être situé à plus de 3 m au-dessus du dernier niveau accessible, et ce afin qu'une éventuelle inflammation du biogaz n'ait pas de conséquences significatives sur le personnel ou les équipements alentours.

Retours d'expérience terrain

Les soupapes de sécurité sont souvent citées comme sources de dysfonctionnement. Elles peuvent présenter divers défauts mettant en cause leur efficacité ou leur fiabilité, comme par exemple : colmatage par des phénomènes de moussage dans le digesteur, défauts au niveau de la garde hydraulique, entretien défectueux, défaut de conception (tarage par rapport à la pression de service du digesteur selon les intrants utilisés et par rapport à la pression d'allumage de la torchère, positionnement, etc.).

La surveillance régulière par les opérateurs des soupapes hydrauliques est essentielle. En effet, il est souvent nécessaire d'ajuster le niveau d'eau notamment après leur ouverture. Or pour ce faire, il faut être en capacité de détecter cette ouverture d'autant que cette situation peut se produire de manière répétée. La mesure de la pression dans le digesteur alerte sur les événements de surpression ou de dépression qui peuvent se produire et conduire à l'ouverture des soupapes de sécurité. Malheureusement cette surveillance est peu appliquée et pourtant les pertes de biogaz par les soupapes²² sont un phénomène bien réel.

Retours d'expériences accidentels :

Des dysfonctionnements de soupapes de sécurité ont été recensés, ils sont synthétisés ci-dessous :

- soupape bloquée par le gel :
- ARIA n°42739 - 01/02/2012 : une surpression dans le corps des digesteurs s'est produite suite à un défaut de fonctionnement de la torchère et des soupapes, dû au gel,
- février 1985 : deux digesteurs ont été détériorés suite à des surpressions non évacuées à cause du gel des soupapes et des pare-flammes. Des actions de traçage et de calorifugeage de ces équipements ont été mises en place,
- soupape bloquée en fermeture (cause inconnue)
 - ARIA n°42324 - 14/05/2008 : l'exploitant a dû ouvrir manuellement la soupape de sécurité d'un digesteur pour évacuer la surpression générée par un incendie au sein des installations ;

- plusieurs cas de soupapes bloquées en ouverture après avoir été sollicitées et s'être ouvertes, générant des rejets importants de biogaz à l'atmosphère ;
- feu-torche à la soupape - juillet 2006 : un coup de foudre sur le toit d'un digesteur entraîne un feu-torche au niveau des soupapes, déformées et donc fuyardes.

Bonnes pratiques

Conception

Le réglage de la soupape de sécurité à la conception doit être étudiée avec précision afin d'éviter des ouvertures de soupapes de sécurité associées à une non régularité de la pression du réseau biogaz.

Les soupapes de sécurité doivent être homologuées à la conception et être installées dans les règles de l'art par des experts reconnus. Elles sont généralement tarées en sortie d'usine avec la possibilité par la suite de contrôler et corriger la pression de tarage par l'ajout ou le retrait de contrepoids sur le bol de la soupape.

La conception des soupapes hydrauliques doit être prévue pour que le niveau d'eau reflue automatiquement dès que la surpression est évacuée et qu'une partie de l'eau ne puisse pas être éjectée lors du phénomène de surpression, ce qui permet à la soupape de se fermer complètement.

La conception doit également prendre en compte les situations de dysfonctionnement de la soupape (gel, mousse, introduction de corps étrangers,...).

Contre le gel il faut prévoir soit :

- des calorifuges mais cette solution a l'inconvénient de rendre difficiles les inspections ;
- l'implantation de traçages thermiques ou électriques permettant de garantir des températures positives.

Il convient également de privilégier les matériaux les moins « sensibles » aux effets du gel comme par exemple des sièges en téflon pour des soupapes. D'autres dispositifs de protection contre le gel peuvent être mis en place, comme l'ajout d'antigel dans le liquide, le chauffage de la soupape (mise en place d'une couverture chauffée par exemple), etc.

Il peut arriver qu'un phénomène de moussage ait lieu à l'intérieur du digesteur et encrasse ou bloque la soupape de sécurité. Pour limiter les conséquences de ce phénomène, des sondes de détection de mousse peuvent être mises en place dans les digesteurs. Certaines installations font le choix de surdimensionner le digesteur afin de limiter les conséquences des phénomènes de moussages. De plus en plus d'installations utilisent également une cuve de recette, située en amont du digesteur, permettant de tester le mélange de différents intrants et d'initier ces phénomènes de moussage à cette étape. Ils sont alors plus faciles à gérer car se produisent sur un volume plus faible.

La mise en place de grillage et de capot anti-intempéries au niveau des soupapes de sécurité

22 - Etat des lieux des connaissances en vue de la maîtrise des émissions de CH₄ et de N₂O des installations de méthanisation- Compléments au rapport INERIS-DRC-14-141736-12606A (février 2015), rapport référencé INERIS-DRC-15-149203-11836A

permet d'éviter que des corps étrangers ne s'y introduisent et les bloquent.

Afin d'améliorer l'étanchéité au niveau de la soupape de sécurité hydraulique, il est par exemple possible de mettre en place un coussin d'air au niveau du siège de la soupape. Cela peut permettre d'empêcher les fuites jusqu'à une valeur très proche de la pression de tarage et l'admission d'air jusqu'à une valeur très proche de la dépression réglée.

Maintenance

Pour garantir la capacité des soupapes hydrauliques à s'ouvrir ou se fermer complètement, un suivi renforcé doit être mis en place, suivi s'appuyant sur :

- la connaissance des pressions de service du digesteur et du post-digesteur et des pressions de tarage des soupapes de sécurité par l'exploitant ;
- la mise en place d'alertes concernant l'ouverture des soupapes. Le suivi de la pression dans le digesteur sera préféré. La baisse du niveau de biogaz stocké est souvent citée par les exploitants. Cependant, c'est un indicateur visuel qui nécessite donc la présence de l'exploitant et peut être lié à d'autres événements que l'ouverture de la soupape. Des capteurs de détection d'ouverture de la soupape semblent se développer ;
- les alertes pourraient notamment être intégrées au suivi automatisé de l'installation lorsque cette solution a été choisie ;
- la vérification régulière du niveau d'eau de la garde hydraulique (à chaque ronde) ;
- la protection de la soupape contre le gel (antigel ou isolation, calorifugeage autour de la soupape ou traçage thermique ou électrique) et contre l'évaporation liée au rayonnement solaire ;
- la vérification du fonctionnement des pièces mobiles. Ces contrôles sont à réaliser régulièrement, la fréquence étant à déterminer au cas par cas, en fonction des conditions d'exploitation des soupapes, de leur niveau de sollicitation, des risques associés, etc. Dans le cadre d'un programme de maintenance (à préciser par le constructeur), en fonction du contrat choisi par l'exploitant, une vidange et un nettoyage peuvent être réalisés entre 2 à 6 fois par an ;
- la vérification régulière de l'étanchéité entre la soupape et l'équipement et le renouvellement des joints au besoin ;
- le contrôle visuel de la corrosion compte tenu des composés présents dans le biogaz.

Suite à un phénomène de moussage, la soupape doit être inspectée voire nettoyée. En effet, la tuyauterie en amont de la soupape peut être équipée d'un piquage permettant l'injection d'eau pour la nettoyer après des épisodes de moussage.

Focus sur le contrôle du niveau de liquide

Dans le cas des soupapes hydrauliques, un niveau de liquide trop important (présence de condensats par exemple) ou pas assez important (pas de remise à niveau suite à sollicitation de la soupape par exemple) dans la garde hydraulique peut être constaté.

Un contrôle systématique de la hauteur de liquide et la mise en place d'un trop plein de sécurité pour éviter que le niveau monte avec les condensats permettent d'assurer un niveau acceptable de liquide dans la garde hydraulique de la soupape de sécurité.

Lorsque des campagnes spécifiques de détection de fuites sont mises en œuvre, les soupapes doivent être contrôlées (cf. fiche 1 « Connaissance et maîtrise des fuites et des émissions diffuses à l'atmosphère »).

Conception d'ouvrages de stockage du digestat

Enjeux, problématiques et périmètre

Le digestat doit être stocké dans des conditions permettant de garantir l'absence de pollution des sols et des eaux et de limiter les émissions atmosphériques. Les durées de stockage peuvent aller jusqu'à 9 ou 10 mois.

En méthanisation agricole à la ferme, centralisée ou territoriale, la valorisation principale du digestat²³ est l'épandage. Comme les périodes où celui-ci est autorisé sont peu nombreuses et courtes, la durée de stockage peut être relativement longue.

Le digestat peut être récupéré :

- directement en aval du digesteur ;
- en aval d'un post-digesteur. Le post-digesteur constitue alors une première phase de stockage et présente l'avantage d'être couvert, maintenu en température, et de capter le biogaz résiduel produit ;
- dans les deux cas, le digestat peut subir un post-traitement, qui le sépare en deux phases : liquide et solide.

Cette fiche ne concerne pas directement les stockages intermédiaires de courte durée (par exemple avant séparation de phase).

Il s'agit de limiter les situations susceptibles d'être à l'origine de la pollution des sols, des eaux souterraines et des eaux de surface et les émissions dans l'air susceptibles d'avoir des impacts sanitaires, olfactifs (NH_3 , H_2S , autres COV) ou ayant des conséquences sur le changement climatique (CH_4 , N_2O).

Définitions et identification des émissions et des risques

Les risques identifiés au niveau du stockage concernent les émissions gazeuses à l'atmosphère, les rejets de matières et les risques pour le personnel lors d'interventions ou de surveillance de l'ouvrage.

Différentes situations potentielles ont été identifiées, à savoir :

- Rupture du stockage/ Perte d'étanchéité brutale

Conséquences prévisibles : rejet massif de matières, effet de vagues - Exemple d'une perte d'étanchéité brutale suite à un choc avec un véhicule ;

- Mauvaise étanchéité du stockage

Problème de conception, évolution dans le temps due à la réactivité / agressivité du matériaux par les matières stockées ;

- Perte d'étanchéité au cours du temps

Fuites « faibles » de matières sur des durées importantes ;

- Débordements :

Par exemples en cas d'excès de remplissage, de fortes pluies.

Ces critères doivent permettre de déterminer si la conception respecte un niveau de protection « acceptable » compte-tenu des risques identifiés.

Les risques identifiés sont la pollution des sols, des eaux souterraines, des eaux de surfaces et les émissions dans l'air susceptibles d'avoir des impacts sanitaires, olfactifs (NH_3 , H_2S , autres COV) ou ayant des conséquences sur le réchauffement climatique (CH_4 , N_2O).

La non couverture du stockage peut engendrer :

- une perte d'azote par volatilisation (émission d'ammoniac) donc une moins bonne qualité agronomique du digestat ;
- une dilution par les eaux pluviales, qui a pour conséquence des coûts de transport plus importants, des coûts de stockage également plus importants avec la nécessité de prévoir des capacités plus importantes ;
- des risques de débordement de matières plus importants lors de pluies abondantes / orageuses.

Cadre réglementaire

La prévention de ces situations et leur maîtrise se traduisent en exigences réglementaires au niveau de la conception et de l'exploitation de l'installation de méthanisation.

Les principales exigences recensées sont généralement applicables aux différents régimes de classement au titre des ICPE (déclaration, enregistrement, autorisation).

Elles concernent notamment l'importance de l'implantation de l'ouvrage par rapport aux tiers et en tenant compte de la sensibilité du milieu (présence de cours d'eau, de captage d'eau...). Le stockage doit être correctement dimensionné à partir :

- d'une durée de stockage suffisante pour intégrer les périodes où l'épandage n'est pas possible, la période la plus longue pendant laquelle l'évacuation ou le traitement de digestat est impossible. Ce stockage peut également être assuré par un prestataire ;
- d'un volume de stockage de l'ensemble du digestat (solide et liquide).

La conception doit être réalisée pour assurer l'étanchéité de l'ouvrage et limiter les émissions associées. L'entreposage du digestat liquide est conçu, pour les installations à autorisation, avec une

captation et un traitement des émissions résiduelles sauf si l'étude d'impact justifie l'acceptabilité de mesures alternatives.

Le stockage de digestat est également couplé à une rétention spécifique ou intégrée à l'installation. Dans le cas de structure enterrée, pour laquelle la rétention n'est pas possible, un système de drainage est mis en place pour collecter les fuites.

Retour d'expérience terrain

Différentes techniques de stockage du digestat existent sur le terrain :

- fosses de stockage type fosse à lisier (béton, ouvrage maçonné) ;
- réservoirs acier ouverts / couverts ;
- citernes souples ;
- bassins de stockage ouverts ou couverts ;
- plateforme de stockage de la phase solide du digestat.

Des conseils et des exigences de conception pour le stockage de lisier sont regroupés en annexe car ils présentent des informations utiles à la conception des installations de stockage de matières semi-liquides. Ils proposent notamment des éléments constructifs spécifiques aux lagunes ou aux fosses. Pour limiter les émissions, des ratios surface sur volume ou la couverture sont proposés afin de réduire les surfaces émissives.

D'une manière générale, peu d'installations présentent une couverture au niveau du stockage de digestat. Il en est de même pour les stockages de digestat liquide en installations à autorisation.

Bonnes pratiques

Les points auxquels les exploitants doivent être attentifs lors de la conception du stockage du digestat sont :

- Critères environnementaux
 - protection des sols et des eaux : limiter les fuites à la conception (choix des matériaux, capacités, niveaux d'imperméabilité) ; prévoir une surveillance des fuites (consignes à adapter en fonction des ouvrages) ;
 - limitation des émissions et des impacts : couvrir voire extraire le biogaz, surface d'échange avec l'atmosphère réduite, réduction de la température de stockage, réduction des variations importantes de température, baisse du pH ;
- Critères technologiques
 - stabilité du digestat à stocker. Cette stabilité influe sur les émissions potentielles du digestat,

notamment les émissions de méthane, N_2O et d'odeurs. Elle est liée au temps de séjour (digesteur et post-digesteur) du digestat avant stockage et des intrants utilisés (potentiel méthanogène escompté et réactivité). Par contre, la perte d'azote par volatilisation (émissions d'ammoniac) quel que soit le niveau de stabilité du digestat sera toujours présente. Cette volatilisation peut être réduite avec les méthodes présentées ci-avant (cf. limitation des émissions et des impacts) ;

- volumes à stocker ;
- caractéristiques du digestat à stocker : après un post-traitement, deux phases différentes sont à stocker : phases solide et liquide.

Les bonnes pratiques générales en matière de conception et d'exploitation sont listées ci-dessous :

- la conception devrait prévoir un pompage aval du digestat plus aisé, plus sûr (protection de l'opérateur et de sa santé). Le digestat doit être homogénéisé avant pompage ;
- la capacité de stockage est définie pour une durée de stockage suffisante et adaptée en fonction de la présence ou non d'ouvrages de post-digestion. Elle doit permettre de stocker l'ensemble du digestat produit durant cette période mais également les précipitations (ouvrages ouverts) et les eaux de lavage contaminées par les matières si nécessaire ;
- l'étanchéité est vérifiée à la mise en service de l'ouvrage ;
- l'étanchéité et l'intégrité des ouvrages sont contrôlées régulièrement – contrôle visuel des installations au cours de l'année et une observation plus précise est prévue annuellement et consignée pour permettre d'évaluer l'éventuel besoin d'intervention sur l'ouvrage ;
- les matériaux pourraient avoir une garantie de durée de vie minimale (actuellement 10 ans en France) de 20 ans (durée de vie préconisée par le Royaume-Uni) et en fonction de la sensibilité des milieux jusqu'à 50 ans²⁴ ;
- les couvertures des stockages peuvent être fixes ou flottantes ;
- la couverture fixe avec extraction du biogaz sera préférée dans le cas où la stabilité du digestat est insuffisante (temps de séjour digestion / post-digestion insuffisant au regard du mélange de matières traitées) et/ou en fonction de la sensibilité de l'environnement (proximité de tiers,...).

En fonction des typologies d'ouvrage, différentes solutions sont proposées dans le tableau 1 suivant, pour tenir compte de la classification réglementaire de l'installation, des quantités à stocker et des risques associés.



Conception d'un bassin de stockage



Citerne souple



Réservoir semi-enterré de stockage de digestat

Type ouvrage	Matériaux	Etanchéité	Tests étanchéité	Rétention (cf fiche dispositifs de rétention)	Contrôle de fuites
Fosse ou réservoir - ouvrage couvert	Béton/ béton armé/ acier	Membrane (intérieure - à étudier)	Oui	Oui	- Rétention (cf. fiche 9 «Dispositif de rétention de stockage du digestat») et contrôle visuel des fuites. - Contrôle des niveaux et des débits entrants / sortants.
Fosse ou réservoir - ouvrage non couvert	Béton/ béton armé/ acier	Membrane (intérieure - à étudier)	Oui	Oui	- Rétention (cf. fiche 9 «Dispositif de rétention de stockage du digestat») et contrôle visuel des fuites. - Contrôle des niveaux et des débits entrants / sortants.
Fosse ou réservoir enterré ou semi-enterré, ouvrage couvert	Béton/ béton armé/ acier	Double membrane	Oui	Non	Système drainant avec système de détection de fuite. Contrôle des niveaux et des débits entrants / sortants.
Fosse ou réservoir semi-enterré - ouvrage non couvert	Béton/ béton armé/ acier	Double membrane	Oui	Non	Système drainant avec système de détection de fuite. Contrôle des niveaux et des débits entrants / sortants.
Bassin de stockage-couverture à envisager en fonction des surfaces	géomembranes	géomembranes		Oui (gérée par la double-membrane)	Système drainant avec système de détection de fuite. Contrôle des niveaux.
Citerne souple	PVC	Double-membrane	Oui	Oui	Au niveau rétention.
Plateforme	béton	Oui	Non	Non mais récupération des lixiviats	Etanche. Prévoir un bassin de collecte des lixiviats, eaux de lavage.

Tableau 1 : synthèse des bonnes pratiques par type d'ouvrage, avec ou sans couverture.

(1) : la réglementation SSAFO (UK) préconise 300 mm

(2) : la réglementation SSAFO (UK) préconise 750 mm

Consignes autres	Paramètres de choix
- Attention à la réalisation des joints et trappes d'accès. - Avec ou sans extraction du biogaz en fonction de la stabilité digestat.	Si pas de présence de post-digester ou si grande quantité stockée ou zone sensible / vulnérable. Adapté au digestat brut et à la phase liquide du digestat (couverture conseillée pour installation à autorisation).
Limiter les émissions au maximum : - Prévoir une hauteur suffisante entre niveau haut de digestat et le bord de l'ouvrage (1) – objectif limiter l'influence du vent et la dilution par la pluie. - Conception telle que le rapport surface/ volume est faible. - Limiter les variations de température : isoler l'ouvrage ou l'implanter de manière à limiter l'influence directe du soleil (ex acier), appliquer une couleur réfléchissante... -Agitation juste avant pompage pour épandage (pas d'agitation continue). Capacité de stockage doit intégrer les précipitations et éventuellement les eaux de lavage.	Présence d'un post-digester (temps de séjour plus long) ou zone peu sensible (émissions) / distances importantes-par rapport aux tiers Applicable au : - digestat brut et - phase liquide du digestat (pour installations à déclaration ou enregistrement).
- Attention à la réalisation des joints et trappes d'accès. Avec ou sans extraction du biogaz en fonction stabilité digestat.	Si pas de présence de post-digester ou si grande quantité stockée ou zone sensible. Adapté au : - digestat brut et - phase liquide du digestat.
Limiter les émissions au maximum : - Prévoir une hauteur suffisante entre le niveau haut de digestat et le bord de l'ouvrage (1) – objectif limiter l'influence du vent et la dilution par la pluie. - Conception telle que le rapport surface/ volume soit faible. - Limiter les variations de température : isoler l'ouvrage ou l'implanter de manière à limiter l'influence directe du soleil (ex acier), appliquer une couleur réfléchissante... -Agitation juste avant pompage pour épandage (pas d'agitation continue). Capacité de stockage doit intégrer les précipitations et éventuellement les eaux de lavage.	Présence d'un post-digester (temps de séjour plus long) ou zone peu sensible / distances importantes-par rapport aux tiers. Applicable au : - digestat brut et - phase liquide du digestat (pour installations à déclaration ou enregistrement).
- prévoir une hauteur libre entre le niveau haut et le bord (2). - système de détection de fuite. - perméabilité du sol à 10^{-9} m/s (cf. Fiche dispositifs de rétention) pour 0,5 m minimum. - attention au poinçonnement des membranes lors des pompages / curages notamment si décantation de matières.	Digestat liquide après post-digestion Faibles quantités à stocker.
Gestion des pressions lors du remplissage, pompage et lors d'une augmentation de température.	
Limiter les hauteurs de stockage et adapter la dimension du stockage largeur / hauteur.	Phase solide du digestat.

Annexes

Prescriptions réglementaires en France

Les prescriptions reportées dans ce tableau sont extraites des arrêtés ministériels au 31/12/17 ; le lecteur est invité à se reporter aux textes eux-mêmes pour vérifier l'exhaustivité et les intitulés exacts des exigences applicables.

Prescriptions spécifiques	Installations soumises à AUTORISATION (A2) Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées supérieure ou égale à 60 t/j	Installations soumises à ENREGISTREMENT Rubrique 2781-1 quantité de matières traitées inférieure à 60 t/j et supérieure ou égale à 30 t/j	Installations soumises à DÉCLARATION Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées inférieure à 30 t/j
Arrêté	Arrêté du 10/11/09 : règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de méthanisation soumises à autorisation (rubrique n°2781-1).	Arrêté du 12/08/10 : prescriptions générales applicables aux installations classées de méthanisation - enregistrement (rubrique n° 2781-1).	Arrêté du 10/11/09 : règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de méthanisation soumises à déclaration (rubrique n°2781-1).
Distance d'implantation	à au moins 35m des puits et forage de captage d'eau extérieur au site, des rivages et berges des cours d'eau. La distance minimale par rapport aux tiers est déterminée dans les arrêtés préfectoraux (base : distances évaluées dans étude d'impact / étude de danger) (Article 4).	à au moins 35m des puits et forage de captage d'eau extérieur au site, des rivages et berges des cours d'eau (Article 6).	- ne sont pas situés dans le périmètre de protection rapproché d'un captage d'eau destinée à la consommation humaine ; - distants d'au moins 35 mètres des puits et forages de captage d'eau extérieurs au site, des sources, des aqueducs en écoulement libre, des rivages et des berges des cours d'eau (Annexe I - 2.1).
Dimensionnement	Dimensionnement et exploitation pour éviter tout déversement dans le milieu naturel- capacité suffisante pour stocker l'ensemble du digestat (liquide et solide) produit sur la période la plus longue pendant laquelle son évacuation n'est pas possible. Sinon, ce stockage peut être assuré par un prestataire qui dispose d'une capacité complémentaire (Article 9).	Durée de stockage suffisante pour couvrir les périodes où épandage n'est pas possible - capacité évaluée pour une période de stockage minimale de 4 mois (Article 34).	Dimensionnés et exploités de manière à éviter tout déversement dans le milieu naturel. Ils ont une capacité suffisante pour permettre le stockage de la quantité de digestat (fraction solide et fraction liquide) produit pendant au moins quatre mois ou pendant une période correspondant à la plus longue période pendant laquelle son évacuation ou son traitement n'est pas possible. *disposition non applicable si l'exploitant ou un prestataire dispose de capacités de stockage sur un autre site et est en mesure d'en justifier la disponibilité. (Annexe I- 2.15).
Limitation nuisances	Installation équipée, conçue et exploitée telle que émissions aussi réduites que possible. Dispositifs d'entreposage des digestats liquides équipés des moyens de captage et de traitement des émissions résiduelles- sinon étude impact justifie acceptabilité et mesures alternatives. (Article 19).	Dispositifs d'entreposage conçus, dimensionnés pour ne pas être source de gêne ou de nuisances ni source de pollution des eaux ou des sols par ruissellement ou infiltration. Le déversement dans le milieu naturel des trop-pleins est interdit. Ouvrages de stockage des digestats liquides sont imperméables et maintenus en parfait état d'étanchéité. Si stockage à air libre, clôture et dispositifs de contrôle d'étanchéité. (Articles 17, 34 , 49).	L'installation est conçue, équipée, construite et exploitée de manière à ce que les émissions d'odeurs soient aussi réduites que possible, et ceci tant au niveau de la réception, qu'à celui du stockage et du traitement du digestat et de la valorisation du biogaz. (Annexe I - 3.7.1).

Prescriptions spécifiques	Installations soumises à AUTORISATION (A2) Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées supérieure ou égale à 60 t/j	Installations soumises à ENREGISTREMENT Rubrique 2781-1 quantité de matières traitées inférieure à 60 t/j et supérieure ou égale à 30 t/j	Installations soumises à DÉCLARATION Rubrique 2781-1 : quantité de matières traitées inférieure à 30 t/j
Clôture et Signalétique	Clôture d'une hauteur minimale de 2 mètres (interdire toute entrée non autorisée à l'intérieur du site). Si implantation sur le même site qu'une autre installation classée dont le site est déjà clôturé, une simple signalétique peut être suffisante (à justifier par exploitant dans l'étude d'impact) (Article 5).	Clôture de la zone de stockage ou moyen équivalent- si le stockage est réalisé sur autre site, en plus de clôture du site, une signalétique doit être mise en place (Article 17).	L'installation est ceinte d'une clôture de manière à interdire toute entrée non autorisée. La zone affectée au stockage du digestat peut ne pas être clôturée si l'exploitant a mis en place des dispositifs assurant une protection équivalente. Pour les installations implantées sur le même site qu'une autre installation classée dont le site est déjà clôturé, une simple signalétique est suffisante (Annexe I – 2.5.1).
Rétention	L'installation est munie d'un dispositif de rétention étanche, éventuellement réalisé par talutage, d'un volume au moins égal au volume du contenu liquide de la plus grosse cuve (but : retenir à l'intérieur du site le digestat ou les matières en cours de traitement si débordement ou perte d'étanchéité du digesteur ou de la cuve de stockage du digestat). Pour les cuves enterrées (si impossibilité justifiée dans l'étude d'impact de mettre en place une cuvette de rétention), un dispositif de drainage est mis en place pour collecter les fuites éventuelles. Un réseau de surveillance permet de suivre l'impact des installations sur la qualité des eaux souterraines. L'arrêté préfectoral spécifie les paramètres à surveiller et la fréquence de leur contrôle (Article 42).	Les réservoirs ou récipients contenant des produits incompatibles ne sont pas associés à une même rétention. L'installation est en outre munie d'un dispositif de rétention, le cas échéant effectué par talutage, d'un volume au moins égal au volume du contenu liquide de la plus grosse cuve, qui permet de retenir le digestat ou les matières en cours de traitement en cas de débordement ou de perte d'étanchéité du digesteur ou de la cuve de stockage du digestat. Pour les cuves enterrées, en cas d'impossibilité de mettre en place une cuvette de rétention, justifiée dans le dossier d'enregistrement, un dispositif de drainage est mis en place pour collecter les fuites éventuelles (Article 30).	L'installation est en outre munie d'un dispositif de rétention, le cas échéant effectué par talutage, d'un volume au moins égal au volume du contenu liquide de la plus grosse cuve, qui permet de retenir le digestat ou les matières en cours de traitement en cas de débordement ou de perte d'étanchéité du digesteur ou de la cuve de stockage du digestat. Pour les cuves enterrées, en cas d'impossibilité de mettre en place une cuvette de rétention, justifiée dans le dossier de déclaration, un dispositif de drainage est mis en place pour collecter les fuites éventuelles. Annexe I – 2.10

Sans être directement liés à l'activité de méthanisation, d'autres textes sont intéressants pour définir le référentiel de bonnes pratiques. Par exemple, l'Arrêté du 26/02/02 relatif aux travaux de maîtrise des pollutions liées aux effluents d'élevages, et particulièrement son annexe II (cahier des charges pour la réalisation d'ouvrages de stockage des effluents liquides issus des exploitations d'élevage) est à prendre en compte.

Thème	Prescriptions
Exigences générales	Fascicules, recommandations et normes applicables
Exigences de l'utilisateur	L'étanchéité de l'ouvrage doit être assurée : la structure et les revêtements qui peuvent lui être adjoints doivent être compatibles avec les caractéristiques physico-chimiques du produit à stocker ainsi qu'avec les autres contraintes du milieu. La résistance et la durabilité de l'ouvrage doivent être telles que sa pérennité soit assurée pour toute la durée prévue de son utilisation dans les conditions normales de son exploitation, connues des divers intervenants, et au minimum sur la durée pendant laquelle s'exerce la garantie. L'exploitation de l'ouvrage, et tout particulièrement la gestion des effluents (déversement, brassage, reprise...), doit être rendue simple par une conception appropriée ; l'entretien doit en être aisé. Dans certains cas, une couverture de l'ouvrage pourra être requise²⁵, de façon à limiter les émanations de gaz vers l'atmosphère, les nuisances olfactives qui pourraient en résulter pour les riverains ainsi que le stockage inutile des eaux de pluie.
Conception des ouvrages (Spécifiques au lisier, consignes sur la qualité des bétons)	Le constructeur doit s'assurer de la nature des sols en profondeur et se garantir contre les risques de détérioration de l'ouvrage du fait, entre autres, de l'action des eaux souterraines (soulèvement, notamment par variation du niveau des eaux, mais aussi de poussée résultant de l'existence d'une nappe phréatique). Dans certains cas, une étude spécifique des sols s'intéressant aux conditions de portance, à la variation de niveau des nappes phréatiques, au potentiel fermentescible du sol, aux conditions de stabilité des sols et aux charges éventuelles de proximité est nécessaire. L'opportunité d'une telle étude doit être appréciée par le constructeur. La plus grande vigilance est demandée, notamment dans le cas de fosses enterrées. Pour les ouvrages étanchés par géomembrane non protégée, l'action des agents climatiques (principalement les ultraviolets) devra également être considérée. L'exploitation ne doit pas mettre en péril l'ouvrage. Aussi, la conception de l'ouvrage et les calculs de résistance devront notamment prendre en compte : • pour le pompage, le brassage, la reprise des effluents : la circulation et le stationnement d'engins agricoles à proximité de l'ouvrage induisant des contraintes mécaniques supplémentaires et pouvant nécessiter la réalisation d'accès et d'aires de stationnement stabilisés ; • pour le brassage ou la reprise des effluents, dans les ouvrages étanchés par géomembrane principalement : des zones doivent être prévues et conçues à ces effets pour limiter le risque d'endommagement de la géomembrane ; les systèmes de brassage et de reprise doivent impérativement être fixes et installés selon les préconisations du poseur de la géomembrane ; • pour le curage : l'accès d'engins en fond de fosse et la circulation d'engins dans la fosse, uniquement s'ils sont explicitement prévus par le poseur, nécessitent la mise en place, pour les ouvrages étanchés par géomembrane, d'un système antipoinçonnement. • La conception des ouvrages étanchés par géomembrane devra être telle qu'elle permette de limiter les interventions humaines à proximité de la géomembrane au motif d'exploitation de l'ouvrage.
Qualité des matériaux	Qualité requise pour les bétons, géomembranes, armatures et systèmes d'imperméabilisation.
Réalisation des ouvrages	Dans le cas de fosses couvertes, il faudra veiller à ce que les calculs de résistance tiennent compte des contraintes supplémentaires qui pourraient résulter de la présence d'une couverture et de l'effet de confinement, le cas échéant (surpression due au dégagement gazeux).
Contrôle technique des ouvrages	Spécifications pour la réception des ouvrages, procédures de contrôle des bétons, des ouvrages en géomembranes et des poches souples.

25 - A noter la couverture est une Meilleure Technique Disponible (MTD) dans le cas des installations d'élevages intensifs soumises à la Directive émissions industrielles (IED)

Thème	Prescriptions
Responsabilités, garanties, assurances	Le constructeur est responsable pendant 10 ans de tout désordre compromettant la solidité de l'ouvrage ou le rendant impropre à sa destination. Pour les ouvrages étanchés par géomembrane, la garantie décennale sera apportée, d'une part, par le fabricant pour la fourniture et, d'autre part, par le poseur pour sa connaissance des règles de l'art relatives aux géomembranes. La garantie portera ainsi sur la conception de l'ouvrage, compte tenu du type d'effluents qu'il sera amené à contenir et des modalités de son exploitation, la fourniture et la pose de la géomembrane ainsi que sur les équipements nécessaires au bon fonctionnement et à la pérennité de l'ouvrage. Il est bon de vérifier que le fabricant a bien souscrit à une responsabilité civile « produits » qui englobe un volet décennal. Il est fortement conseillé à tous les intervenants, y compris au maître d'ouvrage, de souscrire une assurance de responsabilité civile « atteinte à l'environnement ».
Investissements éligibles	Les ouvrages de stockage des lisiers et autres effluents liquides à réaliser conformément aux prescriptions du cahier des charges (annexe 2) feront l'objet d'une garantie décennale. Lorsque l'ouvrage existant ne peut être réutilisé en raison de caractéristiques insuffisantes pour garantir une bonne étanchéité, celui-ci pourra être désaffecté par empierrement sur toute sa hauteur. Le contrôle de la conformité de la réalisation des ouvrages de stockage du lisier et des autres effluents liquides d'un volume supérieur à 250 m ³ par un contrôleur technique agréé ou par un organisme accrédité par le COFRAC est éligible (Article 9).
Taux maximum de subventions	Couverture des fosses à lisier : le coût plafond est de 38 Euros par mètre carré (Article 11).

Quelques consignes à l'étranger

Royaume-Uni

BCS (Biofertiliser Certification Scheme) Guidance et règles de certification du digestat

Ces textes préconisent que le stockage du digestat soit couvert si le digestat est transporté sur différentes installations agricoles. Par contre si il est directement épandu sur les terres de l'installation, le stockage n'a pas l'obligation d'être couvert.

Waste exemption - T24: anaerobic digestion at premises used for agriculture and burning resulting biogas

Les installations traitant majoritairement du lisier avec des capacités inférieures à 1 250 m³ (en stockage ou traitement à tout instant) y sont soumises. Aucune consigne spécifique pour le stockage du digestat n'y est définie.

Standard rules SR2010 n°16 - On-farm Anaerobic digestion facility including use of the resultant biogas (regulations 2010) : Ce document établissait des règles pour des installations de méthanisation de capacité <75 000 t/an et utilisant des déchets. Les digestats devaient être stockés dans des réservoirs fermés ou des lagunes couvertes. Les capacités et la conception des équipements devaient être adaptées. Les lagunes devaient présenter une hauteur libre de 750 mm par rapport au bord.

Allemagne, Danemark et Autriche

La couverture des stockages de digestat est incitée par l'intermédiaire des subventions versées - l'objectif est de réduire les émissions de méthane (voir IEA Task 37 - "Utilisation of digestate from biogas plants as biofertiliser").

Bonnes pratiques identifiées au niveau de l'élevage

Ces bonnes pratiques ne sont pas spécifiques des installations de méthanisation, mais concernent de façon plus générale les stockages d'effluents d'élevage.

Le Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage (2010, IFIP, Institut de l'élevage et ITAVI) propose une fiche « stockage des effluents liquides (lisier) » qui constitue une fiche commune aux différents élevages couverts. Les bonnes pratiques décrites dans cette fiche ont pour objectifs de réduire les émissions d'odeurs et d'ammoniac, éviter la dilution du lisier par les eaux de pluie et éviter toute pollution diffuse à accidentelle. Pour les réservoirs / fosses en béton ou acier : équipements imperméables, inspections régulières, agitation juste avant épandage ou couverture des fosses. Dans le cas d'une lagune, imperméabilité (teneur en argile des sols suffisante ou double géomembrane), système de détection de fuites, couverture de la fosse par couverture plastique ou flottante

Le BREF IRPP - élevage industriel - présente les meilleures pratiques disponibles pour le stockage des effluents d'élevage issues d'élevages intensifs de poulets (plus de 40 000 places), porcs de plus de 30 kg (plus de 2 000 places) et de truies (plus de 750 places). Même si les techniques présentées sont applicables aux installations soumises à l'IED (Directive sur les émissions industrielles), elles représentent des bonnes pratiques à considérer pour les élevages moins intensifs. Sont reprises les bonnes pratiques générales pour réduire les émissions et la pollution des sols qui peuvent être appliquées au digestat.

D'une manière générale, le stockage doit être conçu pour limiter la surface d'échange avec l'atmosphère.

Pour le fumier : le stockage est réalisé sur une surface imperméable équipé d'un système de collecte des rejets ; la capacité doit permettre de stocker l'ensemble de la production de fumier durant les périodes où l'épandage n'est pas autorisé.

Pour le lisier (Meilleure technique disponible 8D) :

- pour les lagunes : couverture par une couverture flexible ou flottante, réduction de l'agitation ;
- réservoirs et lagunes : prévoir une hauteur libre entre le niveau du stockage et le bord haut de l'ouvrage suffisante pour diminuer l'influence du vent (réduire les émissions) ;
- réduire le ratio surface / volume pour diminuer les échanges avec l'atmosphère : (ratio idéal diamètre/ hauteur entre 1 :3 et 1 :4).

Pour limiter la pollution des sols et des eaux (Meilleure technique disponible 8E) :

- concevoir un ouvrage de stockage résistant aux influences mécaniques, chimiques et thermiques ;
- prévoir une capacité suffisante pour stocker l'ensemble de la production de lisier durant toute la période où l'épandage n'est pas possible ;
- prévoir des ouvrages de stockage et équipements associés étanches - équipements pour la collecte et le transfert du lisier (pompes, canalisations...) ;
- concevoir la lagune avec un sol et des bords imperméables avec couverture d'argile ou plastique (voire double peau) ;
- prévoir un système de détection de fuites i.e. géomembrane associée à une couche de drainage et système de tuyaux de drainage et regard de contrôle ;
- vérifier l'intégrité structurale du stockage au moins 1 fois par an.

Dispositif de rétention de stockage de digestat

Enjeux, problématiques et périmètre

L'objectif d'un dispositif de rétention est de retenir les matières émises de manière incidentelle ou accidentelle sur une durée suffisante (a priori relativement courte – de quelques heures à quelques jours suivant les situations) pour que des actions correctives puissent être mises en œuvre. Ce système doit permettre de collecter les matières issues du stockage des digestats en l'occurrence en cas de fuite ou de rupture de la capacité de stockage.

Définitions et identification des émissions et des risques

Le dispositif de rétention est un moyen de protection de l'environnement vis-à-vis d'une pollution des eaux et des sols.

Ce dispositif (ou cuvette de rétention) est défini comme un système construit (base voire murs) autour d'une zone où des matières potentiellement polluantes sont manipulées, traitées ou stockées afin de collecter et retenir sur le site les fuites et les émissions massives de matières et de liquides.

Cadre réglementaire

Les exigences concernant les dispositifs de rétention sont applicables aux différents régimes de classement au titre des ICPE (déclaration, enregistrement, autorisation).

L'installation doit être munie d'un dispositif de rétention étanche, éventuellement réalisé par talutage, d'un volume au moins égal au volume du contenu liquide de la plus grosse cuve, qui permet de retenir à l'intérieur du site le digestat ou les matières en cours de traitement en cas de débordement ou de perte d'étanchéité du digesteur ou de la cuve de stockage du digestat.

Pour les cuves enterrées, en cas d'impossibilité justifiée dans l'étude d'impact de mettre en place une cuvette de rétention, un dispositif de drainage est mis en place pour collecter les fuites éventuelles. Un réseau de surveillance permet, au besoin, de suivre l'impact des installations sur la qualité des eaux souterraines (installations soumises à autorisation).

Retour d'expérience terrain

Pour évaluer la durabilité des sols traités, le CIRIA²⁶ propose une durée de vie de 20 ans avec maintenance²⁷ ; valeur applicable aux bassins de stockages et constructions à base de sol. Pour l'évaluer il faut se

baser sur un ouvrage vide soumis aux conditions météo (doit inclure la durée de vie et le comportement des matériaux utilisés tels que les membranes).

L'expérience acquise par l'Ineris dans le domaine des installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND), permet d'apporter un éclairage pour le traitement du sol et les niveaux de perméabilité : la conductivité hydraulique²⁸ des sols naturels est très variable et généralement comprise entre les gammes de $10^{-4}/10^{-5}$ m/s (sables peu limoneux) à des valeurs de $10^{-6}/10^{-8}$ m/s pour les limons faiblement argileux, la conductivité hydraulique des argiles ou des sables argileux étant encore plus faible. Les sols en place peuvent donc ne pas présenter de garanties de limitation du débit d'infiltration au vu de la grande variété des situations rencontrées.

Les deux traitements les plus classiques du sol (chaux ou bentonite) ont été envisagés pour la rétention :

- sol traité à la chaux : les caractéristiques mécaniques sont améliorées (maniabilité, mise en place plus facile, stabilité) mais cela ne concerne pas la conductivité hydraulique du sol : la conductivité hydraulique du matériau compacté reste proche de celle du sol de départ compacté. Ce traitement du sol peut être nécessaire pour améliorer la qualité mécanique de surface en phase travaux (implantation de la fosse ou de la rétention dans des sols de mauvaise portance au moment de l'intervention), mais ne permet pas d'offrir une sécurité complémentaire vis-à-vis de l'infiltration dans les sols.
- sol argileux ou traité à la bentonite : une conductivité hydraulique faible (pouvant atteindre 10^{-9} m/s) peut être obtenue en ayant recours à de l'argile (si disponible sur site) ou en traitant le sol avec de la bentonite (cas le plus fréquent). Ce traitement du sol est réalisable d'autant plus facilement que la conductivité hydraulique initiale du sol est faible et que celle recherchée est dans la gamme de 10^{-6} - 10^{-8} m/s : un objectif de 10^{-7} m/s est ainsi facilement atteignable pour la plupart des sols.

Dans la majorité des situations rencontrées, la rétention est réalisée sur un sol traité.

Remarque : en fonction du type de sol, certains traitements ne permettront pas d'atteindre l'objectif et l'utilisation de géomembrane s'avérera alors nécessaire. Dans ce cas, un traitement simple / compactage du sol doit être prévu pour limiter les risques de poinçonnement de la membrane par des cailloux ou autres éléments perçants.

L'utilisation d'une géomembrane implique une gestion des eaux pluviales.

26 - CIRIA : Construction Industry and Research Information Association

27 - Containment systems for prevention of pollution –secondary, tertiary and other measures for industrial and commercial premises”, rapport C 736, 2014

28 - Conductivité hydraulique : l'aptitude d'un milieu poreux à laisser passer un fluide sous l'effet d'un gradient de pression

Bonnes pratiques

Spécifications

Différents critères doivent être pris en compte pour la conception de la rétention.

Le niveau d'imperméabilité du sol peut être ici par définition moins contraignant que dans le cas de stockage en ISDND (cf. fiche 8 « Conception d'ouvrages de stockage du digestat ») car il ne s'agit pas d'un stockage en tant que tel et les durées sont plus courtes. Une exception cependant concerne le sol sous le bassin de stockage (type lagune) ou les zones classées sensibles pour lesquels des consignes plus contraignantes seront proposées. En fonction du type de sol naturel et de son humidité, ce dernier peut être traité (argile, bentonite...) et être compacté (nombre de passage et poids des machines de compaction, épaisseur de la couche) pour atteindre un niveau de perméabilité souhaité.

La stabilité du sol est importante sur la durée. La conception doit être réalisée correctement afin de garantir :

- la durabilité de la structure ;
- la capacité.

La conception de la rétention doit permettre la détection des fuites.

Solutions proposées

Modes de rétention possibles :

- cuvette maçonnée en béton ;
- sol traité pour atteindre un niveau minima d'imperméabilité qui sera associé au besoin à un merlon ou un talus – Les niveaux d'imperméabilité proposés s'entendent pour une hauteur minimale de 50 cm.

Conception des rétentions

D'une manière générale, la (les) rétention(s) doit être conçue en tenant compte de la topographie du site et de la vulnérabilité du milieu vis-à-vis d'une pollution par les matières. Il faut tenir compte de la présence ou non de points bas sur le site permettant d'assurer la collecte et la rétention de matières et de jus provenant de différents ouvrages, identifier le besoin d'une rétention spécifique autour d'un ouvrage ou d'une rétention commune.

• Dimensionnement :

La capacité de rétention doit permettre de contenir le volume de la plus grosse cuve associée à la rétention ;

La rétention doit contenir l'ensemble de l'ouvrage y compris les équipements de remplissage et de vidange ;

• Etanchéité / perméabilité :

D'une manière générale, la perméabilité des structures évolue au cours du temps. Il faut donc en tenir compte à la conception.

Pour les stockages aériens (fosses, réservoirs acier et citernes souples), la rétention devrait être conçue de manière à respecter une perméabilité de 10^{-6} / 10^{-8} m/s. Une perméabilité à 10^{-8} m/s sera préférée dans le cas d'une sensibilité importante du milieu.

Pour le sol des bassins de stockage (exemple des lagunes), la perméabilité recherchée sera de 10^{-9} m/s. Les solutions possibles vont du traitement du sol au traitement du sol associé à une géomembrane.

Pour les stockages semi-enterrés, il n'y a pas à proprement parlé de rétention de l'ouvrage. Par contre, les stockages doivent être équipés pour permettre le drainage et la détection de fuites (cf. fiche 8 « Conception d'ouvrages de stockage du digestat »).

Dans le cas de rétention maçonnée, l'imperméabilité est conditionnée par la qualité de la construction. Par exemple, un soin particulier devra être apporté pour éviter les bullages (béton), pour réaliser les joints et limiter les fissures.

• Résistance aux agressions mécaniques et physico-chimiques

Les rétentions pourraient avoir une durée de vie estimée à 20 ans avec un programme d'entretien et de maintenance adapté – proposition (UK) pour les sols traités.

La stabilité : la rétention doit être conçue pour résister aux contraintes mécaniques, physiques et chimiques. Le remblai et le talutage doivent permettre l'accès et supporter la charge de véhicules pendant la maintenance ou le pompage des matières, rester stable lors d'un pompage rapide ou d'un remplissage rapide, résister à l'érosion provoquée par de fortes pluies ou par l'eau utilisée en cas de lutte contre un incendie et aux vagues provoquées par le vent ;

Le talutage : il sera conçu pour résister aux effets de vagues créées lors d'une rupture de l'ouvrage de stockage. Ce talutage peut être envisagé autour du stockage ou intégrer différents équipements (à condition de matières compatibles : digesteurs...) si la conception du site le permet (pentes, imperméabilité des sols, capacité de pompage et récupération des matières...). L'objectif est de s'assurer que les matières ne seront pas dispersées dans l'environnement. Le talutage au plus près du stockage sera préféré si les volumes stockés sont importants et / ou en fonction de la sensibilité/ vulnérabilité du milieu. Aucune canalisation ne doit traverser le mur de protection ou le talutage du système de rétention.

Maintenance et surveillance

Les structures de rétention doivent faire l'objet d'une maintenance et de contrôles réguliers. Ces surveillances ont pour objet de vérifier l'état de la structure (présence de fissures par ex) après l'hiver notamment, et d'intervenir pour corriger les éventuels défauts. Les contrôles réguliers doivent également permettre de s'assurer que les eaux de pluie sont bien récupérées et ne stagnent pas au niveau de la rétention. Avant d'évacuer les eaux, il faut s'assurer qu'elles ne sont pas contaminées. De ce fait, les pompes manuelles seront préférées par rapport aux pompes automatiques, elles ne seront mises en route qu'après vérification de la contamination potentielle. De même, les systèmes de vidange gravitaire ne sont pas applicables aux systèmes de rétention.

Remarque : les ouvrages de rétention ne doivent pas servir de lieu d'entreposage, même temporaire, d'objets (fûts, bâches...) ou d'outils.

Annexe

Quelques consignes à l'étranger

UK

« Standard rules SR2010No15 - Anaerobic digestion facility including use of the resultant biogas (regulations 2010) » : règles établies pour des installations de méthanisation de capacité <75 000 t/an

Tous les stockages doivent être placés sur une surface imperméable (conductivité hydraulique d'au moins 10-9 m/s). La capacité de cette zone correspond au

volume le plus important entre 110 % du plus gros réservoir ou 25% du volume total de stockage.

Les rétentions doivent être contrôlées régulièrement pour s'assurer que les eaux de pluie sont régulièrement vidées. Aucune canalisation ne doit traverser le mur de protection ou le talutage.

« Standard rules SR2012 No 10 -On-farm anaerobic digestion facility using farm wastes only, including use of the resultant biogas » - installations de capacité < 100 t/j

En cas de défaillances, de débordements, de fuites, les matières doivent pouvoir être contenues et récupérées.

Gestion du biogaz en fonctionnement dégradé

Enjeux, problématiques et périmètre

En fonctionnement normal, le biogaz produit dans une installation de méthanisation est valorisé en continu (combustion, cogénération, unité de séchage, unité d'épuration pour être injecté dans un réseau de distribution ou de transport de gaz naturel ou être utilisé à usage carburant).

En cas d'indisponibilité momentanée des équipements de valorisation du biogaz (panne ou arrêt de la cogénération / épuration / injection, % CH_4 trop faible...) ou en cas de surcapacité ponctuelle de la production de biogaz, il est nécessaire de gérer le biogaz produit en continu afin notamment d'éviter la montée en pression du biogaz dans le digesteur et dans le réseau biogaz.

Cette fiche traite de la prévention des risques (rejet de biogaz, incendie, explosion) associés à ces situations dégradées.

Définition et identification des risques

La pression du biogaz produit par le digesteur évolue en fonction des conditions internes de production dans le digesteur et de l'utilisation en aval des unités de valorisation du biogaz. La pression a une incidence sur le fonctionnement des procédés :

- une pression trop basse interdit ou interrompt la valorisation directe du biogaz en sortie de digesteur ;
- une plage de pression du ciel du digesteur (qqc mbar à dizaines de mbar environ) permet l'alimentation directe des équipements de valorisation ;
- une pression haute indique que la valorisation est hors service ou insuffisante pour consommer le biogaz produit.

Afin d'éviter le franchissement d'une pression dangereuse, il est nécessaire d'en évacuer le biogaz. Le rejet direct dans l'environnement n'est pas souhaitable il représente une pollution atmosphérique du fait des polluants toxiques contenus dans le biogaz (H_2S , NH_3) et de la contribution du méthane et du dioxyde de carbone à l'effet de serre.

L'élimination du biogaz en torchère (pouvant brûler l'excédent de biogaz ou la totalité du biogaz produit) ou bien le stockage du biogaz (stockage tampon au niveau du digesteur ou du gazomètre) permettent d'éviter ce rejet direct.

Cadre réglementaire

Les exigences relatives au traitement du biogaz en fonctionnement dégradé varient en fonction du régime de classement des installations.

L'AMPG (déclaration) ne précise pas de prescription qui régit cet aspect. Il est seulement précisé

(§ 6.4. Composition du biogaz et prévention de son rejet) « Le rejet direct de biogaz dans l'air est interdit en fonctionnement normal ».

L'AMPG (enregistrement : Art.32 Destruction du biogaz) et l'AMPG (autorisation : Art.10 Destruction du biogaz) indiquent la prescription réglementaire suivante : « L'installation dispose d'un équipement de destruction du biogaz produit en cas d'indisponibilité temporaire des équipements de valorisation de celui-ci. Cet équipement est muni d'un arrête-flammes conforme à la norme EN 12874 ou ISO 16852. Dans le cas d'utilisation d'une torchère, le dossier d'enregistrement (ou l'étude d'impact) en précise les caractéristiques essentielles et les règles d'implantation et de fonctionnement. Dans le cas où cet équipement n'est pas présent en permanence sur le site, l'installation dispose d'une capacité permettant le stockage du biogaz produit jusqu'à la mise en service de cet équipement ».

Retour d'expérience terrain

Le stockage du biogaz agricole est principalement assuré par les volumes des ciels des digesteurs et post digesteurs pour lesquels la technologie de la double membrane souple se développe (il existe très peu de réservoir de biogaz ou de gazomètres indépendants dans des installations de méthanisation agricole),

L'existence de torchère fixe n'est pas systématique mais est considérée de plus en plus comme une bonne pratique professionnelle (certains sites ne sont pas équipés de torchère et sollicitent une torchère mobile en cas de nécessité). De plus, l'entretien et la maintenance du dispositif d'allumage n'est pas rigoureusement réalisé par l'exploitant, ce qui conduit parfois à des dysfonctionnements d'allumage de la torchère, qui ne s'allume pas lorsqu'elle est sollicitée.

En 2005, une fuite de biogaz a eu lieu sur un digesteur. Le digesteur étant fissuré, le méthane s'échappait vers l'extérieur, entraînant la mise en place d'un périmètre de sécurité et l'évacuation de riverains. Deux torchères ont alors été mises en service pour brûler le biogaz contenu dans le digesteur avant d'effectuer des réparations.

En 2012, un endommagement accidentel du réseau de stockage du biogaz contraint une unité de méthanisation de boues digérées à brûler du biogaz à la torchère. Lors d'une période de grand froid, la vanne d'alimentation de la torchère et les brûleurs ont gelé. Le service de maintenance est intervenu avec des dispositifs de soufflage d'air chaud et du calorifugeage, mais pendant les 30 minutes de l'intervention environ 180 Nm^3 de biogaz ont été rejetés à l'atmosphère pour éviter une surpression dans le digesteur. L'enquête menée par l'exploitant

montre que des sondes de pression installées dans les digesteurs de boues ont gelé, provoquant des perturbations de la mesure de pression. L'automate de conduite a alors déclenché la coupure de l'alimentation en biogaz du gazomètre et de la torchère depuis les digesteurs, provoquant ainsi l'extinction de la torchère et le gel progressif de ses brûleurs et de sa vanne d'alimentation en position fermée. Suite à cet incident, l'exploitant met en place une surveillance spécifique des courbes de pression dans les digesteurs et définit des consignes d'exploitation en cas de fluctuation des pressions dans les digesteurs par temps froid (dégel des sondes) et de panne de la torchère (isolement de la torchère et arrêt des digesteurs).

Dans les jours qui suivent, des dispositifs de réchauffage automatique des éléments sensibles de la torchère (traçage) sont installés en plus des calorifugeages et les soupapes de sécurité des digesteurs sont sécurisées pour éviter le blocage par le gel.

En 2014, sur un site de méthanisation agricole, une torchère fixe a été inopérante car la batterie d'allumage de la torchère avait été utilisée le matin pour pouvoir remplacer la batterie déchargée du tracteur.

En 2016, suite à l'arrêt des moteurs de valorisation d'une installation de méthanisation, la torchère était supposée prendre le relais. Cependant un défaut mécanique d'allumage a empêché le démarrage de la torchère, et l'agent d'astreinte n'a pas été prévenu en raison d'un problème internet. Du biogaz a été dégagé pendant toute une nuit, le défaut n'étant décelé qu'au matin.

En 2013, sur un site de méthanisation agricole, suite à une panne du dispositif d'allumage du moteur de cogénération, le biogaz a été relargué à l'atmosphère durant 3 jours le temps de récupérer une torchère mobile. Cette dernière a été utilisée encore pendant plusieurs jours, puisque la panne à l'origine de l'arrêt du dispositif de cogénération n'a été identifiée et réparée qu'au bout d'une semaine (défaut de la carte mère du dispositif d'allumage du moteur).

Bonnes pratiques

En cas de dysfonctionnement des unités de valorisation du biogaz, et afin d'assurer la sécurité du digesteur / post digesteur et du réseau de biogaz, dont la pression nominale varie de quelques mbar, la bonne pratique consiste à équiper ces équipements des dispositifs de sécurité suivants (à déclenchement successif) dont la pression de tarage est fonction de la pression de service des équipements :

- l'alimentation de l'excès de biogaz dans un dispositif de stockage du biogaz (si existant ce qui n'est pas systématique) ;
- l'allumage d'un équipement de destruction du biogaz (une torchère, une chaudière d'appoint) ;
- une soupape de sécurité : les gaz dégagés par la soupape de sécurité doivent être déportés au-dessus des installations par une cheminée, dont

l'orifice doit être situé à plus de 3 m au-dessus du dernier niveau accessible, et ce afin qu'une éventuelle inflammation du biogaz n'ait pas de conséquences significatives sur le personnel ou les équipements alentours. Le fonctionnement de ce dispositif de sécurité est traité spécifiquement dans la fiche 7 « Soupape de sécurité hydraulique » ;

- un disque de rupture (dont la pression de rupture est fonction de la tenue des divers ouvrages tout en veillant à avoir cette pression supérieure aux autres organes de sécurité, d'autant plus que la forme du toit, ses matériaux et sa conception influe sur la pression de rupture), pour des digesteurs et post digesteur à toit rigide ;
- ou sinon la double membrane souple pour les digesteurs souples (pression de rupture de quelques dizaines de mbar) qui joue le rôle d'évent de protection contre la surpression liée à une explosion ATEX interne ou physique, liée au dysfonctionnement des dispositifs de sécurité précédents.

NB : il est possible d'utiliser d'autres systèmes de sécurité équivalents.

Le dispositif de stockage du biogaz (réservoir de gaz tampon, gazomètre) permet notamment de réguler la production du biogaz. Deux techniques principales sont utilisées : les gazomètres à double membrane souple et les gazomètres en matériaux rigides. Ils servent notamment à absorber le surplus de production ou à conserver le biogaz en cas d'arrêt des dispositifs de valorisation (moteur cogénération, épuration et injection réseaux etc.). Ils permettent aussi d'éviter de l'éliminer à la torchère. Le stockage de biogaz assure à la fois une fonction d'exploitation et de sécurité.

La torchère (ou autre dispositif de destruction du biogaz tel qu'une chaudière d'appoint) est connectée directement en sortie des réservoirs de stockage de gaz (le plus souvent le digesteur). En cas d'arrêt de la valorisation du biogaz (panne ou maintenance) ou de surproduction de biogaz, en l'absence de dispositif de stockage ou lorsque celui-ci est plein, le surplus de biogaz y est brûlé. La pression seuil de déclenchement est définie de telle manière que la torchère est toujours activée avant la soupape de sécurité du réservoir de stockage ou du digesteur.

Le réservoir de stockage et la torchère doivent faire l'objet d'un plan d'entretien et de maintenance rigoureux (cf. fiche 5 « Programme d'entretien et de maintenance »).

Les réservoirs de stockage de gaz (stockages tampon et gazomètres)

Un réservoir de stockage de gaz (gazomètre, digesteur, post digesteur...) a deux fonctions :

- fonction de régulation du procédé : stockage de biogaz quand la production de biogaz est supérieure à la capacité de valorisation et déstockage lorsque la production devient insuffisante au regard de

la demande de valorisation, dans un mode de fonctionnement normal ;

- fonction de sécurité : pressurisation du réseau biogaz afin de garantir sa pression nominale de fonctionnement ; notamment le gazomètre peut apporter un volume de gaz en cas de vidange brutale d'un digesteur et le remplir en biogaz évitant ainsi des entrées d'air par dépression du digesteur ; capacité tampon pour gérer les situations dégradées résultant de pannes ou d'indisponibilité des systèmes de valorisation.

Conception des réservoirs de stockage de gaz

Les réservoirs de stockage sont maintenant le plus souvent des gazomètres à double membrane.

Les mesures suivantes devront être prévues pour détecter et prévenir tout arrachement, toute montée en pression de biogaz, prévenir toute surpression à l'intérieur du gazomètre et toute libération de biogaz entre les deux membranes :

- les stockages volumétriques de gaz (type gazomètre) doivent être équipés d'une sonde de niveau de remplissage ;
- le réservoir de stockage de gaz doit être équipé d'une détection CH_4 (explosimètre), installée au niveau du registre d'équilibrage entre les deux membranes, de soupape de sécurité en cas de dépression / surpression accidentelle (assurant la protection du gazomètre en cas de surpression accidentelle) ;
- il est recommandé de mettre en place une surveillance spécifique de pression et de définir des procédures d'exploitation en cas de surpression, ou en cas de fluctuations inhabituelles, notamment par temps froid (possibilité de gel des sondes). Le détecteur de pression et les équipements de sécurité associés doivent être contrôlés régulièrement afin de garantir leur bon fonctionnement.

Pour assurer sa fonction de gestion des situations dégradées, le réservoir de stockage de gaz doit, en fonctionnement normal disposer d'une capacité libre suffisante pour accueillir le surplus de gaz à évacuer en situation dégradée. Cette nécessité doit être prise en compte lors de son dimensionnement et de l'exploitation.

La principale problématique des membranes à simple peau, lorsqu'elles ne sont pas armées, est le risque de déchirure et de fuite importante de biogaz. En termes de recommandation, la membrane à double peau réduit ce risque si elle est composée d'une membrane interne (perméable au méthane, enduction résistante aux agents agressifs présents dans le ciel gazeux (COV, AGV...), résistante au déchirement et à la traction) et d'une membrane externe dite de « protection » et résistante mécaniquement aux événements climatiques et qu'elle soit traitée antistatique sur sa face interne.

Les dispositifs d'ancrage des équipements du réservoir de stockage du biogaz, en particulier ceux utilisant des matériaux souples, sont conçus pour maintenir l'intégrité des équipements même en cas de défaillance de l'un de ces dispositifs.

L'installation d'un système de secours (groupe électrogène, batterie, ondules...) est recommandée afin de garantir le fonctionnement des équipements de suivi de pression, des agitateurs et le gonflage de la bache du réservoir de stockage de gaz en cas de coupure de courant.

Implantation des réservoirs de gaz

Les réservoirs de stockage de gaz sont éloignés de toute source d'inflammation en particulier des torchères. Les distances minimales à respecter résultent d'une étude de dispersion et de flux thermique dans le cadre d'une étude des dangers (à minima à 10 m de toute source d'inflammation).

Les torchères

La torchère, pour assurer sa fonction de sécurité, doit être prête à fonctionner et dimensionnée pour éliminer le débit maximal de production de biogaz. La torchère en poste fixe de l'installation est dimensionnée pour fonctionner avec une certaine proportion de méthane dans le biogaz (environ 20% minimum) et n'est donc pas adaptée pour le régime de montée en charge.

La torchère doit s'arrêter uniquement par défaut de pression d'entrée.

La torchère est équipée des dispositifs suivants : un brûleur d'allumage et le brûleur principal, un dispositif de détection de flamme et de température, une chambre de combustion résistante au vent, une tuyauterie de biogaz, un arrête-flammes, des vannes, des tuyauteries de drainage de condensat, une armoire électrique, et des accessoires (la tête du brûleur, l'isolation thermique) et d'une unité de commande du brûleur. Il existe plusieurs technologies de déclenchement de torchère. Deux principales peuvent être citées :

- Détection de seuil de pression dans le réservoir de stockage de gaz ;
- Démarrage sur des seuils haut de niveau dans le gazomètre (pour les gazomètres à volume variable).

Bonnes pratiques pour l'implantation et l'exploitation des torchères pour l'élimination du biogaz

Implantation de la torchère : Les torchères doivent être positionnées de manière adéquates afin de prévenir tout danger pour les personnes et tout risques d'incendie à l'intérieur et à l'extérieur de l'unité de méthanisation. Il est donc conseillé de la placer à 10 m minimum du digesteur, de l'unité de combustion, de l'unité d'épuration et de tous combustibles, pour

éviter la propagation d'un éventuel incendie. Si cette préconisation est inapplicable, des murs coupe-feu peuvent également convenir. L'évacuation des gaz de la torchère doit se faire à 3 m minimum au-dessus du sol et à 10 m minimum des bâtiments ou passages publics.

Traitement du biogaz avant envoi en torchère : Lorsqu'un système de traitement du biogaz est présent, il est recommandé d'installer le dispositif de destruction du biogaz en amont du système de traitement et de valorisation du biogaz.

Temps d'allumage : Le temps d'allumage de la torchère quand elle est à l'arrêt doit être inférieur au temps nécessaire pour provoquer une ouverture des soupapes des unités de digestion qui alimentent cette torchère.

Pression du gaz : La pression minimale nécessaire d'alimentation en gaz (pression de débit) de la torchère doit être agréée entre le fabricant et l'opérateur pour chaque système de torchère. Une pression insuffisante d'alimentation en gaz peut entraîner l'extinction de la flamme, notamment lorsqu'il y a du vent ou dans d'autres conditions spéciales de fonctionnement (grandes fluctuations du niveau de remplissage du réservoir de stockage du gaz).

Elimination des condensats : L'accumulation d'eau dans le système de torchage et les canalisations doit être évitée. Au bas de la torchère, un dispositif de drainage doit être installé pour collecter et décharger l'eau de condensation.

Vannes de sécurité et autres vannes : De manière générale compte tenu du fait que les torchères constituent un élément de sécurité qui doit fonctionner en situation d'urgence, la simplicité dans le séquençage de leur démarrage et du nombre d'équipements nécessaires à ce démarrage doit être favorisé.

Arrête flamme : La torchère doit être munie d'un arrête-flammes (EN ISO 16852) placé entre la soupape de gaz principale et le brûleur pour éviter la propagation des flammes vers la source de biogaz et / ou le stockage du biogaz.

Un arrête flamme (AF) est un dispositif qui doit assurer deux fonctions de sécurité dans le cas où le réseau de collecte de biogaz véhicule une ATEX gazeuse vers la torchère et où la flamme de la torchère enflamme cette ATEX :

- l'AF doit arrêter la propagation de la flamme vers l'amont ;
- l'AF doit également empêcher que, si une flamme s'est propagée depuis la torchère jusqu'à la face aval de l'AF, puis qu'elle s'est maintenue pendant quelque temps sur cette face aval et en a chauffé le corps, une flamme ne s'amorce sur la face amont par effet d'auto-inflammation et se propage vers l'amont du réseau.

Prévention du gel : le gaz produit par les unités de méthanisation est généralement chargé en humidité, cette problématique est donc à prendre en compte pour le choix et la maintenance des canalisations de l'unité de méthanisation.

Les canalisations, le réservoir de gaz, les soupapes de sécurité, les tuyaux d'évacuation des condensats doivent être conçus pour résister au gel (munis d'un maintien en température (traçage) qui peut être électrique ou par circulation de fluide, notamment pour les équipements devant gérer l'évacuation des condensats en point bas) ; ceci de façon à ce que les installations, et notamment la torchère, restent opérationnelles en permanence.

Il est également conseillé de disposer d'un système de soufflage à air chaud, pour pouvoir intervenir en cas de gel impromptu sur les installations (ces dispositifs de prévention du gel permettent de limiter les séquences d'allumage de la torchère).

De plus, il est recommandé de réaliser les tuyauteries en pente (min 1 %) pour assurer un écoulement et une récupération des condensats en points bas. Seuls ces points bas sont alors à protéger.

Protection contre la chaleur : En partie inférieure de la torchère, un écran de protection thermique doit être utilisé si nécessaire pour éviter les risques de dommages en raison des contraintes thermiques sur les matériaux (risque de dilatation et de fuite de biogaz). Pour éviter le risque de brûlure, les températures de parois extérieures doivent être inférieures à 50°C, sinon un grillage de protection est nécessaire.

Il faut tenir compte de la résistance thermique des matériaux utilisés, résistance pour laquelle, par exemple, des notifications ou une attestation d'examen du fabricant doivent être présentées.

Protection contre la foudre et mise à la terre : La flamme doit être protégée contre les impacts de foudre conformément à la norme CEI 62305 et correctement mise à la terre conformément aux bonnes pratiques industrielles.

Manuel d'exploitation, d'entretien et de maintenance : Le fabricant de la torchère doit fournir un manuel pour l'exploitation, l'entretien et la maintenance en version anglaise et en version dans la langue maternelle de l'utilisateur de la torchère.

Pour les situations d'urgence et les travaux de maintenance à l'extérieur, l'alimentation en gaz des torchères doit pouvoir être coupée manuellement aussi près que possible de l'équipement de consommation. Les positions « ouvert » et « fermé » doivent être identifiables ou étiquetées.

Test de la torchère : En cas de défaut des vannes de sécurité, des fuites importantes peuvent avoir lieu par la conduite d'alimentation de la torchère. Avant de démarrer la torchère, la détection automatique des fuites (et, le cas échéant, la détection des gaz) doit être testée ainsi que la fonction de la soupape d'arrêt de sécurité automatique de la torchère et la génération d'alarmes. Ce peut être testé par le logiciel avant de démarrer avec du gaz. La vanne automatique doit

être ouverte et fermée automatiquement en fonction des pressions spécifiées. Il est aussi souhaitable de vérifier si la vanne est fuyarde (tests de fuite à différentes pressions).

En outre, la purge de la torchère avec du gaz inerte doit être effectuée avant de démarrer avec du gaz ou du biogaz. Ces démarrages automatiques doivent être testés correctement.

Fonctionnement de la torchère : La torchère doit être prête à fonctionner et pouvoir éliminer la totalité du volume de biogaz présent dans l'unité de méthanisation. De plus, un système de secours (groupe électrogène) doit être installé afin de maintenir ou mettre en service les torchères en cas de panne électrique. Il est recommandé d'utiliser des torchères à allumage automatique plutôt que des torchères à allumage manuel qui présentent quelques inconvénients (la torchère à allumage manuel nécessite un temps d'allumage, l'opérateur « oublie » de la lancer ou ne peut tout simplement pas la démarrer à distance en cas d'urgence).

Entretien et inspection de la torchère

Les torchères doivent être régulièrement inspectées

par un fournisseur de services qualifié afin de déterminer la détérioration des matériaux, vannes, joints, instruments... La fréquence de ces inspections doit être décrite dans le manuel d'exploitation du fournisseur avant le début de l'opération. Une inspection annuelle est recommandée.

Références

Retour d'expérience des visites Ineris de 22 installations de méthanisation (2014 à 2016) : Valorisation des bonnes pratiques du terrain [Présentation Ineris aux 5èmes journées de la méthanisation MOLETTA 2016 (Chambéry)].

Unité de méthanisation agricole, intégrer la sécurité dans une installation de méthanisation. Groupama, 2016.

Guide d'application des exigences réglementaires et pratiques pour les installations de digestion de boues de station d'épuration d'eaux usées (2016, SIAAP).

Biogas, Safety first ! Lignes directrices pour l'utilisation sans risque de la technologie du biogaz. Fachverband biogas German biogas association, 2016.

ANNEXE

Revue de l'accidentologie des installations de méthanisation (base ARIA du BARPI)

L'analyse par l'Ineris des incidents et accidents recensés par mots clés (digestat, méthanisation, biogaz, H₂S) dans la base de données descriptives ARIA du BARPI* aboutit à l'identification de 86 événements (chaque événement correspond à un n°ARIA permettant de le rechercher dans la base ARIA) sur une période de 1992 à 2017 [68 cas en France, 18 cas à l'étranger (14 en Allemagne, 1 en Italie, 1 en Suisse, 1 en Autriche, 1 en G-B)]. Ces 86 événements ont eu lieu dans des types variés d'unités de méthanisation : agricole (n°ARIA cités en gras ci-après), territoriale, industrielle et station d'épuration urbaine. Ils correspondent aux situations incidentelles et accidentelles suivantes.

Emissions gazeuses ou fuite de biogaz pour 39 cas recensés / rejet ou fuite de matières pour 10 cas recensés :

Fuites de biogaz sur une canalisation (n°44662), de vannes / joint (n°43522, n°44307, n°47799). Arrachement de conduite de biogaz (n°42731). Fuite de biogaz du digesteur (n°29407, 42923). Débâchage ou déchirure de membrane souple (**n°40476, n°47764**). Relargage de biogaz à la soupape de sécurité du digesteur suite à dysfonctionnement de la torchère (n°42739, n°47808). Emissions de NH₃ lors de la phase de stockage et de maturation du digestat (n°48883). Fuite de digestat et pollution de ruisseau (**n°42341**). Pollution aquatique suite à déversement de 400 000 l de lisier (**n°42315**). Déversement au sol de 5 000 L de lisiers suite à une défaillance d'une pompe par trop plein de remplissage d'une cuve à lisier (**n°42317**). Pollution aquatique suite à un écoulement de jus d'intrants (**n°46437**), suite à rupture d'un réservoir de lisier (n°42319). Débordement lié à un moussage dans un digesteur agricole (**n°49169**). Défaillance d'un joint sur une vanne provoquant le déversement de 1 600 m³ de substrat de fermentation de maïs d'une unité de production de biogaz (n°42320). Perte d'étanchéité du digesteur suite à usure prématurée de type corrosion chimique (n°41671, n°49287)...

Incendie pour 18 cas recensés :

Incendie dans un silo de stockage de levure (**n°42321**). Incendie dans deux digesteurs agricoles (**n°42342**). Incendie d'origine malveillante (incendie volontaire) dans un hangar contenant des intrants (**n°47601**). Incendie d'origine électrique dans un local technique (**n°45489, n°48605**). Incendie d'une turbine de la centrale de cogénération (n°49015)...

Explosion et/ou éclatement physique pour 15 cas recensés :

Explosion d'une cuve de stockage de biogaz (**n°42322**). Explosion suivie d'un incendie se produit dans l'unité de méthanisation d'une ferme laitière (**n°42325**). Explosion d'un digesteur en phase de démarrage (**n°42314**). Eclatement de 2 digesteurs (n°32040) en cours de mise en service. Explosion de digesteur suite à travaux (**n°46329, n°11345**). Surpression dans le corps des digesteurs suite à un défaut de fonctionnement de la torchère et des soupapes de sécurité, dus au gel (n°42739)...

Intoxication du personnel à des émanations d'H₂S pour 7 cas recensés :

Formation d'H₂S par mélanges de déchets incompatibles (n°21081). Décès et intoxication à l'H₂S d'opérateurs lors du nettoyage d'une fosse à lisier (**n°43729**). Emanations d'H₂S dans une usine de production de biogaz (n°15747, n°28200, n°31000). Chute mortelle d'un salarié dans une fosse à déchets suite à intoxication à l'H₂S (n°32381).

Les conséquences par ordre d'importance sont des dommages matériels importants (26 cas), la pollution de l'air (25 cas de rejet de biogaz à l'atmosphère), la pollution des sols (19 cas de rejet ou fuite de digestat), la pollution aquatique (10 cas de pollution de cours d'eau suite au rejet ou fuite de digestat au sol) et des intoxications à l'H₂S (7 cas avec principalement des blessés et plusieurs décès).

Les principaux équipements impliqués sont le digesteur, les vannes et tuyauteries, les fosses et cuves, le système de contrôle et de commande (défaillance du système de commande ou des capteurs associés) et les dispositifs de rétention (non étanchéité ou absence de tels dispositifs).

Les causes premières sont principalement dues aux défaillances et pannes d'équipements (60 %), aux erreurs opérateurs (20 %), aux agressions externes (15 % : vent, gel...), aux erreurs de sous-traitants (3 %) et aux réactions non contrôlées de formation d'H₂S suite à des mélanges d'intrants dans des fosses et cuves (2 %).

Les causes profondes sont principalement liées à un défaut ou à une insuffisance de la conception et des spécifications techniques (27 %), de l'entretien et de la maintenance (23 %), de l'encadrement de l'exploitation (20 %), de l'analyse de risques (20 %) et de la formation des opérateurs (10 %).

