

# Méthanisation de déchets issus de l'élevage, de l'agriculture et de l'agroalimentaire

## L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

Dans le domaine de la prévention des risques professionnels, l'INRS est un organisme scientifique et technique qui travaille, au plan institutionnel, avec la CNAMTS, les Carsat, Cram, CGSS et plus ponctuellement pour les services de l'État ainsi que pour tout autre organisme s'occupant de prévention des risques professionnels.

Il développe un ensemble de savoir-faire pluridisciplinaires qu'il met à la disposition de tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, médecin du travail, CHSCT, salariés. Face à la complexité des problèmes, l'Institut dispose de compétences scientifiques, techniques et médicales couvrant une très grande variété de disciplines, toutes au service de la maîtrise des risques professionnels.

Ainsi, l'INRS élabore et diffuse des documents intéressants l'hygiène et la sécurité du travail : publications (périodiques ou non), affiches, audiovisuels, multimédias, site Internet... Les publications de l'INRS sont distribuées par les Carsat. Pour les obtenir, adressez-vous au service Prévention de la caisse régionale ou de la caisse générale de votre circonscription, dont l'adresse est mentionnée en fin de brochure.

L'INRS est une association sans but lucratif (loi 1901) constituée sous l'égide de la CNAMTS et soumise au contrôle financier de l'État. Géré par un conseil d'administration constitué à parité d'un collègue représentant les employeurs et d'un collègue représentant les salariés, il est présidé alternativement par un représentant de chacun des deux collèges. Son financement est assuré en quasi-totalité par le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

### **Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), les caisses régionales d'assurance maladie (Cram) et caisses générales de sécurité sociale (CGSS)**

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail, les caisses régionales d'assurance maladie et les caisses générales de sécurité sociale disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ils sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, CHSCT, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Ils assurent la mise à disposition de tous les documents édités par l'INRS.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2013.

Conception graphique et mise en pages : Michel Maître, [www.planete-m.com](http://www.planete-m.com)  
Illustrations (de couverture et intérieures) : Jean-André Deledda, [www.3zigs.com](http://www.3zigs.com)

# **Méthanisation de déchets issus de l'élevage, de l'agriculture et de l'agroalimentaire**

Risques et prescriptions de sécurité



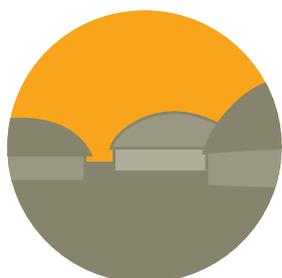
Ce document a été réalisé par un groupe de travail piloté par l'INRS et composé des personnes suivantes :

- A. Bec, F. Boutin, P. Delaunois (Direccte Bretagne),
- J. Beillevaire, A. Giraudeau, S. Moreau (Direccte Pays de la Loire),
- G. Mauguen, T. Palka, G. Petegnief (Carsat Bretagne),
- C. David, F. Marc, B. Sallé (INRS).

---

## Sommaire

<b>1 Méthanisation et biogaz</b>	5
1.1. Le principe de la méthanisation	5
1.2. Le biogaz	9
<hr/>	
<b>2 Risques liés aux produits</b>	11
2.1. Risques biologiques	12
2.2. Risques chimiques	12
2.3. Risques d'asphyxie	13
2.4. Risques d'explosion	13
<hr/>	
<b>3 Risques et mesures de prévention à chaque étape du procédé de méthanisation en phase humide</b>	17
3.1. Alimentation en matières organiques	18
3.2. Digestion et production de biogaz	21
3.3. Production d'énergie	24
3.4. Séparation mécanique du digestat	27
3.5. Gestion du site	29
3.6. Maintenance des installations	32
<hr/>	
<b>4 Cas de la méthanisation discontinue par voie sèche</b>	33
4.1. Phase de chargement	33
4.2. Phase de déchargement	34
4.3. Proposition de zonage	34
<hr/>	
<b>Annexe. Les bonnes pratiques en phase de conception</b>	35
L'avant-chantier	35
La réalisation de chantier	36
Les points essentiels pour l'installation d'un chantier de méthanisation	37
<hr/>	
<b>Bibliographie</b>	39



---

Dans le cadre de la réduction des impacts environnementaux (gaz à effet de serre entre autres), la stabilisation des déchets issus de l'élevage, de l'agriculture et de l'agroalimentaire, notamment par le procédé de méthanisation, est devenue un enjeu pour les professionnels. La décomposition des déchets organiques, dans des conditions particulières, produit en effet du gaz valorisable comme combustible.

Après avoir détaillé le principe de la méthanisation et sa mise en œuvre, ce document aborde les principaux risques liés à chacune des étapes du procédé et les principales prescriptions de sécurité associées, à l'intention de l'ensemble des acteurs de la filière (conception, exploitation, maintenance...).

---



# Méthanisation et biogaz

## 1.

### 1.1. Le principe de la méthanisation

Le principe de la méthanisation est identique à celui qui se déroule naturellement dans la panse des ruminants : en l'absence d'oxygène, des bactéries spécifiques dégradent les matières organiques tout en produisant du biogaz, mélange de plusieurs gaz. Ce processus sera plus ou moins long selon la température optimale de croissance des bactéries présentes : trois à cinq semaines pour des bactéries mésophiles se développant entre 20 et 30 °C ou deux à trois semaines pour des bactéries thermophiles se développant entre 45 et 80 °C.

Le biogaz ainsi formé est composé principalement de méthane (CH<sub>4</sub>) et de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Il est ensuite utilisé comme combustible, par exemple, sur place en cogénération : il alimente un moteur thermique qui produit de l'énergie électrique par l'entraînement d'un alternateur et de la chaleur, utilisable en chauffage par échange thermique.

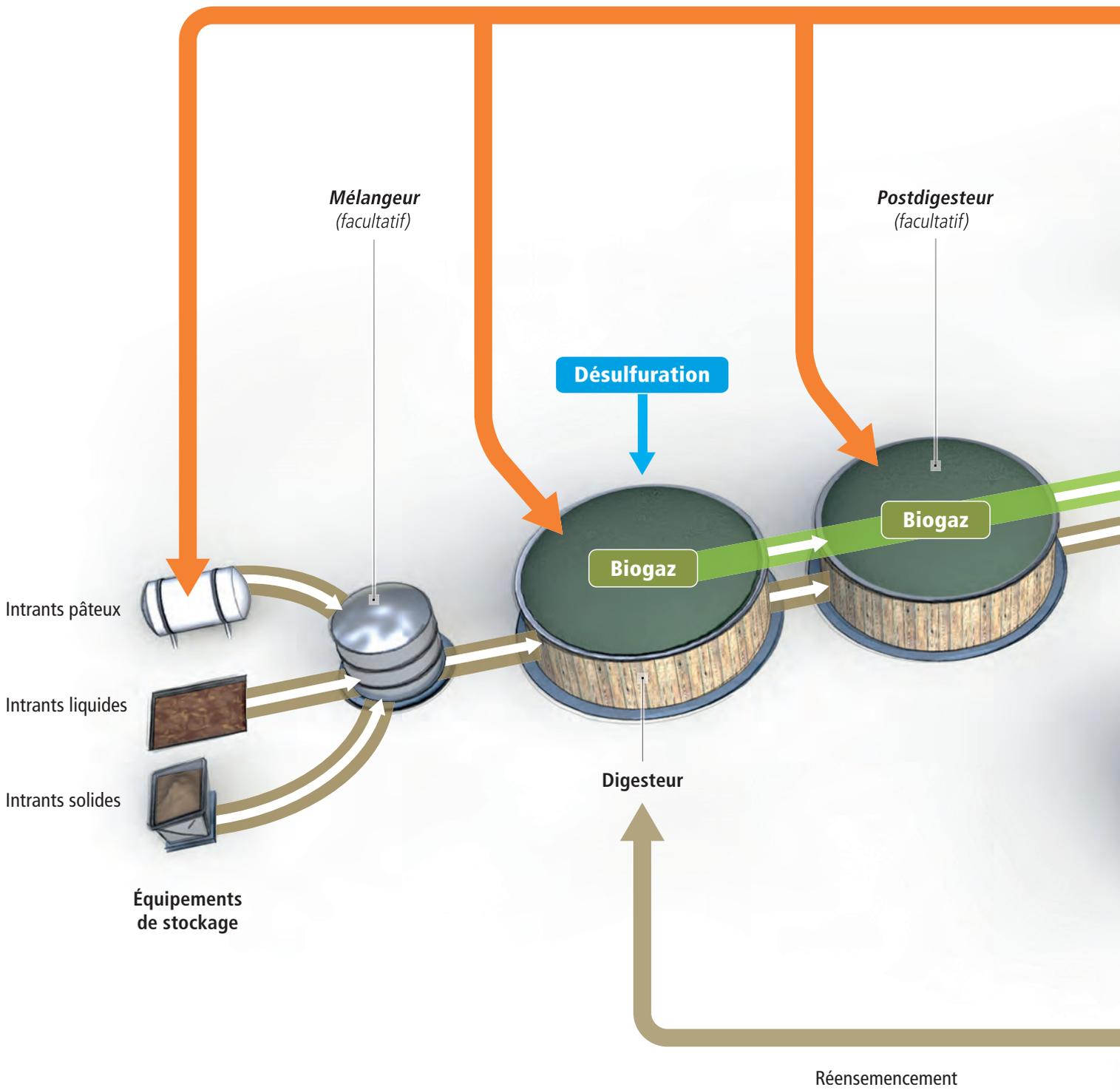
En parallèle de la production du gaz, le résidu de fermentation (digestat) est traité, essentiellement par séparation mécanique, afin d'extraire la partie liquide de la partie solide. Le digestat solide peut être

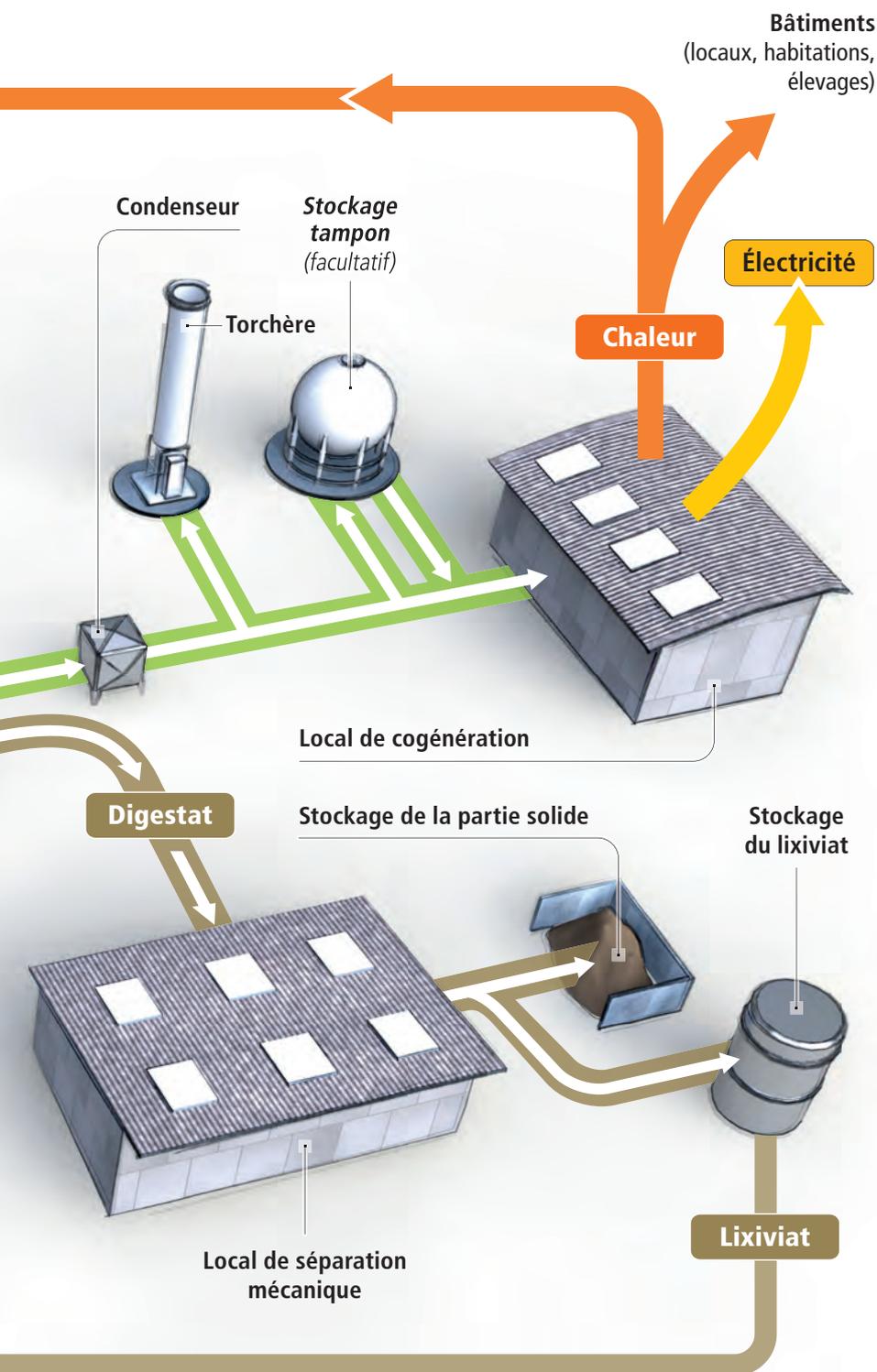
valorisé en fertilisant naturel ou mûré en compost. Le digestat liquide est, quant à lui, réutilisé dans le *process* pour fluidifier et réensemencer le méthaniseur ou décanté pour faire de l'engrais liquide. Différentes approches du procédé de méthanisation existent en fonction de l'état de la matière d'alimentation (intrants solides ou liquides) et de la quantité à traiter ; un procédé en phase sèche, en phase humide ou en phase liquide peut être mis en œuvre<sup>1</sup>. Actuellement, le procédé en phase humide est le plus répandu car il permet, entre autres, le traitement d'une plus grande diversité d'intrants. C'est donc ce type de procédé qui est décrit préférentiellement dans ce document (*voir figure 1*).

La méthanisation par voie sèche en processus discontinu fait également l'objet d'une attention particulière sur certains points. Les opérations de chargement des intrants et de déchargement du digestat seront en effet abordées car elles peuvent nécessiter la présence d'une personne dans le digesteur (*voir p. 33*).

1. Le procédé en phase liquide étant un procédé mis en œuvre à des fins de dépollution, il ne sera pas abordé dans ce document.

Figure 1. Schéma de principe d'une installation de méthanisation en phase humide





**Biogaz:** Mélange de gaz issus de la réaction de méthanisation de différents déchets, composé principalement de méthane et de dioxyde de carbone.

**Cogénération:** Procédé de valorisation du biogaz produisant de la chaleur et de l'électricité.

**Condenseur:** Équipement permettant de réduire le taux d'humidité du biogaz.

**Désulfuration:** Procédé permettant, par injection d'air, de réduire la teneur en sulfure d'hydrogène du biogaz.

**Digestat:** Matière pâteuse issue du digesteur ou du postdigesteur, composée principalement de matière minérale et végétale ainsi que de bactéries, résultant de la réaction de méthanisation.

**Digesteur:** Enceinte étanche dans laquelle se déroule la réaction de méthanisation.

**Intrant:** Matière solide, liquide ou pâteuse alimentant le procédé de méthanisation.

**Lixiviat:** Partie liquide du digestat, obtenue après séparation mécanique de ce dernier.

**Mélangeur:** Enceinte permettant un prémélange des intrants (homogénéisation) avant leur introduction dans le digesteur.

**Postdigesteur:** Enceinte étanche, éventuellement présente, positionnée à la suite du digesteur, dans laquelle se poursuit la réaction de méthanisation.

**Réensemencement:** Réutilisation d'une partie du lixiviat afin d'alimenter le digesteur en bactéries réalisant la méthanisation.

**Séparateur mécanique:** Équipement (par exemple centrifugeuse ou presse) permettant la séparation physique de la partie liquide (lixiviat) de la partie solide du digestat.

**Stockage tampon:** Enceinte permettant le stockage plus au moins long d'une quantité variable de biogaz.

**Torchère:** Équipement permettant de brûler le biogaz (en cas de dysfonctionnement des moteurs de cogénération par exemple) sans le transformer en électricité et sans récupérer la chaleur.

## Quelques textes concernant les installations de méthanisation et leurs équipements

### Atmosphères explosives (ATEX)

● La **directive 94/9/CE** du 23 mars 1994, communément appelée « directive ATEX matériel », concerne les appareils et systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles. Elle a été transposée en droit français par le décret n° 96-1010 du 19 novembre 1996 modifié.

● La **directive 1999/92/CE** du 16 décembre 1999, communément appelée « directive ATEX sociale », concerne 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. Elle a été transposée en droit français par les décrets n° 2002-1553 et 2002-1554 du 24 décembre 2002 modifiés, et codifiée aux articles R. 4216-31 et R. 4227-42 à 4227-54 du code du travail.

→ Pour plus d'informations, consulter en pdf sur [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr) : *Mise en œuvre de la réglementation relative aux ATEX. Guide méthodologique*, ED 945.

### Machines

● La **directive 2006/42/CE** du 17 mai 2006, communément appelée « directive conception machine », est relative à la conception des machines. Elle est codifiée aux articles L. 4311-1 et suivants, R. 4311-1 et suivants, R. 4312-1 et suivants et R. 4313-1 et suivants du code du travail.

● La **directive 2009/104/CE** du 16 septembre 2009, communément appelée « directive utilisation machine », concerne les prescriptions minimales de sécurité et de santé pour l'utilisation par les travailleurs d'équipements de travail. Elle est codifiée aux articles L. 4321-1 et suivants, R. 4321-1 et suivants, R. 4322-1 et suivants, R. 4323-1 et suivants et R. 4324-1 et suivants du code du travail.

→ Pour plus d'informations, consulter sur [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr) : *Les machines neuves « CE »*, ED 54 (pdf), et *Machines*, DW 35 (dossier web).

### Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

● Différentes rubriques peuvent concerner les installations de méthanisation, notamment les **rubriques 2781 et 2910** de la nomenclature (plus particulièrement 2781-1 et 2910-C pour les installations décrites dans ce document), respective-

ment « Méthanisation de déchets non dangereux ou matière végétale » et « Combustion à l'exclusion des installations visées par les rubriques 2770 et 2771 »<sup>2</sup>.

→ Pour plus d'informations, consulter [www.ineris.fr/aida](http://www.ineris.fr/aida).

2. Les rubriques 2770 et 2771 concernent le traitement thermique des déchets dangereux et non dangereux.

## 1.2. Le biogaz

Le biogaz formé lors de la méthanisation est un mélange de gaz dont la composition (*voir tableau ci-contre*) peut varier significativement en fonction des intrants, matières alimentant le procédé de méthanisation.

Les caractéristiques (essentiellement l'humidité et la granulométrie) et surtout la nature des intrants influent sur la quantité de biogaz produit (*voir figure 2*).

En revanche, toutes les matières ne sont pas « méthanisables ». C'est le cas, par exemple, des déchets ligneux (bois...) et des déchets inorganiques ou inertes (sable, verre, plastique...) qui ne sont pas dégradés dans le digesteur mais peuvent perturber son fonctionnement (formation de mousse, sédimentation, encombrement, diminution du volume utile...).

De même, il est important de ne pas introduire de substances dangereuses (métaux lourds, antibiotiques, détergents...) qui pourraient détruire les bactéries

Exemple de proportions des différents constituants susceptibles d'être présents dans un biogaz issu de la méthanisation

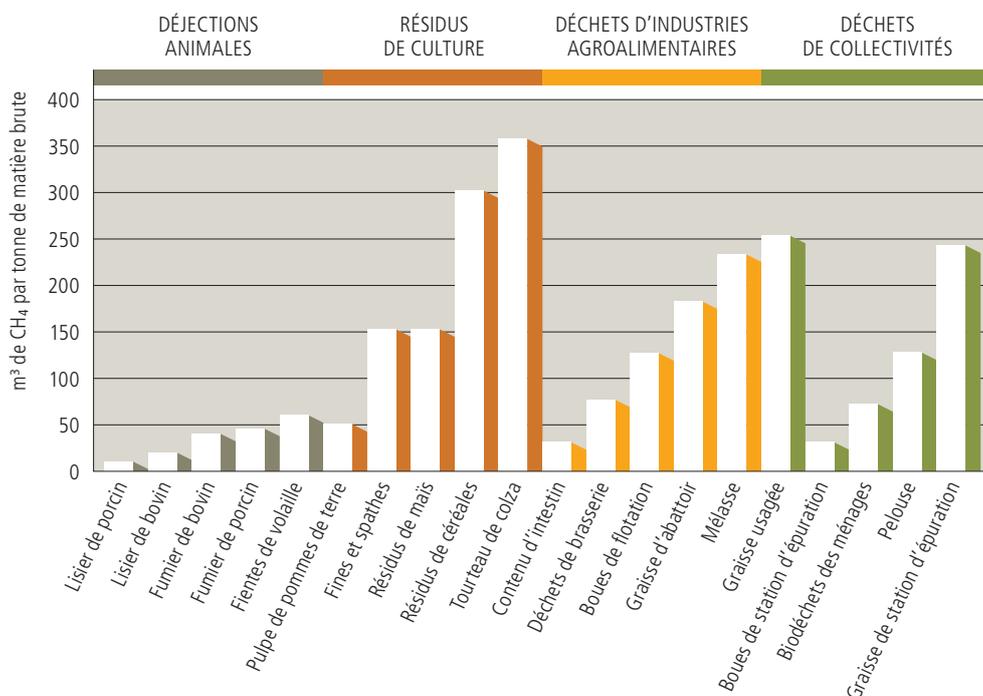
Constituants du biogaz	Proportions
Méthane	45-80 %
Dioxyde de carbone	20-55 %
Azote	< 6 %
Eau (fonction de la température)	1-6 %
Hydrogène sulfuré	< 1 %
Ammoniac	< 0,01 %
Hydrogène, monoxyde de carbone	Traces

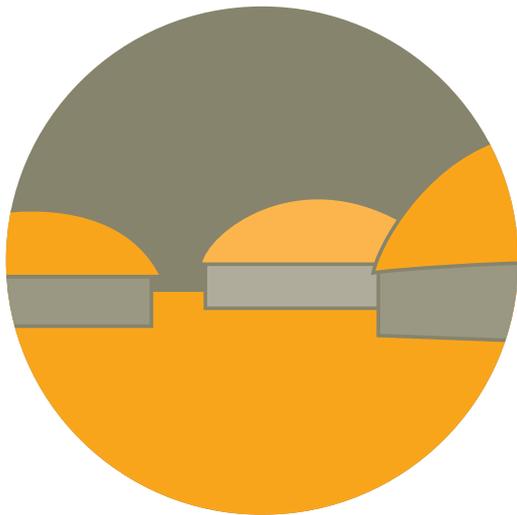
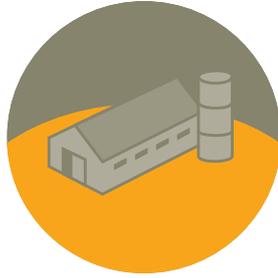
servant à la méthanisation. Ces substances dangereuses se retrouveront de plus dans le digestat.

Les intrants doivent donc être choisis judicieusement en fonction de leur pouvoir méthanogène. Par exemple, le lisier de porc peu méthanogène est mélangé avec divers produits à potentiel plus élevé, comme les résidus de céréales, les graisses (provenant d'abattoirs, de stations d'épuration...) ou encore la mélasse.

**Figure 2. Exemple de quantités de méthane formé en fonction de la nature des intrants**

(source : ATEE Club biogaz)





# Risques liés aux produits

## 2.

Les intrants peuvent être de plusieurs natures (déjections animales, déchets agroalimentaires, déchets verts...) et sous différentes formes (solides, pulvérulentes, liquides, pâteuses...). Ils présentent des risques spécifiques, en particulier des risques biologiques.

Le biogaz et les autres produits de fermentation génèrent également des risques liés à leurs caractéristiques, notamment des risques d'explosion et des risques chimiques.

### Exemple de deux accidents

- Dans un local exigu contenant une pompe de relèvement au dessus d'une fosse de lisier, l'utilisation d'une disqueuse pour ouvrir la trappe donnant accès directement en haut de fosse a généré une flambée brûlant gravement deux ouvriers. Les points chauds et étincelles générés par la disqueuse sont à l'origine de l'inflammation de l'atmosphère explosive se trouvant au-dessus du lisier.
- Des fuites sur le digesteur (suintement) présentes depuis plusieurs mois ont provoqué une accumulation de digestat dans une cavité sous la dalle de béton. Le biogaz généré s'est échappé par la porosité du béton. Un véhicule de transport de lisier a enflammé le gaz présent au niveau de la dalle de béton du fait des surfaces chaudes qu'il comportait (pot d'échappement, freins, moteur...). L'inflammation s'est ensuite propagée à la cavité générant une explosion qui a fissuré la dalle.

## 2.1. Risques biologiques

Les **intrants** et le **digestat** contiennent des micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons microscopiques...) pouvant représenter un danger pour l'homme.

Ceux-ci peuvent se retrouver sur les parois des différentes fosses, cuves ou canalisations, et aussi en suspension dans l'air ambiant lorsqu'une forte pression d'air ou d'eau vient les décrocher des surfaces ou des liquides. Par exemple, le déversement d'une citerne dans une cuve de lisier peut créer des projections et des aérosols contenant des micro-organismes. De même, le nettoyage à l'aide d'un jet d'eau à haute pression met en suspension les micro-organismes présents sur les surfaces.

Ces agents biologiques peuvent être à l'origine de maladies plus ou moins graves chez l'homme : infection, allergie, intoxication (à partir de toxines produites par des bactéries ou des moisissures). Notamment, le lisier de porc peut contenir des micro-organismes ou parasites présents dans l'élevage (*Streptococcus*, *Escherichia coli*, *Clostridium*, *Ascaris*, *Taenia*...).

## 2.2. Risques chimiques

Les **produits de fermentation** tels que l'ammoniac, l'hydrogène sulfuré ou le dioxyde de carbone exposent les opérateurs à des risques en raison de leurs caractéristiques toxicologiques.

Le sulfure d'hydrogène, à l'odeur caractéristique d'œuf pourri, est un gaz mortel. À partir de 100 ppm, il anesthésie l'odorat et n'est donc plus décelable.

L'exposition à l'ammoniac provoque immédiatement des irritations des muqueuses oculaires et respiratoires et peut même déclencher des vomissements.

Le dioxyde de carbone agit sur l'organisme à de plus fortes concentrations. Il est particulièrement dangereux car, lorsqu'il est présent en grande quantité, l'air s'appauvrit en oxygène (*voir ci-contre « Risque d'asphyxie »*).

Afin de réduire ces risques, il est essentiel de respecter les valeurs limites d'exposition (*voir tableau ci-dessous*).

Valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) des principaux gaz dangereux composant le biogaz (extrait du document INRS ED 984)

Substance	VLEP sur 8 heures		Fiche toxicologique <sup>3</sup>	Observations
	ppm	mg.m <sup>-3</sup>		
Ammoniac (NH <sub>3</sub> )	10	7	FT 16	Valeur limite réglementaire contraignante <sup>4</sup>
Hydrogène sulfuré (H <sub>2</sub> S)	5	7	FT 32	Valeur limite réglementaire contraignante <sup>4</sup>
Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	5000	9000	FT 238	Valeur limite réglementaire indicative

3. Les fiches toxicologiques, établies par l'INRS et disponibles gratuitement sur le site [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr), regroupent une synthèse des informations disponibles sur ces substances (propriétés physico-chimiques, dangers relatifs à la santé, l'environnement, l'incendie et l'explosion, mesures de sécurité...).

4. Une valeur limite réglementaire contraignante impose à l'employeur un contrôle annuel des expositions par un organisme accrédité.

### 2.3. Risques d'asphyxie (hypoxie ou anoxie)

La formation de biogaz, son transport et son brûlage sont autant d'étapes pouvant générer des **atmosphères appauvries en oxygène**. L'accumulation de biogaz dans une zone, voire tout un local, peut en effet diminuer sensiblement le taux d'oxygène et rendre le travail dangereux. Le taux normal d'oxygène dans l'atmosphère est de 20,9 % et la concentration minimale compatible avec une activité humaine est de 19 %.

Un biogaz contenant 60 % de méthane, 38 % de dioxyde de carbone et 2 % de gaz résiduels possède une densité d'environ 0,9. Il aura donc tendance à se mélanger facilement à l'air (densité = 1).

Cependant, au regard des densités du méthane et du dioxyde de carbone (respectivement 0,55 et 1,53), en l'absence de mouvement d'air notamment dans un espace confiné, un phénomène de stratification des gaz peut se présenter. Le dioxyde de carbone se trouvera préférentiellement en partie basse, contrairement au méthane qui aura tendance à s'élever.

### 2.4. Risques d'explosion

Le **biogaz** et en particulier le **méthane**, son composant principal, sont susceptibles de s'enflammer en présence d'une source d'énergie suffisante, et ce dans des conditions spécifiques.

Les trois sommets du triangle du feu, conditions à réunir pour qu'un incendie survienne, peuvent en effet être présents simultanément sur ce type d'installation : le combustible (biogaz ou méthane), le comburant (oxygène de l'air) et une source d'inflammation (étincelle, surface chaude, travaux par points chauds, flamme nue...) (voir figure 3).

L'inflammation peut se produire très rapidement et ainsi passer en régime d'explosion si trois conditions supplémentaires sont réunies : un confinement, la mise en suspension du combustible, une concentration en combustible suffisante (située dans son domaine d'explosivité). C'est ce que l'on appelle l'hexagone de l'explosion (voir page suivante).

Tout combustible (gaz, vapeurs, aérosols et poussières) se trouvant dans ces conditions génère une explosion se manifestant par une surpression brutale associée à un flux thermique.

Figure 3. Triangle du feu

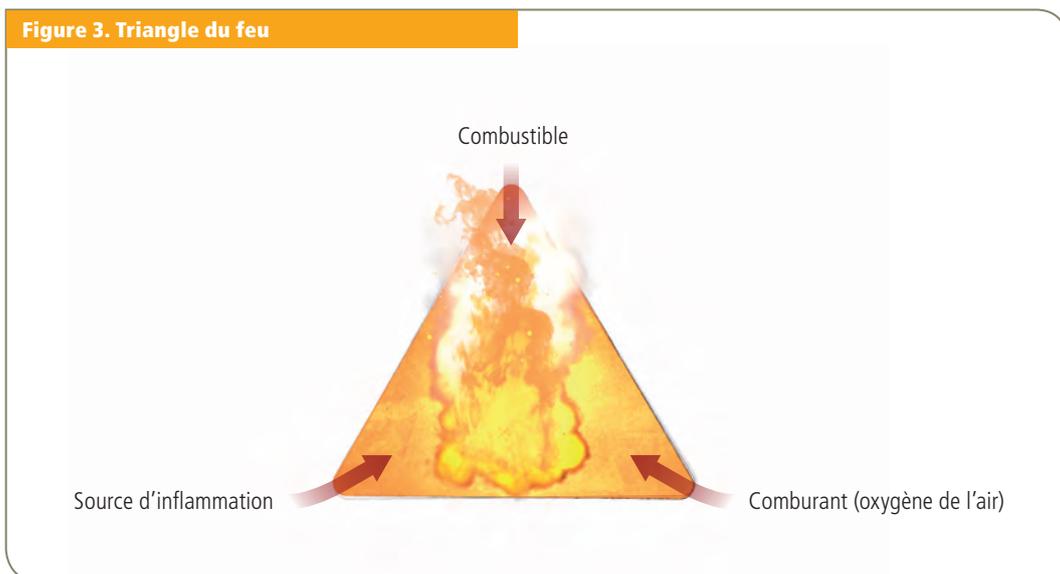
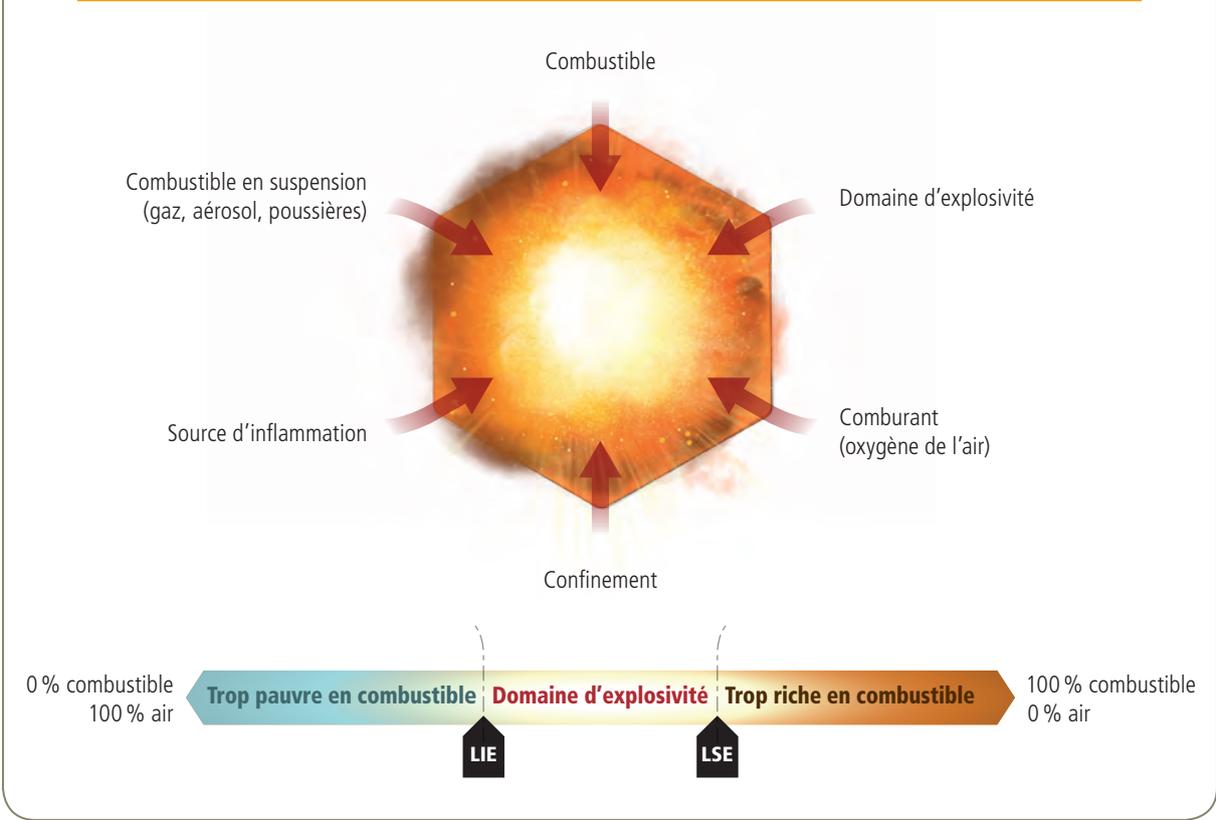


Figure 4. Hexagone de l'explosion et domaine d'explosivité



En l'absence de confinement, on assiste plutôt à un phénomène de flambée brutale ou boule de feu (flux thermique prédominant).

Le domaine d'explosivité du biogaz est défini par ses limites inférieures et supérieures d'explosivité (LIE et LSE) ou d'inflammabilité (LII et LSI). Ces limites sont exprimées en pourcentage volumique de méthane dans l'air<sup>5</sup>.

Les valeurs du tableau ci-contre sont données pour un mélange de méthane / dioxyde de carbone dans les proportions 60/40, les plus fréquemment rencontrées. Pour des mélanges à plus forte teneur en méthane, les données concernant l'explosivité peuvent être assimilées à celles du méthane pur. La présence de CO<sub>2</sub> a donc tendance à réduire le domaine d'explosivité du biogaz.

Valeurs indicatives du domaine d'explosivité (exprimées en % de méthane dans l'air) du méthane pur et d'un mélange 60/40 méthane/dioxyde de carbone

	LIE (% CH <sub>4</sub> dans l'air)	LSE (% CH <sub>4</sub> dans l'air)
Méthane pur	4,4	17
Biogaz	5,1	12,4

Pour un biogaz composé de 60 % de méthane et 40 % de dioxyde de carbone, la gamme de concentrations de biogaz dans l'air nécessaire pour atteindre le domaine d'explosivité est donc comprise entre 8,5 et 20,7 %.

Un risque d'explosion est également présent lorsque sont manipulés des produits pulvérulents

5. Seule la partie combustible du biogaz est détectable par un explosimètre, c'est-à-dire le méthane. C'est pourquoi la LIE et la LSE s'expriment en pourcentage de CH<sub>4</sub> dans l'air.

ou émettant des poussières combustibles<sup>6</sup> (par exemple, des intrants type résidus d'ensilage). Une explosion peut en effet se produire si ces poussières sont en concentration suffisante dans l'air (valeur supérieure à la concentration minimale d'explosion – CME<sup>7</sup>) et s'il y a une source d'inflammation.

Les couches, dépôts et tas de poussières combustibles doivent être traités comme susceptibles de générer une atmosphère explosive en cas de remise en suspension, à l'occasion par exemple d'un courant d'air, de l'utilisation d'une soufflette à air comprimé ou d'un balai. De plus, ces couches et dépôts peuvent donner lieu à des feux couvants lorsqu'ils se situent sur une surface chaude (carter moteur par exemple).



La réglementation dite « réglementation ATEX » (« atmosphères explosives », voir p. 8) définit les différentes zones où des concentrations de gaz/vapeurs ou de poussières sont susceptibles de générer une explosion.

Six types de zone ATEX sont définies en fonction de la nature du combustible et de la fréquence de formation de l'atmosphère explosive (voir tableau ci-dessous).

L'identification et la classification de ces zones permettent d'établir le zonage ATEX. Ce zonage, sous la responsabilité de l'exploitant, est effectué après l'évaluation du risque de formation d'une atmosphère explosive.

L'ensemble du matériel électrique et non électrique doit alors être en adéquation avec la zone (voir encadré page suivante) et posséder un marquage spécifique, garantissant que ces équipements ne constituent pas une source d'inflammation pour la zone dans laquelle ils se trouvent.

Tout autre équipement ou activité susceptible de générer une source d'inflammation (travaux par points chauds par exemple) est exclu en l'absence de mesures compensatoires de prévention permettant de supprimer l'atmosphère explosive.

ATEX présente...	Zone gaz/vapeurs	Zone poussières
... en permanence ou pendant de longues périodes, en fonctionnement normal	0	20
... occasionnellement, en fonctionnement normal	1	21
... accidentellement, en cas de dysfonctionnement ou pendant de courtes durées	2	22



6. De manière générale, seules les poussières combustibles d'une taille inférieure à 0,5 mm de diamètre peuvent générer une explosion.  
7. Dans le cas des poussières, la LIE est nommée CME. Les LSE sont rarement établies car difficilement déterminables (de l'ordre de plusieurs kg.m<sup>-3</sup>).

### Adéquation du matériel à la zone ATEX – Marquage

- La réglementation définit, en plus des différents types de zone, le type de matériel (électrique et non électrique) devant être utilisé en zone ATEX :

Zone	Catégorie du matériel	Exemple de marquage réglementaire
0	Catégorie 1	CE  II 1 G
20	Catégorie 1	CE  II 1 D
1	Catégorie 2 (ou 1)	CE  II 2 G (ou 1 G)
21	Catégorie 2 (ou 1)	CE  II 2 D (ou 1 D)
2	Catégorie 3 (ou 2 ou 1)	CE  II 3 G (ou 2 G ou 1 G)
22	Catégorie 3 (ou 2 ou 1)	CE  II 3 D (ou 2 D ou 1 D)

- De plus, il est impératif d'adapter le matériel aux caractéristiques des produits générant les ATEX :
  - le matériel ne doit pas avoir une température maximale de surface dépassant les 200 °C (matériel de classe de température T3) pour les zones poussières, valeur déterminée à partir de la moyenne des températures d'auto-inflammation en couche de poussières de céréales (environ 300 °C) ;
  - pour les gaz/vapeurs, cette température maximale de surface ne doit pas dépasser 450 °C (classe de température T1), valeur déterminée à partir de la température d'auto-inflammation du méthane (600 °C) ;
  - les équipements en zones poussières doivent être caractérisés par un indice d'étanchéité aux poussières d'une valeur de 6<sup>8</sup>.

8. Le marquage correspondant est IP6X, X correspondant à l'indice d'étanchéité à l'eau, restant à définir.

# Risques et mesures de prévention à chaque étape du procédé de méthanisation en phase humide

## 3.

L'évaluation des risques et leur prévention sont d'autant plus efficaces que celles-ci sont prises en compte dès la conception. Le respect des règles de l'art en conception d'ouvrages permet de prévenir aussi bien les risques liés au chantier que d'anticiper ceux générés par l'exploitation et la maintenance de l'installation. Les étapes clés de la conception sont rappelées en annexe.

La suite du document détaille le procédé de méthanisation en phase humide. Pour les autres types d'installation, les risques sont globalement identiques à ceux traités ici, cependant les mesures à mettre en place pour les prévenir doivent être adaptées aux spécificités du *process*.

Les principaux risques et les mesures de prévention associées à mettre en place sont indiqués pour chaque étape du procédé de méthanisation par voie humide.

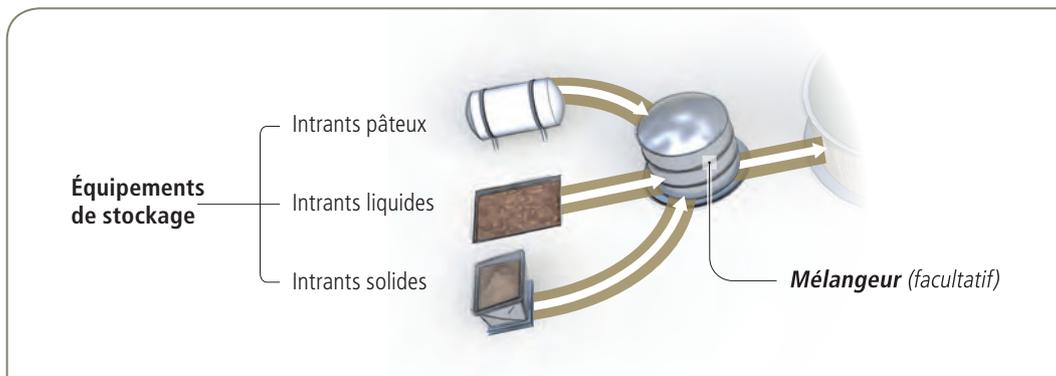
Cependant, l'évaluation des risques doit être globale et doit tenir compte des autres risques communs à toute unité de production, qu'elle soit en exploitation ou en maintenance : risque électrique, risque de chute de hauteur...

L'ensemble de ces risques doit faire l'objet d'une évaluation spécifique, formalisée dans le document unique, conduisant à la mise en place de mesures tant techniques qu'organisationnelles afin de supprimer ou de réduire les risques identifiés.

---

**Remarque :** Les différents zonages ATEX figurant dans ce document sont présentés à titre indicatif. Ils doivent faire l'objet d'une appropriation et être adaptés aux spécificités de chaque installation.

### 3.1. Alimentation en matières organiques



#### Présentation de l'étape

La première étape du *process* est l'alimentation de l'installation en matières organiques (intrants). Elles se présentent sous forme solide (déchets de graines, poussières de céréales...), liquide (déchets d'élevage...) ou pâteuse (huiles, graisses...). L'installation dispose de fosses de stockage, en particulier pour les intrants liquides.

Le transfert des matières organiques se fait de différentes manières :

- à l'aide de pompes pour les matières liquides ;
- par vis sans fin pour les matières solides.

Un système de chauffage peut être utilisé afin de faciliter le transport des matières pâteuses type huile ou graisse.

Enfin, un mélangeur est parfois présent afin de réaliser un prémélange et d'homogénéiser les matières à méthaniser avant leur transfert dans le digesteur.

#### Identification des principaux risques

Les principaux risques de cette étape sont ceux liés aux caractéristiques des intrants.

Un **risque biologique** par contact avec les matières dépotées ou par inhalation de poussières/aérosols est en effet présent car ces derniers peuvent contenir des micro-organismes pathogènes. De plus, la présence de gaz de fermentation (tels que le sulfure d'hydrogène  $H_2S$ , l'ammoniac  $NH_3$  ou le dioxyde de carbone  $CO_2$ ) issus des matières organiques expose les personnes à un **risque chimique** tant pour leurs propriétés irritantes ou toxiques intrinsèques que pour leur **caractère asphyxiant**, notamment dans les espaces confinés.

De la même manière, ces intrants constituent un **risque d'explosion** lié à :

- l'émission de gaz issus d'un début de fermentation dans les cuves d'intrants ou l'éventuelle fosse de prémélange ;
- la mise en suspension de poussières (nuage) lors du dépotage ou du chargement de la trémie de transfert par vis sans fin ;
- la présence de couches de poussières sur une surface chaude (appareil de chauffage par exemple) pouvant s'autoenflammer.

Certains intrants visqueux ou pâteux étant chauffés, l'unité de chauffage génère un **risque de brûlures**.

Les fosses de stockage des intrants présentent un **risque de chute** lorsqu'elles ne sont pas protégées. La mise en œuvre d'un transfert des intrants liquides utilisant des pompes, pouvant être regroupées dans un local spécifique, génère un **risque lié au bruit**. De plus, un niveau sonore élevé peut rendre difficile toute communication (isolement de la personne). Les pièces en mouvement, de type vis sans fin, génèrent des **risques d'écrasement, d'entraînement**... La présence d'engins dans la zone de dépotage expose à un **risque de collision engin-piéton**.



### Principales préconisations de sécurité

La gestion des intrants dès leur arrivée sur le site est essentielle au bon fonctionnement de l'ensemble de l'installation de méthanisation. Pour cela, on se reportera aux préconisations de la partie « Gestion du site » p. 29.

#### Mesures de conception

- Chaque zone de dépotage dispose d'une dalle de béton adaptée, notamment en superficie et en résistance au sol, au passage et au stationnement des différents véhicules (camions, tracteurs...).
- Le dépotage des solides se fait dans une zone à l'air libre afin d'éviter le confinement des poussières.
- Les fosses et tous les cheminements en hauteur font l'objet d'une protection collective contre les chutes de hauteur (par exemple, mise en place de garde-corps).
- Les locaux contenant les systèmes de transfert des intrants (pompes...) sont conçus de façon à éviter l'accumulation des gaz. Ils sont notamment ventilés mécaniquement en permanence. Les entrées d'air en partie basse et les sorties en partie haute ne doivent pas pouvoir être obturées ou colmatées.

- Les locaux abritant les équipements (salle des pompes...) sont constitués de matériaux incombustibles (classe A1 de réaction au feu). Les murs sont d'une résistance au feu REI 120<sup>9</sup> (coupe-feu 2 heures).

#### Mesures techniques

- Le matériel, électrique et non électrique, doit être adapté à la zone ATEX (*voir partie « Proposition de zonage » ci-après et p. 15*). Une attention particulière doit être portée sur les luminaires et leurs dispositifs de commande, tant sur leur implantation que sur leurs caractéristiques techniques.
- Un plot de terre doit être disponible afin d'effectuer une mise à la terre des véhicules lors des opérations de dépotage.
- Les fosses couvertes font l'objet d'une ventilation mécanique permanente afin d'éviter l'accumulation de gaz de fermentation.
- Le dépotage des liquides se fait à l'aide de tuyauteries reliées aux cuves afin d'éviter les projections.
- En cas de cuves dédiées à certains types de liquides, des raccords clairement identifiés et spécifiques avec détrompeurs sont mis en place.
- La présence d'un indicateur de niveau de cuve, ou *a minima* d'un indicateur de niveau haut, est essentielle afin d'éviter tout risque de débordement. Un report de l'information au niveau du poste de dépotage signale l'état de remplissage.
- Des modes de transfert de matières sèches limitant l'émission de poussières sont à privilégier (vis sans fin par exemple).
- L'accès direct aux éléments en mouvement (vis sans fin, arbre de l'agitateur...) doit être impossible, notamment par la mise en place de capotages de protection.
- Les éléments de chauffage et les circuits chauffés sont isolés (calorifugés...) afin d'éviter tout contact direct pouvant entraîner des brûlures.
- La zone de dépotage dispose d'une « zone de premiers secours » équipée d'une douche de sécurité et d'un rince-œil en cas de projections ainsi que d'absorbant pour les égouttures et en cas de déversement accidentel.

9. Les trois principaux critères de réaction au feu sont toujours suivis d'un temps en minute ; R: résistance au poids (dédié aux éléments porteurs) ; E: étanchéité aux flammes, fumées et gaz chauds ; I: isolation thermique.

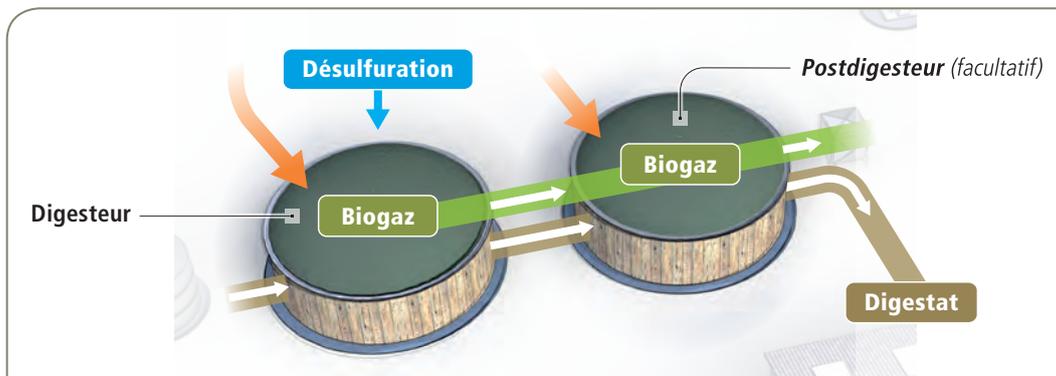
### Mesures organisationnelles

- Chaque zone de dépotage est clairement identifiée (balisage et affichage de la nature des intrants par exemple). Elle est exclusivement dédiée à un type d'intrant, ceci afin d'éviter toute réaction indésirable (production de mousse, dégagement de gaz, débordement...).
- Les zones de dépotage ne présentent pas de sources d'inflammation : interdiction de fumer, pas d'opération générant des points chauds (soudage, meulage, tronçonnage...) ou d'équipement présentant des surfaces chaudes (lampe halogène...).
- Des instructions sont affichées sur l'aire de dépotage afin d'encadrer l'opération et d'indiquer les mesures à respecter et le comportement à adopter en cas d'incident.
- Un mode opératoire est établi en cas de prise d'échantillon dans le but de vérifier la qualité des intrants, ceci afin de prendre en compte les différents risques (chute de hauteur, produits dangereux...).
- Les systèmes de transfert (canalisations, pompes, vannes...) comportent une indication claire et durable du produit qu'ils véhiculent et du sens de circulation.
- Des équipements de protection individuelle (EPI) doivent être à disposition des personnes intervenant sur l'installation (visières, masques de protection respiratoire, protections auditives pour l'accès aux salles de pompes, combinaisons jetables...).

### Proposition de zonage

Élément de l'installation	Localisation de la zone ATEX	Type de zone et dimensionnement	Observations
Aire de dépotage (cuve, fosse, lieu de déchargement)	Trémie de chargement solide	Zone 21 : sphère de rayon 1 m autour des extrémités de la trémie	Zone générée lors du chargement, par la mise en suspension de poussières fines (par exemple de céréales)
	Ciel de fosse couverte ou de cuve des intrants solides	Zone 21 : ciel de fosse ou de cuve	Zone générée lors du chargement, par la mise en suspension de poussières fines (par exemple de céréales)
	Ciel de fosse couverte ou de cuve des intrants liquides type lisier	Zone 1 : ciel de fosse ou de cuve	Zone ATEX présente, la réaction de méthanisation pouvant déjà être amorcée pour ce type d'intrants Possibilité de classer le ciel en zone 2 dans le cas d'une ventilation mécanique permanente efficace
	Fosse à lisiers ouverte	Zone 1 : intérieur de la fosse Zone 2 : 1 m autour de la fosse	Zone 2 car la ventilation naturelle (flux d'air extérieur) peut ne pas toujours être correctement assurée
	Ouvertures de remplissage des fosses	Zone 21 : 1 m autour des ouvertures	Zone générée lors du chargement, par la mise en suspension de poussières fines (par exemple de céréales)
	Soupapes/événements de respiration des cuves ou fosses	Zone 1 : sphère de rayon 1 m Zone 2 : sphère de rayon 2 m autour de la zone 1	
Mélangeur	Ciel de cuve du mélangeur	Zone 0 : ciel de cuve	Zone permanente liée à un début de méthanisation
Local des pompes	Intérieur du local	Zone 2 : tout le local	Possibilité de réduction de la zone à une sphère de rayon 1 m entourant les pompes en fonction de l'efficacité de la ventilation et des dispositifs de contrôle associés

## 3.2. Digestion et production de biogaz



### Présentation de l'étape

L'étape principale du procédé de méthanisation est la production de biogaz, principalement composé de méthane et de dioxyde de carbone (*voir la composition p. 9*), par dégradation bactérienne, en l'absence d'oxygène, des matières organiques introduites dans le digesteur. Un postdigesteur peut être ajouté pour optimiser la réaction de méthanisation.

Ces choix de conception sont essentiellement fonction de la quantité des intrants à traiter.

Une agitation mécanique ou via un bullage par réinjection de biogaz est mise en place sur le digesteur et éventuellement le postdigesteur afin d'homogénéiser leur contenu.

Pendant le temps de séjour des intrants dans les digesteurs, le biogaz est émis en continu et s'accumule dans le ciel du digesteur, par exemple, sous une double membrane souple s'adaptant à la quantité de gaz présent.

Une quantité importante de sulfure d'hydrogène peut être dégagée et doit faire l'objet d'un traitement au regard des caractéristiques toxiques de ce gaz (*voir p. 12*). La technique la plus utilisée est la désulfuration par injection contrôlée d'air au sein du digesteur<sup>10</sup>.

10. Une alternative peut consister à ajouter du chlorure ferrique.

### Identification des principaux risques

Le digesteur et le postdigesteur sont en légère surpression du fait de la production en continu du biogaz. La présence de ce gaz inflammable génère un **risque chimique** et un **risque d'explosion** lorsqu'il se trouve en mélange avec l'air. Une attention particulière doit donc être portée aux zones entourant les équipements contenant du biogaz (digesteurs, tuyauteries...) ainsi que les dispositifs empêchant une pression trop élevée (soupapes de sécurité, garde hydraulique, disques de rupture...).

Le contrôle du pH est essentiel pour le bon développement des micro-organismes. Les produits utilisés pour l'ajuster sont corrosifs et exposent les personnes les manipulant à un **risque chimique**.

Les digesteurs sont des ouvrages de taille importante. Ils peuvent être enterrés, mais lorsque ce n'est pas le cas, les diverses opérations nécessaires au *process* (contrôles, prises d'échantillons...) ou de maintenance se déroulent alors en hauteur, exposant le personnel à un **risque de chute de hauteur**.

## Principales préconisations de sécurité

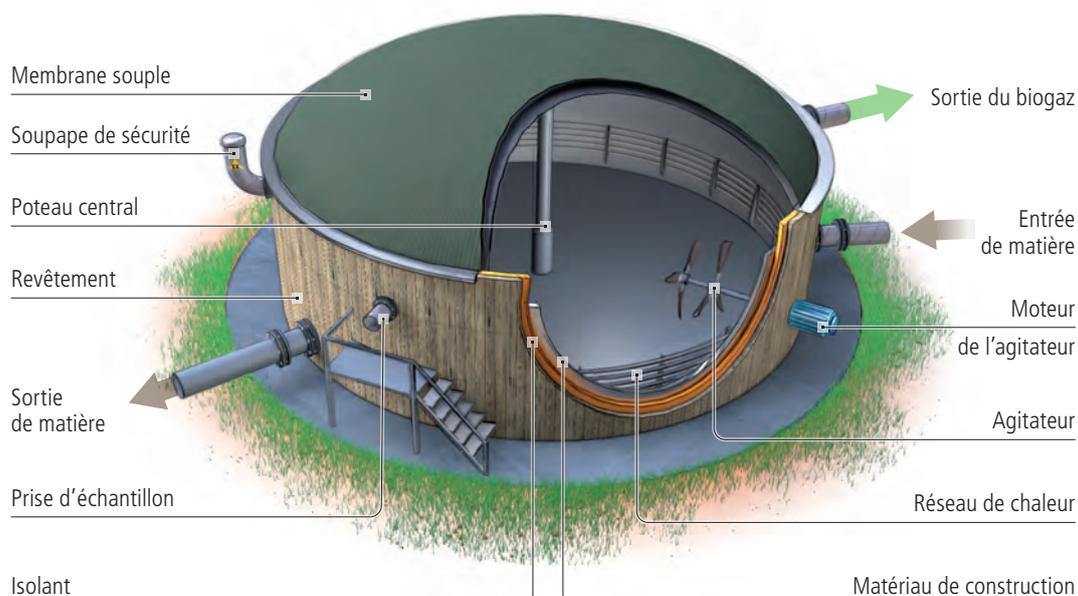
### Mesures de conception

- Les matériaux utilisés pour la réalisation des équipements (digesteur, postdigesteur...) sont choisis en tenant compte des ambiances agressives présentes (liés à  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ...) afin d'assurer leur pérennité.
- Le digesteur est distant d'au moins 50 m de tout bâtiment d'habitation ou de locaux à fort potentiel calorifique (stockage de paille, engrais, cuve de gasoil...).
- Des dispositifs de limitation d'une éventuelle surpression, brutale ou non, sont mis en place (membrane souple, disque de rupture, évent d'explosion...).
- Les conduites d'évents de respiration ou de surpression doivent déboucher à une hauteur de plus de 3 m au dessus du dernier niveau accessible.
- Il est conseillé de disposer d'une fosse permettant de récupérer le digestat en cas de nécessité de vidange du méthaniseur, de mise en sécurité de l'installation, de dysfonctionnement du séparateur mécanique...

### Mesures techniques

- Un contrôle de pression au sein de la double membrane du digesteur et du postdigesteur assure en permanence la détection de la rupture d'une des membranes.
- Lorsque ces membranes sont maintenues par des boudins gonflés à l'air, ils sont compartimentés. Un dispositif de sécurité, alimentation redondante par exemple, assure à tout moment leur maintien en pression.
- En cas de fuite de la membrane, l'installation doit être mise en sécurité (arrêt de l'alimentation du digesteur en intrants, brûlage forcé du biogaz via la torchère...).
- Dans le digesteur, un contrôle permanent du niveau du digestat, de la concentration en oxygène et de la surpression (empêchant l'entrée non contrôlée d'air) est réalisé.
- Les réseaux de transport biogaz et digestat sont séparés. Des vannes en amont et en aval de chaque capacité sont installées afin de pouvoir les isoler. Les éventuelles électrovannes doivent être doublées d'une vanne manuelle.

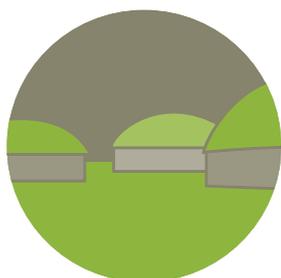
Figure 5. Schéma d'un digesteur



- Les raccords des tuyauteries de biogaz sont soudés, notamment lorsqu'ils se situent dans ou à proximité d'un local.
- Afin de ne pas perturber le processus de méthanisation et pour ne pas générer une atmosphère explosive, la pompe d'injection d'air de désulfuration est réglée pour délivrer un débit ne dépassant pas 6 % du volume de biogaz produit dans le même laps de temps. Le système ne pourra en aucun cas injecter une quantité d'air plus importante, même en cas de dysfonctionnement.
- Le matériel, électrique et non électrique, doit être adapté à la zone ATEX (voir partie « Proposition de zonage » ci-après et p. 15). Une attention particulière est portée sur les zones à proximité des événements (exemple : pas de luminaire non adapté).

### Mesures organisationnelles

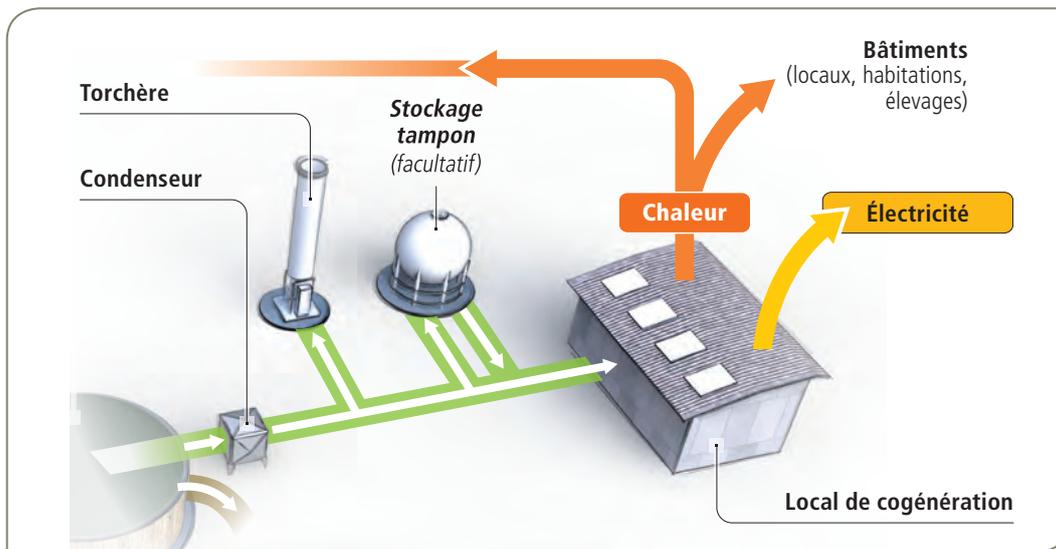
- Des procédures de mise en sécurité de l'installation et du redémarrage en fonctionnement normal sont établies.
- Les systèmes de transfert (biogaz et digestat) comportent une indication claire et durable du produit qu'ils véhiculent et du sens de circulation.
- L'ajustement du pH, généralement effectué avec des produits dangereux (corrosifs), se fait à un poste dédié, disposant de l'affichage des opérations à effectuer, des consignes en cas d'incident ou d'urgence médicale. Les EPI nécessaires (gants, masques/visières, blouses/combinaisons...) sont mis à disposition. Cette zone, établie sur un sol étanche et résistant aux produits corrosifs, permet de récupérer les déversements accidentels (cuvette de rétention) et est située à proximité immédiate de la zone de premiers secours (douche de sécurité, rince-œil, adsorbant adapté...).



## ➔ Proposition de zonage

Élément de l'installation	Localisation de la zone ATEX	Type de zone et dimensionnement	Observations
Digesteur et postdigesteur	Proximité immédiate	Zone 2 : sphère de rayon 3 m	
	Ciel gazeux	Zone 2 : ciels des digesteur et postdigesteur	Zone présente en cas d'introduction d'air non contrôlée (lors d'un dysfonctionnement)
	Disques de rupture, événements d'explosion et de surpression, garde hydraulique...	Zone 2 : sphère de rayon 3 m	Dans le cas d'un événement d'explosion, une zone de sécurité de 10 m minimum doit être exempte de toute circulation (engins et piétons), équipement et matière combustible
	Ouvertures (trappes de visites, hublots, passage agitateur...)	Zone 2 : sphère de rayon 3 m	

### 3.3. Production d'énergie



#### Présentation de l'étape

Le biogaz issu du méthaniseur circule dans un condenseur (ou dessiccateur) afin de réduire son taux d'humidité. Il est ensuite véhiculé jusqu'à un local où il est brûlé par des moteurs thermiques de cogénération afin de produire de l'énergie électrique et thermique (chaleur). L'électricité est directement injectée sur le réseau ERDF alors que la chaleur, transmise via un fluide caloporteur, peut servir à chauffer les digesteurs, les installations, des habitations ou encore des élevages.

Un dispositif d'évacuation par brûlage du gaz, type torchère, est installé afin de gérer tout dysfonctionnement lié à la cogénération (panne ou défaillance du moteur, surproduction brutale de biogaz...). Ce dispositif permet également de mettre tout ou partie de l'installation en sécurité avant certaines opérations de maintenance, par brûlage du biogaz qu'elle contient.

En fonction de la production de biogaz et du système de cogénération choisi (puissance, nombre de moteurs...), un stockage tampon de gaz peut être installé en complément.

#### Identification des principaux risques

Le condenseur peut laisser échapper du biogaz et présenter un **risque d'explosion** (formation d'une zone ATEX). Les risques sont d'autant plus importants que cet équipement se trouve souvent dans un endroit confiné situé en point bas de l'installation.

Les gaz d'échappement des moteurs de cogénération présentent un **risque chimique** (notamment un risque d'**asphyxie**). La survenue de fuites de biogaz, sur le moteur ou au niveau de son alimentation, peut former des ATEX générant un **risque d'explosion**. Ces risques sont d'autant plus importants que le local de cogénération constitue un espace confiné pouvant favoriser l'accumulation des polluants.

Les moteurs génèrent un niveau élevé de nuisances sonores provoquant également un **risque lié au bruit** et favorisant l'isolement des personnes intervenant dans ces locaux (difficultés pour communiquer). Le brûlage du biogaz dans un ou plusieurs moteurs thermiques produit de la chaleur qui est récupérée. Il y a donc un **risque de brûlures** au

niveau du moteur et au niveau des canalisations de transport de cette énergie (via un fluide caloporteur par exemple).

La production d'électricité nécessite un appareillage spécifique exposant les personnes à un **risque électrique**.

## Principales préconisations de sécurité

### Mesures de conception

- Le condenseur et ses équipements sont disposés de manière à éviter tout confinement du gaz pouvant s'en échapper (à l'air libre sous un auvent dirigé vers le haut, évitant l'accumulation de gaz) ou situés dans un local doté d'une ventilation mécanique permanente. Leur implantation doit aussi faciliter leur accès pour l'entretien et la maintenance.
- La torchère est positionnée dans une zone exclusivement dédiée, balisée et débroussaillée, à 10 m de toute autre installation.



Figure 6. Torchère et zone de sécurité associée

- Les rejets de gaz de combustion issus de la torchère et des moteurs de cogénération, dont l'orifice de sortie est à une hauteur d'au moins 3 m au-dessus du dernier niveau accessible, se font à une distance d'au moins 5 m des bâtiments et des voies de circulation.

- Le local de cogénération est constitué de matériaux incombustibles (classe A1 de réaction au feu). Les murs sont d'une résistance au feu REI 120 (coupe-feu 2 heures).
- L'emplacement des moteurs et celui des armoires électriques dans le local de cogénération sont séparés par un mur de mêmes caractéristiques que ceux du local.
- La conception du local des moteurs intègre des dispositifs permettant de réduire le bruit généré (isolement acoustique...).

### Mesures techniques

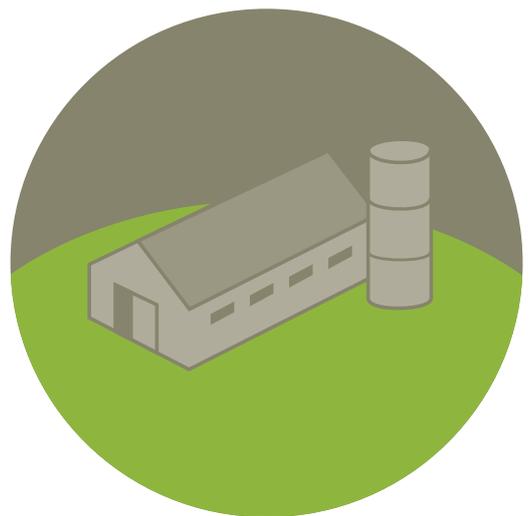
- Un arrête-flamme est installé en amont de la torchère afin d'éviter le passage de la flamme vers le digesteur. Un dispositif de ventilation adapté à ce type d'équipement assure un balayage préalable à l'allumage et après l'arrêt de la flamme.
- Dans le cas d'un stockage de gaz auxiliaire, des capteurs de pression vérifient en permanence la quantité de biogaz présent.
- Un dispositif d'arrêt d'urgence des moteurs (type « coup de poing ») et une vanne d'arrêt de l'alimentation en biogaz sont installés à l'extérieur du local de cogénération, clairement identifiés et d'accès facile.
- Le fonctionnement des moteurs de combustion est asservi au débit de biogaz. Ainsi, tout débit en dehors de la plage optimale de fonctionnement du moteur entraîne l'arrêt de l'alimentation en biogaz via une vanne automatique, doublée d'une vanne manuelle.
- Le local des moteurs dispose d'une ventilation mécanique permanente qui devra pouvoir fonctionner en présence d'une atmosphère explosive en cas de dysfonctionnement (fuite de gaz).
- Un dispositif de détection de méthane dans le local de cogénération, régulièrement vérifié et étalonné, met l'installation en sécurité en cas de dépassement du seuil défini. Il déclenche l'alarme sonore et visuelle, stoppe la cogénération, l'alimentation en biogaz et en intrants. L'information de mise en sécurité est relayée auprès d'une personne en mesure d'intervenir et de traiter le dysfonctionnement.

### Mesures organisationnelles

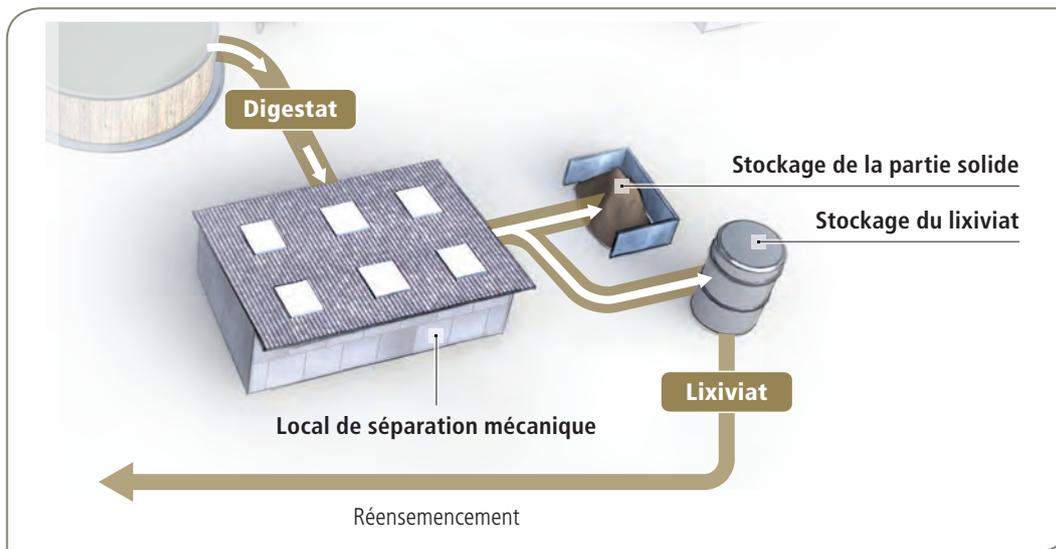
- Une procédure de mise en sécurité de la cogénération et de la mise en sécurité de l'installation qui en découle est rédigée, affichée et portée à la connaissance des personnes concernées.
- Le local des moteurs et le local du transformateur présentant des risques particuliers, seules les personnes ayant reçu une formation spécifique sont autorisées à y pénétrer.
- Dans le cas où les moteurs ne sont pas équipés de carters d'insonorisation, des protections auditives (bouchons d'oreilles ou casques antibruit) sont à disposition à l'entrée du local de cogénération.

### ➔ Proposition de zonage

Élément de l'installation	Localisation de la zone ATEX	Type de zone et dimensionnement	Observations
Local de cogénération	Intérieur du local	Zone 2 : tout le local	Dans le cas d'une ventilation mécanique permanente et d'une détection gaz asservie au fonctionnement de la cogénération, il est possible de classer le local hors zone si ces mesures sont pérennes (ventilation et détection)
Local du condenseur	Intérieur du local	Zone 1 : tout le local	Dans le cas d'une ventilation mécanique permanente efficace, il est possible de classer le local en zone 2
Condenseur en extérieur	Condenseur	Zone 2 : sphère de rayon 1 m autour du condenseur	



### 3.4. Séparation mécanique du digestat



#### Présentation de l'étape

Les matières organiques introduites dans le digesteur ainsi que les micro-organismes ayant participé à la méthanisation ressortent sous forme d'un digestat pâteux.

Ce digestat brut est généralement déshydraté par séparation mécanique (presse, centrifugation...) afin de concentrer la partie solide. Il en résulte :

- des jus (lixiviat) pouvant être réinjectés afin d'ensemencer le digesteur ;
- une partie plus solide, riche en matière minérale<sup>11</sup> et organique, pouvant être utilisée comme fertilisant, compost, combustible...

Une autre technique s'ajoutant ou remplaçant la séparation mécanique consiste à utiliser la chaleur produite par la cogénération pour déshydrater le digestat.

11. Fraction NPK : azote, phosphore et potassium.

#### Identification des principaux risques

La phase de déshydratation du digestat, le stockage du lixiviat et de la partie solide génèrent des aérosols pouvant contenir des micro-organismes pathogènes et des gaz toxiques ( $H_2S$  et  $NH_3$ ) constituant respectivement un **risque biologique et chimique**. En fonction de la fraction de matières fermentescibles restant dans le digestat, des dégagements de méthane peuvent encore se produire, d'où la présence d'un **risque d'explosion**.

Toutes les étapes de transfert de matières (digestat, lixiviat, partie solide) exposent les personnes à des risques similaires à ceux décrits pendant la phase d'alimentation en intrants, c'est-à-dire **risques biologique, chimique, mécanique, d'explosion, lié au bruit et risque de chute de hauteur**.

Les pièces en mouvement sur les équipements (centrifugeuse, presse...) génèrent des **risques d'écrasement, d'entraînement...**

Par ailleurs, un **risque de brûlure** est présent du fait de l'utilisation de la chaleur issue de la cogénération.

## Principales préconisations de sécurité

### Mesures de conception

- Les locaux abritant les équipements sont constitués de matériaux incombustibles (classe A1 de réaction au feu). Les murs sont d'une résistance au feu REI 120 (coupe-feu 2 heures).
- Dans le cas de l'utilisation de panneaux sandwichs (matériau isolant entre deux parois métalliques) pour assurer une étanchéité thermique de ces locaux, un isolant incombustible, type laine de roche, est à privilégier plutôt que du polyuréthane, matière combustible<sup>12</sup>. Un incendie débutant au niveau du polyuréthane se développera en effet à l'intérieur de la cloison sans pouvoir être atteint par un agent d'extinction, du fait de la paroi métallique.
- Les éléments de chauffage et les circuits associés sont isolés (calorifugés...) afin d'éviter tout contact direct pouvant entraîner des brûlures.
- L'accès direct aux éléments en mouvement (éléments de la presse ou de la centrifugeuse) doit être impossible.
- Les systèmes de transfert de matières pouvant contenir des micro-organismes et des gaz inflammables sont capotés et ventilés.
- Le stockage du lixiviat et de la partie solide du digestat suit les mêmes prescriptions que celles concernant le stockage des intrants (*voir partie «Alimentation en matières organiques» p. 18*).

### Mesures techniques

- Les locaux de déshydratation du digestat sont ventilés mécaniquement de manière permanente afin d'évacuer les gaz résiduels de fermentation, les aérosols contenant des micro-organismes et l'humidité. L'air rejeté est filtré afin d'éliminer ces différents polluants.
- Les zones de stockage du lixiviat et de la partie solide du digestat sont clairement identifiées afin qu'il ne puisse y avoir aucune confusion entre les différents stockages (intrants, digestat...).
- Les systèmes de transfert (digestat, lixiviat...) comportent une indication claire et durable du produit qu'ils véhiculent et du sens de circulation.

### Mesures organisationnelles

## Proposition de zonage

Élément de l'installation	Localisation de la zone ATEX	Type de zone et dimensionnement	Observations
Stockage du digestat, de sa partie solide et du lixiviat	Ciel de fosse couverte ou de cuve de digestat	Zone 2 : ciel de fosse ou de cuve	Zone présente en cas de méthanisation incomplète et de présence de biogaz résiduel
	Soupapes/évents de respiration des cuves ou fosses	Zone 2 : sphère de rayon 1 m	
Locaux de déshydratation	Intérieur du local	Zone 2 : tout le local	Possibilité de réduction de la zone à une sphère de rayon 1 m entourant les équipements en fonction de l'efficacité de la ventilation et des dispositifs de contrôle associés

12. La mise en place de panneaux sandwichs à base de polyuréthane doit suivre les règles de l'art détaillées dans le document APSAD D14-A, en particulier en ce qui concerne la réalisation de passages au travers de ces éléments. Les règles APSAD sont disponibles sur le site [www.cnpp.com](http://www.cnpp.com).

## 3.5. Gestion du site

### Identification des principaux risques

L'exploitation d'une unité de méthanisation nécessite une gestion stricte du site. La présence simultanée d'engins, de véhicules et de piétons doit être prise en compte afin d'éviter le **risque de collision** (séparation des flux, plan de circulation...).

L'absence de gestion des intrants tant au dépotage qu'à l'alimentation du digesteur (quantité, qualité et pouvoir méthanogène) peut engendrer des **emballements** de réaction et des **débordements** de cuve ou de digesteur (par exemple, l'ajout de graisse va engendrer la formation rapide d'une quantité importante de biogaz et peut entraîner le débordement du digesteur par formation de mousse).

Le fonctionnement global de l'installation nécessite la vérification régulière de certains paramètres, notamment :

- les concentrations en oxygène, méthane, sulfure d'hydrogène, ammoniac (*voir encadré « Détection gaz » p.31*) ;
- la pression du biogaz dans le réseau, dans le digesteur ;
- la composition et les caractéristiques physico-chimiques (pH...) du digestat par prises d'échantillons.

Les opérations de prise d'échantillon et de contrôle exposent les personnes à l'ensemble des risques vus précédemment (**risques biologique, chimique, mécanique, d'explosion, lié au bruit, risque de chute de hauteur**) qui doivent donc également être pris en compte.

De la même manière, certaines activités (maintenance, entretien...) exposent les opérateurs à ces différents risques renforcés par des situations de travailleur isolé ou de travail en espace confiné.

### Principales préconisations de sécurité

#### Mesures de conception

- Les activités propres à une éventuelle exploitation agricole et à l'unité de méthanisation doivent être clairement délimitées.
- Les voies d'accès au site sont conçues pour être accessibles en permanence aux véhicules de secours.
- Les différents flux (engins, véhicules et piétons) sont canalisés dans des voies de circulation viabilisées et identifiées par des marquages au sol et des panneaux.
- Une délimitation physique (grillage, barrière...) de l'unité de méthanisation et de l'ensemble de ses équipements est mise en place.
- Les digesteurs sont distants d'au moins 50 m de tout bâtiment d'habitation ou de locaux à fort potentiel calorifique (stockage de paille, engrais, cuve de gasoil...). Une distance d'au moins 10 m est recommandée entre les différents locaux (pompes, cogénération, technique...).
- De manière générale, les locaux sont conçus de façon à éviter l'accumulation de polluants. En particulier, tout local à pollution spécifique (biologique ou chimique) doit être équipé d'une ventilation mécanique permanente balayant la totalité du volume du local.
- Des accès aux différentes installations sont prévus (trappe de visite des réseaux aérauliques ou de fluides par exemple) et sécurisés afin de faciliter leur entretien et réparation.
- Les voies de cheminement, les postes de dépotage disposent d'un éclairage extérieur implanté hors des zones ATEX. De même, l'ensemble des locaux possède un éclairage intérieur, adapté aux influences externes (poussières, projections, risques d'explosion...).
- Le site dispose de moyens d'extinction de type robinet d'incendie armé (RIA) afin de pouvoir lutter rapidement contre un départ de feu quel que soit l'emplacement du sinistre. Ces RIA sont complétés par des extincteurs adaptés aux risques spécifiques liés à certaines activités (telle la production d'énergie dans le local de cogénération où un extincteur à CO<sub>2</sub> est à installer à proximité). Ces équipements sont facilement accessibles, identifiés, repérables et maintenus régulièrement<sup>13</sup>.

13. Pour plus d'informations, voir la brochure publiée par l'INRS *Les extincteurs portatifs, mobiles et fixes* (ED 6054).

## Mesures organisationnelles



Figure 7. Affichage de sécurité à l'entrée du site

- Avant le démarrage de l'installation, l'exploitant et tout le personnel sur place (y compris intérimaire) doit avoir reçu une formation spécifique sur le fonctionnement de l'installation, sa maintenance, sur les risques existants ainsi que sur la conduite à tenir en cas de dysfonctionnement ou d'accident.
- Le site clôturé ne doit être accessible qu'aux seules personnes autorisées ou encadrées.
- Les plans de circulations sont affichés à l'entrée et sur le site. Tout croisement d'engins, de véhicules et de piétons fait l'objet d'un marquage spécifique.
- Un affichage des consignes de sécurité (interdiction de fumer, zones ATEX, circulation d'engins...) est fait à l'entrée du site et près des zones à risques spécifiques (ATEX, biologique, chimique...).
- Un plan général, permettant de repérer les bâtiments et installations, l'ensemble des réseaux, les voies de circulation, les stockages et locaux à risques spécifiques, est présent sur place et mis à disposition des services de secours. Les canalisations enterrées font l'objet de repères en surface.
- Un protocole de sécurité est établi avec les différents transporteurs pour assurer la sécurité au sein du site, formaliser les procédures applicables et organiser le chargement et le déchargement des matières.
- Un suivi des intrants est essentiel pour le bon fonctionnement de l'installation. En particulier, un registre des entrées et des sorties stipule la nature du produit, sa provenance, la quantité, l'heure et la date du dépôt ainsi que la zone de l'opération. Il figure, le cas échéant, le motif d'un refus.
- Pour des questions d'hygiène, le site dispose de sanitaires et de lave-mains équipés de savon liquide et d'essuie-mains jetables.
- L'ensemble du personnel est formé à l'utilisation des différents EPI (appareils de protection respiratoire<sup>14</sup>, protections auditives...) et aux moyens de première intervention disponibles (RIA, extincteurs...).
- Les EPI réutilisables font l'objet d'entretien et de contrôles réguliers conformément aux prescriptions du fabricant, aux bonnes pratiques et aux dispositions du code du travail.
- Les démarches de plan de prévention, autorisation de travail et permis de feu doivent être établies et affichées pour les différentes activités les nécessitant. Des procédures spécifiques sont mises en place, notamment pour encadrer les interventions impliquant des opérateurs en situation de travailleur isolé quand elles ne peuvent être évitées (DATI<sup>15</sup>, prise de contact à intervalles réguliers...).
- Les systèmes de surveillance du site et des paramètres essentiels au bon fonctionnement du procédé doivent être fiables et garantir en permanence la transmission de l'information à l'exploitant ou à une personne désignée en mesure d'intervenir sans délai.

14. Pour plus d'informations, voir la brochure publiée par l'INRS *Les appareils de protection respiratoire. Choix et utilisation* (ED 6106).

15. Dispositif d'alarme du travailleur isolé.

## Détection gaz

L'exploitation d'une unité de méthanisation nécessite la mise en place d'une détection de différents gaz. Ce système de détection, installé par un spécialiste, impose des prescriptions particulières de choix, d'utilisation et de maintenance pour une efficacité optimale.

### Détecteurs fixes

Ils doivent être installés judicieusement, notamment :

- au plus proche de la source d'émission ;
- dans les espaces confinés ;
- en dehors de zones de courants d'air (à plus de 1,50 m d'une porte par exemple) ;
- éloignés des bouches d'amenée d'air et à proximité des bouches d'évacuation.

Leur nombre est fonction de la configuration des locaux (ventilation, volumes morts notamment).

Pour chaque gaz, deux seuils d'alarme peuvent être choisis, par exemple :

	1 <sup>er</sup> seuil d'alarme	2 <sup>e</sup> seuil d'alarme
Méthane	0,4 % (10 % de la LIE)	1,1 % (25 % de la LIE)
Ammoniac	10 ppm	20 ppm
Sulfure d'hydrogène	5 ppm	10 ppm
Oxygène	19 %	17 %

Le premier seuil déclenche une alarme sonore et visuelle, provoquant l'arrêt des activités en cours et l'analyse de la situation. Le dépassement du deuxième met en sécurité l'installation et entraîne l'évacuation des personnes à proximité. Dans tous les cas, la conduite à tenir lors du déclenchement de l'alarme est rédigée, affichée et portée à la connaissance des personnes concernées.

Le système de détection fixe doit être maintenu selon les prescriptions du fabricant. La vérification des détecteurs doit être réalisée régulièrement avec chacun des gaz de référence.

### Détecteurs portatifs

Les détecteurs portatifs, essentiels lors des interventions sur les installations et les équipements, doivent :

- être suffisamment petits et légers pour ne pas engendrer une gêne lors du travail ;
- afficher en permanence les différents niveaux de concentration.

Deux seuils d'alarme peuvent également être définis, identiques à ceux des détecteurs fixes.

Au premier seuil, les travaux en cours doivent être stoppés et la situation analysée. Le dépassement du deuxième seuil doit entraîner une procédure d'évacuation des personnes présentes.

Les détecteurs portatifs doivent être vérifiés régulièrement (dans le meilleur des cas, avant toute utilisation) via une station de vérification. Celle-ci permet de placer l'appareil en présence d'un gaz de concentration connue et de contrôler le temps de réponse et les seuils de déclenchement.

---

## 3.6. Maintenance des installations

La maintenance est définie comme l'ensemble des actions, qu'elles soient techniques, administratives ou de gestion, durant le cycle de vie d'un équipement (réseaux de ventilation, pompes, canalisations, moteurs...), destiné à le maintenir ou à rétablir l'état dans lequel il peut accomplir la fonction qui lui est dévolue.

Dans ce cadre, deux catégories de maintenance peuvent être mises en place :

- la maintenance préventive, exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire les défaillances et la dégradation de l'équipement ;
- la maintenance corrective, exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre l'équipement dans un état de fonctionnement.

La mise place d'une démarche de maintenance préventive est un enjeu capital pour l'installation et ceci à différents niveaux :

- la sécurité : les risques sont d'autant plus importants que les opérations s'effectuent dans la précipitation, ce qui est généralement le cas en maintenance corrective. L'environnement des opérations (atmosphère et sol) peut être pollué, notamment en cas de fuite. L'intervention nécessitera alors des dispositions spécifiques (ajout d'une ventilation forcée, nettoyage des sols, intervention en binôme sous appareil de protection respiratoire...) afin d'opérer en sécurité ;
- la productivité et la durabilité des biens : en réduisant la défaillance des équipements, les arrêts de production sont moindres. De la même manière, en limitant les effets d'usure et de vieillissement, la maintenance préventive permet de conserver plus longtemps un outil de production en bon état de fonctionnement.

Afin de planifier et d'établir les modes opératoires des différentes actions de maintenance, le constructeur doit fournir des notices d'instructions contenant, entre autres :

- les détails du fonctionnement des équipements en mode normal et en mode dégradé ;

- les détails du fonctionnement global de l'installation ;
- les prescriptions de maintenance pour chaque équipement (référence des éléments à changer, périodicité des vérifications, indicateur d'usure, temps de fonctionnement avant changement...).

Les documents qui composent la notice d'instructions et la consigne d'utilisation constituent le dossier d'installation. Il est obligatoire, notamment, pour tout système de ventilation.

Par ailleurs, certains équipements (extincteurs, installations de ventilation, installations électriques, EPI...) sont soumis à des obligations de vérifications générales périodiques. Les équipements concernés, l'objet de la vérification et sa périodicité sont détaillés dans le document publié par l'INRS *Principales vérifications périodiques* (ED 828).

L'intervention sur un équipement génère des risques spécifiques liés aussi bien à l'équipement (électricité, pièce mobile, fluide dangereux...) qu'à son environnement (zone ATEX, espaces confinés, travaux en hauteur...). Il est donc nécessaire d'avoir une connaissance approfondie de ces deux paramètres et de faire intervenir des personnes compétentes formées.

La prise en compte des risques liés à l'intervention sur un équipement et leur prévention sont détaillées dans les documents suivants publiés par l'INRS :

- *Intervenir sur un équipement de travail : penser sécurité* (ED 134) ;
- *Consignations et déconsignations* (ED 6109).

Les travaux en espaces confinés doivent suivre les prescriptions particulières détaillées dans le document *Les espaces confinés* (INRS, ED 967).

La sous-traitance des opérations de maintenance nécessite une gestion particulière formalisée dans les plans de prévention, comme expliqué dans le document *Intervention d'entreprises extérieures* (INRS, ED 941).

# Cas de la méthanisation discontinue par voie sèche

## 4.

Cette technique est préférentiellement mise en œuvre pour des intrants dits secs (intrants ayant entre 15 et 50 % de matière sèche) comme le fumier ou les déchets de céréales.

L'installation se résume généralement à des zones de stockage (intrants, digestat et lixiviat), plusieurs méthaniseurs et un moteur de cogénération. Les méthaniseurs, de type cellules en béton<sup>16</sup>, sont chargés à l'aide d'engins mécaniques puis fermés hermétiquement. Des rampes de pulvérisation vont asperger de lixiviat le tas d'intrant afin de l'ensemencer avec des bactéries méthanogènes. Le temps de séjour, plus long que pour la méthanisation par voie humide, peut aller jusqu'à 60 jours. Une fois le processus terminé, le biogaz est directement brûlé dans un moteur de cogénération. Le retrait du digestat s'effectue de nouveau à l'aide d'un engin mécanique.

<sup>16</sup>. Il existe également des digesteurs possédant une membrane souple devant être manipulée à chaque chargement. Les risques et contraintes supplémentaires liés à la manutention de ce type d'installations font qu'elles ne peuvent être adaptées qu'aux petits volumes.

Les risques sur ces installations sont similaires à ceux déjà cités. Les principales préconisations de sécurité sont applicables de la même manière.

Toutefois, une attention particulière doit être portée aux phases de chargement et de déchargement du (des) digesteur(s). Ces phases sont en effet susceptibles de générer des risques plus importants.

### 4.1. Phase de chargement

Les engins utilisés disposent d'un système de filtration, filtre poussières haute efficacité de type P3 et filtre charbon actif de type ABEK, afin que l'air de la cabine ne contienne pas de produit dangereux (ammoniac, sulfure d'hydrogène, micro-organismes). L'air de la cabine a un taux minimal de renouvellement de 30 volumes par heure.

Par conception, le digesteur comporte les dispositifs de contrôle et de protection déjà évoqués (capteur de pression, évent d'explosion...).

La fermeture des portes du méthaniseur se fait de préférence manuellement afin de s'assurer qu'aucun opérateur ou engin ne reste enfermé dans l'enceinte.

Dans le cas d'une fermeture mécanisée, celle-ci doit se faire par une action maintenue sur un organe de service de type bouton affleurant via un poste de commande permettant de visualiser la zone de fermeture des portes. Une alarme sonore et visuelle se met en fonctionnement avertissant de l'opération en cours. De plus, un dispositif (bouton poussoir pneumatique par exemple) permettant l'ouverture de la porte de l'intérieur doit être installé afin qu'une personne enfermée accidentellement puisse sortir du méthaniseur.

---

## 4.2. Phase de déchargement

Cette étape est obligatoirement précédée d'un assainissement de l'atmosphère du digesteur. Des dispositifs, type capteurs ou prises d'échantillons d'air, sont mis en place afin que toute entrée dans le digesteur contenant encore une atmosphère dangereuse (concentration en oxygène inférieure à 19 %, présence d'une atmosphère explosive liée au méthane, concentration en hydrogène sulfuré ou ammoniac supérieure aux valeurs d'expositions professionnelles, voir p. 12) soit rendue impossible.

Même si le moteur de cogénération transforme la majeure partie du biogaz du digesteur en électricité et chaleur, les concentrations résiduelles des différents gaz et micro-organismes ne sont en effet pas compatibles avec une activité humaine. La ventilation forcée est donc essentielle afin d'assurer le renouvellement de l'air du méthaniseur.

Ainsi, à l'arrêt du moteur de cogénération, une ventilation mécanique assure un flux d'air balayant l'ensemble de la cellule (entrée d'air frais en partie basse au niveau de l'entrée du digesteur et sortie d'air pollué en partie haute sur la face opposée). Le ventilateur à vitesse variable en mode extraction, positionné en fond de cellule, est dimensionné pour assurer un renouvellement d'air suffisant

(*a minima* six fois par heure) pour l'ensemble du volume du digesteur. Il est, de plus, de catégorie 2 (voir p. 16).

L'ouverture de la porte s'accompagnera de l'augmentation du volume d'extraction permettant d'assurer un flux d'air allant de la porte jusqu'au fond du digesteur.

L'air aspiré est filtré avant rejet à l'extérieur afin de retenir les micro-organismes et les gaz dangereux. Un dispositif au sol, de type bouche de soufflage, apportera de l'air neuf au sein du tas de digestat évitant ainsi les poches de biogaz résiduelles.

Avant et durant les activités au sein du digesteur, l'atmosphère sera contrôlée à l'aide d'un détecteur vérifié pour s'assurer que les gaz ( $O_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$  et  $CH_4$ ) respectent les limites fixées p. 12 et 13.

Les opérations de déchargement du digestat s'effectuent avec des engins mécaniques possédant les mêmes caractéristiques que pour les étapes de chargement des digesteurs.

---

## 4.3. Proposition de zonage

Voir les éléments de zonage concernant :

- le digesteur : p. 23 ;
- le local de cogénération : p. 26 ;
- le stockage du digestat, sa partie solide et du lixiviat : p. 28.

# Annexe. Les bonnes pratiques en phase de conception

Les mesures de prévention les plus efficaces sont celles qui s'exercent en amont dès la conception et la construction des locaux. Le respect des règles de l'art en conception d'ouvrages permet de prévenir aussi bien les risques liés au chantier que d'anticiper ceux générés par l'exploitation de l'installation.

Or, le constat général, ainsi que les bilans effectués par les organismes de prévention, mettent en évidence des dysfonctionnements en matière d'hygiène et de sécurité sur les opérations de construction tant en phase de conception qu'en phase de réalisation des installations. Ces dysfonctionnements sont à l'origine de nombreux accidents graves voire mortels.

Nous rappelons ici les étapes clés, essentielles au bon déroulement de la conception d'un ouvrage, ainsi que les points incontournables pour la maîtrise d'œuvre.

À l'issue de cette démarche, il est essentiel d'effectuer non seulement la réception de l'ensemble de l'installation mais aussi celle de chaque équipement.

Il est également essentiel de constituer le document d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO) dès la phase de conception afin que les différentes mesures de prévention puissent être intégrées à l'ouvrage le plus en amont possible.

Le processus de conception peut se diviser en différentes étapes : celles d'avant-chantier puis celles de réalisation de chantier.

---

## L'avant-chantier

Les trois phases d'avant-chantier sont fonction de l'avancement du projet. On distingue :

- l'avant-projet sommaire (APS) ;
- l'avant-projet définitif (APD) ;
- la conception avant commencement des travaux (ACT).



Ces différentes phases mettent en œuvre les acteurs suivants :

- le maître d'ouvrage qui peut être aussi le futur exploitant de l'ouvrage ;
- le maître d'œuvre qui coordonne l'ensemble du projet ;
- le coordonnateur de sécurité et protection de la santé (CSPS) qui met en œuvre la prévention des risques notamment liés à l'intervention de plusieurs entreprises sur un même chantier.

Ces acteurs élaborent les documents et réalisent des actions spécifiques, mais toujours en relation les uns avec les autres.

### Nomination du CSPS

*Phase APS*

**Il doit être nommé dès le début de la phase APS** par le maître d'ouvrage. Le CSPS donne un avis motivé sur la prise en compte des risques dans les documents d'études et aussi dans la rédaction des appels d'offres et des marchés réalisés par le maître d'œuvre.

### Registre-journal

*Phase ACT*

Ce registre permet au coordonnateur de regrouper l'ensemble des informations utiles à sa mission (décisions, inspections, consignes particulières...). Il servira à transmettre les informations en cas de changement de coordonnateur ou de coordonnateurs différents entre les étapes d'avant-chantier et celles de réalisation du chantier.

### Plan général de coordination

*Phases APD et ACT*

Ce plan est élaboré par le CSPS après avis du maître d'œuvre. Il est ensuite intégré dans le dossier de consultations par le maître d'ouvrage et envoyé aux organismes officiels et inspection du travail.

### Projet de marché

*Phase ACT*

Le CSPS rédige le projet de marché en collaboration avec le maître d'œuvre. Ce projet comprend entre autres les plans, les cahiers des clauses techniques et administratives particulières (CCTP et CCAP).

### Déclaration préalable

*1 mois avant ACT*

Cette étape correspond au dépôt de la déclaration de travaux. Elle est réalisée par le maître d'ouvrage en collaboration avec le CSPS et diffusée aux organismes officiels et à l'inspecteur du travail.

### Dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage

*Phases APS à ACT*

Ce document établi par le CSPS avec la collaboration du maître d'œuvre est remis au maître d'ouvrage en trois exemplaires dont un doit être duplicable.

## La réalisation de chantier

Outre la prise en compte unitaire des risques spécifiques aux différents travaux à effectuer, il est essentiel de gérer les risques liés à la présence simultanée de différents corps de métiers (coactivité). On pourra s'appuyer sur l'organisation de la démarche décrite dans le document INRS *Intervention d'entreprises extérieures* (ED 941).

#### POUR ALLER PLUS LOIN

Pour plus d'informations, consulter les différents documents suivants publiés par l'INRS :

- *Conception des lieux et des situations de travail*, ED 950.
- *Aide-mémoire BTP. Prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles dans le bâtiment et les travaux publics*, ED 790.
- *Maintenance et prévention des risques professionnels dans les projets de bâtiment*, ED 829.
- *Logistique de chantier et coordination de sécurité*, ED 884.
- *Contact direct d'engins avec les lignes électriques aériennes*, ND 1879. Document uniquement téléchargeable en pdf sur [www.hst.fr](http://www.hst.fr)
- *La programmation, une aide à la conception des lieux de travail*, ED 91.
- *Conception des usines d'épuration des eaux résiduaires*, ED 968.

## Les points essentiels pour l'installation d'un chantier de méthanisation

### Le plan général de construction (PGC) contient, entre autres :

- la nature de l'opération : construction d'une installation de méthanisation ;
- l'identification des acteurs :
  - maître d'ouvrage et maître d'œuvre,
  - CSPS en phase de conception et CSPS en phase de réalisation ;
- la présentation succincte des opérations à réaliser :
  - calendrier d'exécution global et par opération,
  - effectif prévisionnel et maximal ;
- les études géotechniques : étude de faisabilité (sondages, essais dans le sol...) ;
- la conception des installations :
  - études bétons pour la construction du digesteur et/ou des fosses,
  - construction de réservoirs de stockage fixe ou temporaire,
  - dimensionnement des stockages de déchets et ouvrages de rejets (cheminée et canalisations),
  - repérage et identification des réseaux de l'installation,
  - ventilation des locaux,
  - accès sécurisés (plateforme) pour les différents contrôles (CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, CO, COV...),
  - aménagement des voies de circulation, parking visiteur, voie(s) de secours,
  - contrôle et accès au site,
  - protection incendie des bâtiments et locaux techniques,
  - protection des installations électriques contre la foudre,
  - moyens de lutte contre l'incendie (robinets d'incendie armés (RIA) et extincteurs...) et disponibilité en eau.

### Le plan d'installation du chantier (PIC) contient, entre autres, les dispositions :

- pour la clôture de chantier :
  - délimitation, affichage, type de clôture,
  - les accès piétons et engins ;
- pour les zones de vie :
  - l'emplacement des locaux communs (sanitaires, salles de réunion, bureaux de chantier...),
  - l'emplacement des locaux privatifs (vestiaires, réfectoire, hébergement...) ;
- pour les circulations :
  - les voies de circulation piétons et engins,
  - les zones de stationnement,
  - l'emplacement des zones de déchargement et de réception (coffrages, ferrailles...),
  - l'emplacement des équipements autour des ouvrages (tour d'accès, échafaudage de pied, engin de levage, garde-corps...),
  - les mesures retenues pour assurer la stabilité et le maintien en bon état des voies de circulation,
  - l'éclairage des différentes voies ;



- pour la manutention et les engins de levage :
  - l'emplacement des engins ou équipements (grue mobile...),
  - la matérialisation des zones de survol et des voies de roulement,
  - l'emplacement et la matérialisation des lignes électriques aériennes (hauteur, puissance...);
- pour l'évacuation des déchets :
  - l'emplacement des différentes bennes (gravats, emballages...),
  - la périodicité d'enlèvement des bennes ;
- pour l'installation électrique du chantier :
  - la vérification des installations provisoires,
  - le nombre de coffrets électriques,
  - les habilitations du personnel ;
- pour les protections collectives :
  - les règles d'installation, d'entretien et de démontage des protections collectives,
  - la stabilisation des bords de fouilles,
  - la protection des accès aux fosses et aux quais de déchargement ;
- pour l'encadrement de la coactivité :
  - l'identification précise des différentes étapes du chantier générant de la coactivité,
  - la gêne liés aux ambiances physiques (bruit, éclairage...) créées par ces activités,
  - le risque de propagation d'un incendie et/ou d'une explosion ;
- pour la sécurité du site :
  - les plans d'accès et d'intervention,
  - l'emplacement du matériel de première intervention (RIA, extincteurs...),
  - la présence de sauveteurs secouristes,
  - l'emplacement des systèmes de coupure (électricité, gaz...),
  - les réserves en eau.

---

## Bibliographie

*Les mélanges explosifs.*

1. *Gaz et vapeurs*, INRS, ED 911, 2004.

---

*Les mélanges explosifs.*

2. *Poussières combustibles*, INRS, ED 944, 2006.

---

*Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives.*

*Guide méthodologique*, INRS, ED 945, 2011.

---

*Interventions en espaces confinés dans les ouvrages d'assainissements.*

*Obligations de sécurité*, INRS, ED 6026, 2010.

---

*Détecteurs portables de gaz et de vapeurs*, INRS, coll. « Aide-mémoire technique », ED 6088, 2011.

---

Rapport n° 530 « Règles de sécurité pour les installations agricoles », FAT (Station de recherches en économie et technologie agricoles, Suisse), 1999.

---

*Règles de sécurité des installations de méthanisation agricole*, INERIS, 2009.

Rapport n° DRA-07-88414-10586B

« Étude des risques liés à l'exploitation des méthaniseurs agricoles », INERIS, 2008.

---

*Guide de bonnes pratiques pour les projets de méthanisation*, ATEE Club biogaz (Association technique énergie environnement), 2011.

---

*État des lieux de la filière méthanisation en France*, ATEE Club Biogaz, 2011.

---

Information technique 4 « Règles de sécurité relatives aux installations de méthanisation », Union allemande des fédérations professionnelles agricoles – Bureau principal de la sécurité et la protection de la santé, 2008.

---

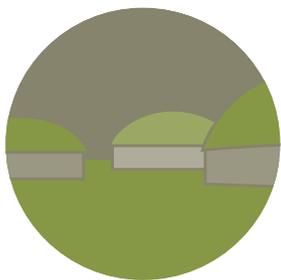
*La méthanisation à la ferme. Guide pratique*, ADEME/AILE/TRAME/SOLAGRO, 2011.

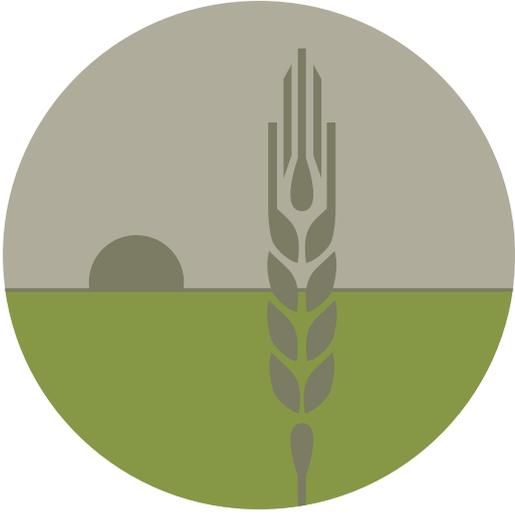
---

*Synthèse de l'étude bibliographique sur la méthanisation par voie sèche*, TRAME/Biogaz Lorraine, 2007.

---

Rubrique 2781-1 de la nomenclature des ICPE « Méthanisation de matière végétale brute, effluents d'élevage, matières stercoraires, lactosérum et déchets végétaux d'industries agroalimentaires » ([www.ineris.fr/aida](http://www.ineris.fr/aida)).





Pour obtenir en prêt les audiovisuels et multimédias et pour commander les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service Prévention de votre Carsat, Cram ou CGSS.

## Services Prévention des Carsat et des Cram

### Carsat ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)  
14 rue Adolphe-Seyboth  
CS 10392  
67010 Strasbourg cedex  
tél. 03 88 14 33 00  
fax 03 88 23 54 13  
prevention.documentation@carsat-am.fr  
www.carsat-alsacemoselle.fr

(57 Moselle)  
3 place du Roi-George  
BP 31062  
57036 Metz cedex 1  
tél. 03 87 66 86 22  
fax 03 87 55 98 65  
www.carsat-alsacemoselle.fr

(68 Haut-Rhin)  
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny  
BP 70488  
68018 Colmar cedex  
tél. 03 88 14 33 02  
fax 03 89 21 62 21  
www.carsat-alsacemoselle.fr

### Carsat AQUITAINE

(24 Dordogne, 33 Gironde,  
40 Landes, 47 Lot-et-Garonne,  
64 Pyrénées-Atlantiques)  
80 avenue de la Jallère  
33053 Bordeaux cedex  
tél. 05 56 11 64 36  
fax 05 57 57 70 04  
documentation.prevention@carsat-  
aquitaine.fr  
www.carsat.aquitaine.fr

### Carsat AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal, 43 Haute-Loire,  
63 Puy-de-Dôme)  
48-50 boulevard Lafayette  
63058 Clermont-Ferrand cedex 1  
tél. 04 73 42 70 76  
fax 04 73 42 70 15  
preven.carsat@orange.fr  
www.carsat-auvergne.fr

### Carsat BOURGOGNE et FRANCHE-COMTÉ

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs, 39 Jura,  
58 Nièvre, 70 Haute-Saône,  
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,  
90 Territoire de Belfort)  
ZAE Cap-Nord, 38 rue de Cracovie  
21044 Dijon cedex  
tél. 08 21 10 21 21  
fax 03 80 70 52 89  
prevention@carsat-bfc.fr  
www.carsat-bfc.fr

### Carsat BRETAGNE

(22 Côtes-d'Armor, 29 Finistère,  
35 Ille-et-Vilaine, 56 Morbihan)  
236 rue de Châteaugiron  
35030 Rennes cedex  
tél. 02 99 26 74 63  
fax 02 99 26 70 48  
drpcdi@carsat-bretagne.fr  
www.carsat-bretagne.fr

### Carsat CENTRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,  
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)  
36 rue Xaintraillies  
45033 Orléans cedex 1  
tél. 02 38 81 50 00  
fax 02 38 79 70 29  
prev@carsat-centre.fr  
www.carsat-centre.fr

### Carsat CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime,  
19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres,  
86 Vienne, 87 Haute-Vienne)  
37 avenue du président René Coty  
87048 Limoges cedex  
tél. 05 55 45 39 04  
fax 05 55 45 71 45  
cirp@carsat-centreouest.fr  
www.carsat-centreouest.fr

### Cram ÎLE-DE-FRANCE

(75 Paris, 77 Seine-et-Marne,  
78 Yvelines, 91 Essonne,  
92 Hauts-de-Seine, 93 Seine-Saint-Denis,  
94 Val-de-Marne, 95 Val-d'Oise)  
17-19 place de l'Argonne  
75019 Paris  
tél. 01 40 05 32 64  
fax 01 40 05 38 84  
prevention.atmp@cramif.cnamts.fr  
www.cramif.fr

### Carsat LANGUEDOC-ROUSSILLON

(11 Aude, 30 Gard, 34 Hérault,  
48 Lozère, 66 Pyrénées-Orientales)  
29 cours Gambetta  
34068 Montpellier cedex 2  
tél. 04 67 12 95 55  
fax 04 67 12 95 56  
prevdoc@carsat-lr.fr  
www.carsat-lr.fr

### Carsat MIDI-PYRÉNÉES

(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne,  
32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées,  
81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)  
2 rue Georges-Vivent  
31065 Toulouse cedex 9  
tél. 0820 904 231 (0,118 €/min)  
fax 05 62 14 88 24  
doc.prev@carsat-mp.fr  
www.carsat-mp.fr

### Carsat NORD-EST

(08 Ardennes, 10 Aube, 51 Marne,  
52 Haute-Marne, 54 Meurthe-et-Moselle,  
55 Meuse, 88 Vosges)  
81 à 85 rue de Metz  
54073 Nancy cedex  
tél. 03 83 34 49 02  
fax 03 83 34 48 70  
documentation.prevention@carsat-nordest.fr  
www.carsat-nordest.fr

### Carsat NORD-PICARDIE

(02 Aisne, 59 Nord, 60 Oise,  
62 Pas-de-Calais, 80 Somme)  
11 allée Vauban  
59662 Villeneuve-d'Ascq cedex  
tél. 03 20 05 60 28  
fax 03 20 05 79 30  
bedprevention@carsat-nordpicardie.fr  
www.carsat-nordpicardie.fr

### Carsat NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche,  
61 Orne, 76 Seine-Maritime)  
Avenue du Grand-Cours, 2022 X  
76028 Rouen cedex  
tél. 02 35 03 58 22  
fax 02 35 03 60 76  
prevention@carsat-normandie.fr  
www.carsat-normandie.fr

### Carsat PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,  
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)  
2 place de Bretagne  
44932 Nantes cedex 9  
tél. 02 51 72 84 08  
fax 02 51 82 31 62  
documentation.rp@carsat-pl.fr  
www.carsat-pl.fr

### Carsat RHÔNE-ALPES

(01 Ain, 07 Ardèche, 26 Drôme, 38 Isère,  
42 Loire, 69 Rhône, 73 Savoie,  
74 Haute-Savoie)  
26 rue d'Aubigny  
69436 Lyon cedex 3  
tél. 04 72 91 96 96  
fax 04 72 91 97 09  
preventionrp@carsat-ra.fr  
www.carsat-ra.fr

### Carsat SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,  
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,  
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse-du-Sud,  
2B Haute-Corse, 83 Var, 84 Vaucluse)  
35 rue George  
13386 Marseille cedex 5  
tél. 04 91 85 85 36  
fax 04 91 85 75 66  
documentation.prevention@carsat-sudest.fr  
www.carsat-sudest.fr

## Services Prévention des CGSS

### CGSS GUADELOUPE

Immeuble CGRR, Rue Paul-Lacavé, 97110 Pointe-à-Pitre  
tél. 05 90 21 46 00 – fax 05 90 21 46 13  
lina.palmont@cgss-guadeloupe.fr

### CGSS GUYANE

Espace Turenne Radamonthe, route de Raban,  
BP 7015, 97307 Cayenne cedex  
tél. 05 94 29 83 04 – fax 05 94 29 83 01

### CGSS LA RÉUNION

4 boulevard Doret, 97704 Saint-Denis Messag cedex 9  
tél. 02 62 90 47 00 – fax 02 62 90 47 01  
prevention@cgss-reunion.fr

### CGSS MARTINIQUE

Quartier Place-d'Armes, 97210 Le Lamentin cedex 2  
tél. 05 96 66 51 31 et 05 96 66 51 32 – fax 05 96 51 81 54  
prevention972@cgss-martinique.fr  
www.cgss-martinique.fr

La valorisation des déchets et le développement d'énergies renouvelables sont des enjeux environnementaux d'actualité. La méthanisation répond à ce double objectif. Les déchets issus notamment de l'agriculture (effluents d'élevage, végétaux...) et de l'agroalimentaire permettent de produire du biogaz valorisable.

Toutefois, les procédés de méthanisation mettant en œuvre ces déchets génèrent des risques particuliers et nécessitent donc des mesures de prévention adaptées.

Ce document expose les principaux risques liés à la mise en œuvre d'une unité de méthanisation et les prescriptions de sécurité associées, à l'intention de l'ensemble des acteurs de la filière (conception, exploitation, maintenance...).



Institut national de recherche et de sécurité  
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles  
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris • Tél. 01 40 44 30 00  
www.inrs.fr • e-mail: info@inrs.fr

**Édition INRS ED 6153**

1<sup>re</sup> édition • juin 2013 • 3 000 ex. • ISBN 978-2-7389-2074-4