

## **GUIDE DE BONNES PRATIQUES POUR LES PROJETS DE MÉTHANISATION**

Document finalisé en décembre 2011



L'ATEE bénéficie du soutien de l'ADEME

## REMERCIEMENTS

*Ce guide a été réalisé par Barriatoulah Achimi, au Club Biogaz ATEE. Nous remercions pour leurs conseils et leur contribution à l'élaboration et à la relecture du guide :*

Caroline MARCHAIS  
Nicolas ANGELI

**Club Biogaz**



Arnaud PIGEON  
Anouk CHABERT

**Agence Tassili**



Armelle DAMIANO

**AILE**



Anaïck ROUXEL  
Patrick TANNEAU

**Algotec International**



Konrad SCHREIBER

Association pour la Promotion  
d'une Agriculture Durable  
**APAD**



Camille LAGNET

**APESA**



Bernard SCHUMPP

**Biogas Engineering**



Constant DELATTE  
Paola OROZCO-SOUËL

**Cabinet Cio**



Dominique FRITZ

**Holding Verte**



Jean Noël JAUBERT

**IAP Sentic**



Vincent SZLEPER

**MAAPRAT**



Charles THIEBAUT

**MEDDTL**



Sébastien COUZY  
Gregory VRIGNAUD

**Methaneo**



Philippe MICONÉ  
Denis DIONNE

**Odotech**



Gaël GONZALEZ

**Association Orée**



Valérie BORRONI  
Lionel TRICOT

**RAEE (Rhônalpénergie Environnement)**



Christian COUTURIER

**SOLAGRO**



Nathalie VIARD  
Denis OLLIVIER

**TRAME**



Christophe RENNER

**Veolia Environnement**



## CONTRIBUTIONS

Les personnes et structures ayant contribué à la rédaction proprement dite du guide seront spécifiées dans chaque grande partie, notamment les parties 2 et 3.

Nous les remercions tout particulièrement pour leur disponibilité.

## LEXIQUE

ACV	Analyse de cycle de vie
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
APCA	Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture
CIPAN	Culture Intermédiaire Piège À Nitrates
CIVE	Culture Intermédiaire à Vocation Énergétique
CLIS	Commission Locale d'Information et de Surveillance
CUMA	Coopérative d'Utilisation du Matériel Agricole
FFOM	Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères
GAEC	Groupement Agricole d'Exploitation en Commun
GES	Gaz à Effet de Serre
GNV	Gaz Naturel Véhicule
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
ISDND	Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux
MS	Matière Sèche
SCV	Semis sous Couvert Végétal
SIAAP	Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne
SIVOM	Syndicat Intercommunal à Vocation Multiple
STEP	Station d'Épuration
TCS	Techniques Culturelles Simplifiées

## PLAN DU GUIDE

### **1. INTRODUCTION : CONTEXTE, ENJEUX ET OBJECTIFS DU GUIDE 9**

<b>1.1. Le contexte de la méthanisation en France .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2. Pourquoi un « Guide de bonnes pratiques pour les projets de méthanisation » ? .....</b>	<b>9</b>
<b>1.3. Que peut-on trouver dans ce guide ? .....</b>	<b>10</b>

### **2. BONNES PRATIQUES EN MATIÈRE D'ACCEPTABILITÉ SOCIALE DES PROJETS DE MÉTHANISATION ..... 11**

#### **2.1. L'acceptabilité sociale, un enjeu pour les projets de méthanisation ..... 12**

<b>2.2. Organiser la concertation et communiquer sur son projet de méthanisation .....</b>	<b>14</b>
2.2.1 Comprendre le contexte du territoire visé .....	14
2.2.2 Anticiper le dispositif de concertation.....	15
2.2.3 Élaborer un dispositif de communication .....	15
2.2.4 Les erreurs récurrentes à éviter .....	17

#### **2.3. Expliquer de manière pédagogique : fiches outils ..... 18**

2.3.1 Quelques définitions .....	18
2.3.2 Quels types de matières peut-on méthaniser ? .....	18
2.3.3 Comment sont valorisés le biogaz et le digestat ? .....	19
2.3.4 Schéma général de la méthanisation avec les différentes filières d'intrants et de valorisation du biogaz et des digestats.....	20
2.3.5 Les intérêts et les avantages d'un projet de méthanisation pour l'environnement .....	21
2.3.6 Les avantages de la méthanisation pour l'économie et les territoires .....	21
2.3.7 Les avantages agronomiques de la méthanisation .....	22
2.3.8 Les atouts de la méthanisation dans le bouquet énergétique .....	22
2.3.9 Donner la bonne unité de mesure ou le bon ordre de grandeur .....	23
2.3.10 A propos des odeurs.....	27
2.3.11 A propos des émissions de H <sub>2</sub> S .....	28
2.3.12 A propos des risques sanitaires.....	28
2.3.13 A propos des risques d'explosion.....	29
2.3.14 A propos de l'impact sur le paysage .....	30
2.3.15 A propos de la prolifération des mouches et des rats .....	30
2.3.16 Quid des cultures énergétiques ? .....	30
2.3.17 Quid des zones en excédents structurels ? .....	31
2.3.18 Quel impact sur le trafic routier ? .....	31
2.3.19 A propos du bruit .....	31
2.3.20 A propos des craintes sur la perte de valeur des terrains.....	32

### **3. BONNES PRATIQUES DE PRÉVENTION ET DE LIMITATION DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE VOISINAGE ..... 33**

#### **3.1. Importance de l'étude d'impact environnemental..... 34**

#### **3.2. Préservation de la qualité de l'air : prévention et limitation des pollutions gazeuses liées à l'activité de méthanisation ..... 35**

3.2.1	Les pollutions gazeuses liées à l'activité de méthanisation.....	35
3.2.2	Réduction des gaz à effet de serre (GES) : CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O .....	37
3.2.3	Prévention et limitation des nuisances odorantes .....	39
3.2.4	Le cas particulier du H <sub>2</sub> S : prévention des émissions et technologies d'élimination .....	72
3.2.5	Le cas particulier de NH <sub>3</sub> : prévention des émissions et traitement de l'air vicié 79	
3.2.6	Autres composés traces : Siloxanes, Mercaptans, BTEX, métaux lourds .....	82
<b>3.3.</b>	<b>Préservation et restauration de la qualité des sols et des ressources en eau</b>	<b>84</b>
3.3.1	Le digestat.....	84
3.3.2	Mise en place des CIVE et autres cultures dérobées .....	92
3.3.3	Les nouveaux modes culturaux.....	96
<b>3.4.</b>	<b>Intégration paysagère et préservation de l'intégrité de la faune et de la flore</b>	<b>99</b>
3.4.1	Que dit la réglementation ICPE ? .....	99
3.4.2	Choix de l'implantation .....	100
3.4.3	Intégration dans le paysage géographique .....	101
3.4.4	Intégration écologique.....	105
<b>3.5.</b>	<b>Gestion du transport.....</b>	<b>106</b>
3.5.1	Etude optimisée du gisement de matières premières .....	106
3.5.2	Adaptation des itinéraires et horaires .....	107
3.5.3	Respect des règles de circulation et entretien des infrastructures routières .	108
3.5.4	Propreté et entretien des camions.....	108
<b>3.6.</b>	<b>Prévention et limitation du bruit.....</b>	<b>108</b>
3.6.1	Prévention du bruit lors du transport .....	108
3.6.2	Prévention du bruit sur site .....	109
<b>4.</b>	<b>CHARTRE DES BONNES PRATIQUES.....</b>	<b>112</b>
<b>5.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE THÉMATIQUE.....</b>	<b>115</b>

# 1. Introduction : contexte, enjeux et objectifs du guide

## 1.1. Le contexte de la méthanisation en France

En cette période charnière pour le développement des énergies renouvelables, la méthanisation recèle un potentiel important par sa double capacité de valorisation énergétique des déchets organiques et de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Pourtant, si le procédé de méthanisation est utilisé dans le nord de l'Europe (Allemagne, Danemark, Suède, Suisse...) depuis de nombreuses années, il a connu en France un développement très mesuré et principalement axé sur le secteur des boues d'épuration urbaines et industrielles.

Mais sous l'effet de la [directive européenne du 19 novembre 2008](#) sur les déchets et des incitations financières - notamment la revalorisation en 2006, puis 2011 des [tarifs d'achat](#) de l'électricité produite à partir du biogaz - mises en place dans le cadre de la politique française de lutte contre l'effet de serre et de développement des énergies renouvelables, ce procédé fait aujourd'hui l'objet d'un fort regain d'intérêt, surtout dans le monde agricole. La méthanisation devrait donc contribuer à atteindre l'objectif du Grenelle de l'environnement de 23 % d'énergie renouvelable en 2020.

Ainsi, de nombreux projets sont initiés en France, que ce soit en méthanisation de déchets ou coproduits agricoles, d'effluents d'élevage, d'effluents et coproduits agro-industriels, de boues d'épuration, ou de la fraction fermentescible des ordures ménagères (FFOM).

## 1.2. Pourquoi un « Guide de bonnes pratiques pour les projets de méthanisation » ?

Mais si l'équilibre économique est aujourd'hui moins incertain, c'est l'acceptabilité de ces projets par le public qui pourrait constituer un frein au développement de la filière. En effet, les projets de méthanisation se heurtent à des oppositions de collectivités ou de riverains soucieux de ne pas être exposés à des risques d'explosion, ou de pollution olfactive, visuelle ou chimique. Ces craintes sont compréhensibles, mais d'autant plus incohérentes que les solutions existent, sur un plan pratique et technique, avec des installations adaptées et une optimisation des procédés, la preuve en étant le bon développement de cette filière dans les pays voisins.

C'est pourquoi le Club Biogaz a initié la rédaction du présent « Guide de bonnes pratiques pour les projets de méthanisation » en France. Ce guide a pour objectifs :

- \* D'éclairer les porteurs de projet sur les facteurs pouvant influencer ou conditionner l'acceptabilité sociale des projets de méthanisation. Puis de fournir des recommandations, notamment sur la communication et la concertation, afin de favoriser l'intégration des projets.
- \* De fournir une aide technique aux acteurs de projets pour garantir la qualité des projets à travers des bonnes pratiques visant à minimiser l'impact environnemental, l'impact sur le voisinage...
- \* De convaincre et de rassurer, grâce à la mise en application de ces pratiques, les collectivités qui envisagent ou qui accueillent sur leur territoire des projets de méthanisation, notamment sur les questions sensibles des odeurs, de la sécurité ou encore de l'intégration paysagère.

### 1.3. Que peut-on trouver dans ce guide ?

Le guide s'adresse aux professionnels, aux porteurs de projets, aux bureaux d'études, aux constructeurs, aux exploitants de site, etc.

Tout d'abord, il met l'accent sur l'importance d'adopter une démarche sérieuse et crédible qui conditionnera l'acceptabilité du projet par les populations et associations locales. Les raisons d'opposition, ou les voies de communication ainsi que les sujets sur lesquels il est nécessaire de communiquer seront mis en avant. Le guide aidera aussi les porteurs de projet à démontrer une réelle maîtrise économiquement raisonnable des enjeux énergétiques, environnementaux et sociaux de leur projet, de façon à être crédible aussi bien auprès des instances politiques, des associations environnementales, que des investisseurs.

Ensuite, une deuxième partie apporte les solutions techniques concrètes liées aux sujets sensibles sources d'inquiétude et d'opposition de la part du public. Ainsi il sera question :

- \* Des bonnes pratiques pour limiter l'impact sur la qualité de l'air
  - La minimisation des émissions d'ammoniac et autres polluants
  - Les technologies pour analyser, limiter et traiter les odeurs, ainsi que la réglementation à respecter
- \* De la préservation et la restauration de la qualité du sol et des ressources en eau
- \* De l'implantation et l'intégration paysagère
- \* De la gestion du transport et la prévention du bruit
- \* Le cas échéant, de retours d'expérience avec les différents types d'installations (agricole, industrielle, déchetterie, station d'épuration)

Enfin, ce guide se conclut par **une charte de bonnes pratiques** qui pourrait constituer une sorte d'engagement de qualité pour les projets de méthanisation

## 2. Bonnes pratiques en matière d'acceptabilité sociale des projets de méthanisation

**Ont contribué à la rédaction de cette partie :**

Constant DELATTE  
Paola OROZCO-SOUËL



*Identifie les enjeux  
Mobilise les acteurs*

[www.ciego.fr](http://www.ciego.fr)

### **Cabinet Ciego**

Ciego est un cabinet de conseil en développement de projets d'énergies renouvelables et en communication. Grâce à une méthodologie innovante qui associe expertise technique, compréhension des enjeux, conseil stratégique, et outils de communication ciblée, Ciego :

- \* Analyse et prend en compte le contexte.
- \* Favorise la recherche et la construction d'alliances.
- \* Valorise la volonté de dialogue et de concertation de ses clients.

Au service des acteurs publics et privés, Ciego accompagne ses clients pour renforcer leur capacité de décision et d'action et consolider l'acceptabilité sociale de leurs projets.

## 2.1. L'acceptabilité sociale, un enjeu pour les projets de méthanisation

L'implantation et l'exploitation d'unités de méthanisation présentent des défis importants et l'un d'eux est incontestablement l'acceptabilité sociale. Elle est un critère de première importance, car l'acceptabilité d'un projet de méthanisation par la majorité des citoyens, qu'ils soient concernés directement ou indirectement par ses retombées et ses impacts, est une condition essentielle au succès des installations. En effet, de nombreux projets en développement peinent à voir le jour, et d'autres souffrent d'une communication inadaptée à la diversité des acteurs concernés et à la complexité des interactions entre les différentes parties prenantes.

### **ATTENTION**

L'objectif de ce guide est de décrire des éléments qui ont été identifiés comme pouvant favoriser ou au contraire nuire à l'acceptabilité sociale des projets en général. L'acceptation d'une unité de méthanisation est nécessaire au cours du développement du projet mais aussi au cours de sa construction puis de son exploitation. Vous pouvez prendre en exemple les points favorables indiqués ci-après ou au contraire porter une attention particulière aux points défavorables exposés dans ce guide. Mais il faut garder à l'esprit que les contextes sont toujours très différents selon les projets et que les moyens de créer de l'acceptation sociale doivent être adaptés à chaque cas.

De façon générale, les facteurs pouvant compromettre ou favoriser l'acceptabilité d'un projet de méthanisation sont les suivants :

#### \* Facteurs liés au projet

	<ul style="list-style-type: none"><li>- Méconnaissance ou doutes du public sur la technologie.</li><li>- Engagements non tenus par le porteur de projet sur la maîtrise de la technologie lors de l'exploitation.</li><li>- Faits de nuisances (odorantes par exemple) récurrentes sur certains sites : ce qui entraîne à assimiler la technologie à une cause de nuisances environnementales.</li><li>- Traitement de déchets organiques issus d'autres territoires.</li><li>- Absence de communication, communication tardive ou communication défensive.</li><li>- Communication mal ciblée.</li><li>- Langage trop technique pour le public.</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Valeur ajoutée du projet sur le plan environnemental : par exemple production de biométhane pour les véhicules de transport.</li><li>- Avantages économiques locaux : création d'emplois, taxes locales, réseau de chaleur issue d'énergie renouvelable.</li><li>- Autres avantages : tourisme « industriel » généré par le site, attractivité du territoire</li></ul>

#### \* Facteurs liés au contexte

	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pas de volonté d'implication de la part des instances ou autorités politiques en amont.</li><li>- Rivalités politiques (par exemple opposants aux maires).</li><li>- Inquiétude des riverains par rapport à la préservation de leur qualité de vie.</li></ul>
---	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proximité du lieu d'implantation avec les habitations.</li> <li>- Mauvaise intégration dans le milieu (environnement, proximité avec les riverains, intégration paysagère, etc.).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soutien des élus et instances politiques</li> <li>- Contexte politique local favorable aux énergies renouvelables.</li> <li>- Communication maîtrisée et anticipée en amont du projet.</li> <li>- Facilitation de l'accès à l'information.</li> <li>- Implication active de la population dans les processus de consultation et de décision.</li> </ul>

En général, les sujets suivants sont récurrents et motifs d'opposition si la communication et le montage technique du projet n'apportent pas les réponses appropriées (voir des exemples d'argumentaires en 2.3) :

- \* Les odeurs
- \* L'impact sur le paysage
- \* Les nuisances dues au trafic
- \* Les risques d'explosion
- \* Le bruit
- \* La perte de valeur des terrains

#### **Remarque**

Tant que les riverains n'auront pas compris l'intérêt et les bénéfices du projet et que leur besoin d'être rassurés sur les mesures mises en place pour minimiser les nuisances associées à la méthanisation demeure, les risques d'opposition seront forts.

Pour favoriser l'acceptabilité sociale, les porteurs de projet doivent réussir la communication autour de leurs projets et adopter de bonnes pratiques visant à limiter les impacts sur l'environnement et sur le voisinage. La suite du guide est consacrée à ces deux grandes thématiques (chapitres 2 et 3).

## 2.2. Organiser la concertation et communiquer sur son projet de méthanisation

### **ATTENTION**

Les recommandations suivantes ne sont pas des recettes miracles. Elles ont pour objectif d'insister sur les aspects incontournables à prendre en compte pour ne pas compromettre le processus d'acceptation par les riverains. Il est important de garder à l'esprit que le contexte est spécifique à chaque projet.

### 2.2.1 Comprendre le contexte du territoire visé

Avant de démarrer un projet, il faut vérifier sa compatibilité avec l'environnement politique, social, économique et naturel du territoire concerné. Un véritable diagnostic territorial est donc nécessaire pour comprendre :

- \* Quel type de territoire et quels types d'activités : rural, urbain, semi-urbain, agricole, industriel, résidentiel, de services ?
- \* Quelles institutions ou acteurs peuvent être influents, concernés, intéressés par votre activité ?
- \* Quelles entités, acteurs locaux, peuvent être un appui, une source d'opposition ou un relais au développement de votre projet ?
- \* Quel est le degré de connaissances de la population sur la méthanisation. Le sujet est-il nouveau ou au contraire maîtrisé ?

Il convient de se renseigner également sur les projets et installations existants sur le territoire ou dans la région :

- \* Quels problèmes d'acceptabilité ont pu rencontrer les promoteurs de projets de méthanisation ? Pourquoi ?
- \* Quelle démarche le porteur de projet a-t-il mis en place ?
- \* Existe-t-il d'autres unités de valorisation ou de traitement de déchets ?
- \* Ont-elles connu des problèmes d'acceptabilité ? Pourquoi ?
- \* Votre projet apporte-t-il une valeur ajoutée par rapport à un autre projet de méthanisation ou par rapport à une autre technique de traitement de déchets ?

Mener cette réflexion permet le questionnement suivant : Le projet est-il bien défini ? Est-il possible de l'implanter sur le territoire concerné ? Dispose-t-il d'une marge de manœuvre ?

Un diagnostic territorial complet, appuyé d'une analyse sociologique, apporte ainsi des éléments de réponse à ces questions et permet d'élaborer les axes de développement du projet pour s'assurer qu'il répond à un besoin et trouver des compromis durables et acceptables par l'ensemble des acteurs.

## 2.2.2 Anticiper le dispositif de concertation

La participation de la population à la décision publique est aujourd'hui une pratique et une obligation réglementaire. Si des réticences existent chez les porteurs de projet qui perçoivent les risques de la concertation, cette étape est aussi une opportunité de présenter le projet, d'évaluer son acceptabilité, de faire émerger des questions clés et de mieux aborder l'enquête publique.

Mais faire participer des acteurs à un projet donné n'est pas un exercice banal. Il faut savoir qui mobiliser, quand et de quelle façon : être capable d'amener les participants dans un espace constructif de discussion tout en gérant leurs différends et savoir éviter les pièges de la participation, car cette étape est clé pour l'élaboration et la mise en place du projet.

- \* **Bâtir un dispositif de concertation et de communication** repose sur la qualité et le degré de connaissance du contexte dans lequel se déroule le projet, sur la définition des objectifs, l'identification et la connaissance des cibles et de leur environnement, et l'élaboration d'une stratégie de concertation.
- \* **L'efficacité d'un dispositif de concertation et de communication** dépend de l'analyse et la prise en compte des attentes et préoccupations de la population concernée, de la définition du ou des messages à diffuser et des moyens de communication et de promotion à mettre en place.

La concertation nécessite donc une réflexion stratégique en amont et ne peut être considérée comme une phase indépendante du développement du projet. C'est l'occasion d'utiliser à bon escient les enseignements du diagnostic territorial et les outils et formes de communication adaptées au territoire et au projet.

La concertation n'est pas une étape que doit subir le développeur mais le moyen de montrer sa maîtrise du projet, sa connaissance du territoire et sa volonté de dialogue.

## 2.2.3 Élaborer un dispositif de communication

La mise en place d'un dispositif de communication est l'étape qui découle de la réflexion stratégique sur le projet et le dispositif de concertation.

### **Remarque**

Les suggestions ci-après sont données à titre indicatif. Chaque projet et chaque territoire étant uniques, les outils et le calendrier de communication à mettre en place dépendent de l'analyse territoriale et de la stratégie de concertation et de communication choisie.

Le Tableau 1 ci-après donne un aperçu des étapes significatives de la communication en précisant à quelles phases elles doivent être entreprises. Il est largement inspiré du guide : « *Savoir communiquer sur son projet de méthanisation* », Rhônalpénergie Environnement, Biogas Regions. février 2010 (Voir Annexe 1). Vous pourrez le consulter pour plus de précisions.

Mesures	Remarque	Pendant les études	Pendant les démarches administratives	Au démarrage	En activité
1- Informer le maire et les autres instances politiques.		✓			
2- Faire visiter des installations de méthanisation		✓			
3- Organiser des réunions d'information	Au moins une pendant les études de faisabilité. 1 fois par an en activité.	✓	✓		✓
4- Intégrer le voisinage – participation civique		✓			
5- Communiquer pendant la procédure d'autorisation	Très important pendant l'enquête publique.		✓		
6- Organiser une « journée portes ouvertes »	1 fois par an dans l'idéal.		✓		✓
7- Développer les relations publiques avec les médias			✓	✓	✓
8- Publier une brochure sur l'installation et sur le biogaz			✓	✓	✓
9- Créer un site internet		✓	✓	✓	✓
10- Organiser une inauguration de l'unité de méthanisation					✓
11- Organiser une table ronde sur le biogaz	1 fois par an dans l'idéal				✓
12- Faire du sponsoring et organiser des visites.	Permanent				✓

**Tableau 1: Les étapes significatives de communication. (Source : *Savoir communiquer sur son projet de méthanisation*, Rhônalénergie Environnement, Biogas Regions, février 2010).**

## 2.2.4 Les erreurs récurrentes à éviter

- \* **Ne pas communiquer du tout** : En général, un des atouts de la réussite d'un projet est l'implication et l'information des populations concernées dès le début.
- \* **Communiquer trop tard** en espérant que les oppositions n'auront pas le temps de se former avant la réalisation effective du projet : non seulement cela finira par se savoir, mais les oppositions n'en seront que plus virulentes et radicales. Dans l'intérêt de la filière, il faut éviter qu'elle soit perçue comme une activité qui donne souvent le sentiment de s'imposer en force sans garantir à tous l'accès à l'information.
- \* **Communiquer en termes trop techniques** : il faut tenir compte du niveau d'information de la cible sur la méthanisation ou sur des questions techniques, et donc donner des explications dans des termes qui « parlent » à tout le monde. Un message compris est un message qui passe.
- \* **Ne pas tenir ses engagements** : Les promesses ou affirmations formulées doivent être respectées, les habitants mettront des années à oublier des promesses non tenues (même si elles sont orales) et l'exploitant sera constamment évalué et jugé en fonction de ses déclarations.

Le paragraphe 2.5 suivant est constitué de fiches outils avec des argumentaires pour expliquer la méthanisation et défendre votre projet.



## 2.3. Expliquer de manière pédagogique : fiches outils

Les fiches ci-après indiquent les sujets inévitables lors de réunions d'information avec les réponses qu'on peut apporter pour lever les doutes et les peurs, souvent liés à une méconnaissance du sujet. Elles sont inspirées des questions souvent soulevées par le public lors d'enquêtes ou de réunions publiques.

### **ATTENTION**

Les textes ou graphiques des fiches suivantes ne sont donnés qu'à titre d'aide à la communication pédagogique : les opposants au projet avancent des arguments précis face auxquels il faut être préparé. **Il est donc nécessaire de construire pour chaque projet une argumentation adaptée et unique en plus des arguments sur la méthanisation en général.**

### 2.3.1 Quelques définitions

**La méthanisation** est la dégradation partielle de la matière organique en l'absence d'oxygène sous l'action combinée de plusieurs types de micro-organismes. Une suite de réactions biologiques conduit à la formation de **biogaz** (composé majoritairement de méthane et de CO<sub>2</sub>) et d'un **digestat**. Cette réaction a lieu dans un digesteur fermé confiné, ce qui empêche tout contact du gaz produit avec l'air extérieur → **pas d'odeur due au procédé lui-même.**

**Les micro-organismes** impliqués dans la digestion sont des bactéries naturellement présentes dans les déjections animales.

Les **cultures énergétiques dédiées** sont produites sur les mêmes périodes de l'année que les cultures habituellement destinées à l'alimentation, mais utilisées pour produire de l'énergie.

Les **cultures énergétiques intermédiaires ou dérobées** ne sont pas quant à elles en concurrence avec l'alimentation. Elles sont produites entre deux cultures alimentaires et servent notamment à protéger du lessivage les sols auparavant nus en hiver.

### 2.3.2 Quels types de matières peut-on méthaniser ?

La matière première utilisée pour la méthanisation est la matière organique. Elle se retrouve dans :

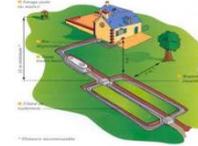
- \* Les résidus agricoles et les déchets verts non ligneux des collectivités (tontes de gazon).
- \* Les déchets d'industries agro-alimentaires : fruits et légumes, déchets d'abattoirs, déchets d'industries laitières, graisses
- \* Les déjections animales : fumier, lisier





## Fiches outils : Questions-Réponses

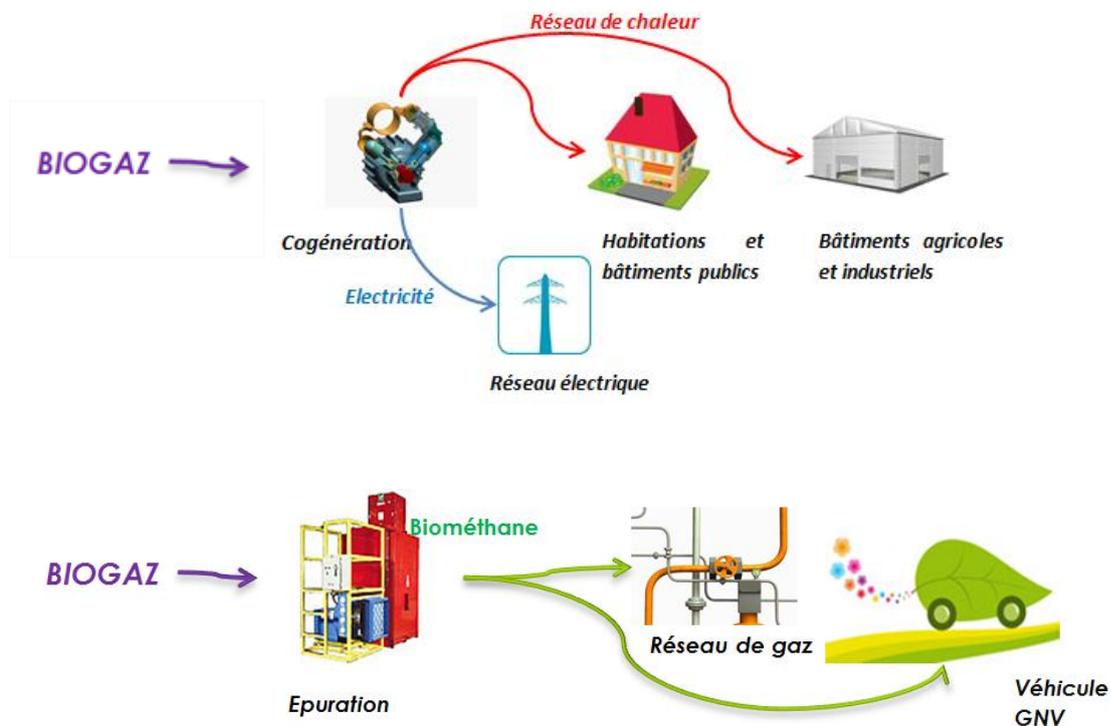
- \* La fraction fermentescible des ordures ménagères FFOM : il s'agit des restes de repas, pelures de fruits et de légumes
- \* Les déchets de restauration et des grandes et moyennes surfaces.
- \* Les boues d'épuration d'eaux urbaines.



### 2.3.3 Comment sont valorisés le biogaz et le digestat ?

Le biogaz est purifié puis :

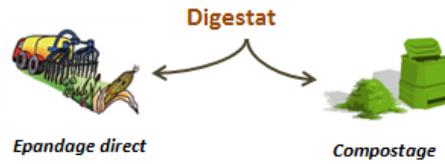
- \* Soit utilisé pour alimenter un moteur de cogénération, et produire ainsi de l'électricité et de la chaleur.
- \* Soit utilisé en chaudière pour produire de la chaleur.
- \* Soit transformé en **biométhane** : le biométhane est du biogaz purifié pour avoir la même qualité que le gaz naturel. Ce biométhane peut être injecté dans le réseau de gaz naturel ou utilisé comme biométhane carburant dans les véhicules qui roulent au Gaz Naturel Véhicule (GNV).



Le **digestat** quant à lui peut être épandu directement dans des champs ou transformé en compost.

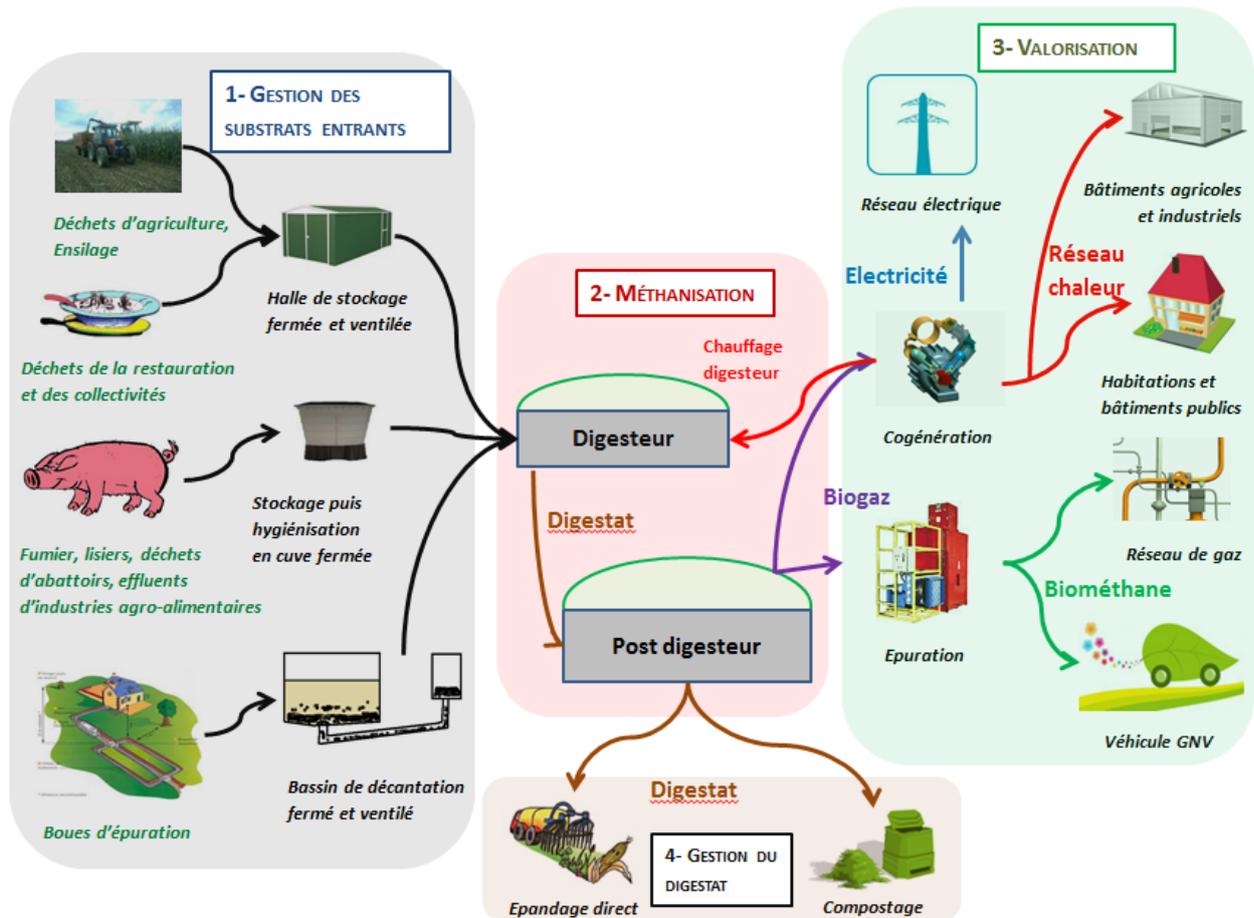


## Fiches outils : Questions-Réponses



Ce digestat présente l'avantage d'être jusqu'à 98% moins odorant que la matière brute méthanisée ; cela élimine la gêne olfactive occasionnée par l'épandage direct de lisier par exemple. Les germes pathogènes sont réduits ainsi que les graines d'adventices.

### 2.3.4 Schéma général de la méthanisation avec les différentes filières d'intrants et de valorisation du biogaz et des digestats



**Figure 1:** Schéma général de la méthanisation avec les différentes filières d'intrants et de valorisation du biogaz et des digestats



### 2.3.5 Les intérêts et les avantages d'un projet de méthanisation pour l'environnement

\* **Réduction des émissions de gaz à effet de serre**

Les matières organiques en fermentation dans des conditions anaérobies (sans oxygène) émettent naturellement du méthane, dont l'effet de serre est 20 à 25 fois plus important que celui du CO<sub>2</sub> émis lors de la combustion de méthane. De plus, ce CO<sub>2</sub> fait partie du cycle de vie naturel de la biomasse et n'est pas d'origine fossile. En permettant de capter le méthane pour produire de l'énergie, la méthanisation permet de contrôler les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

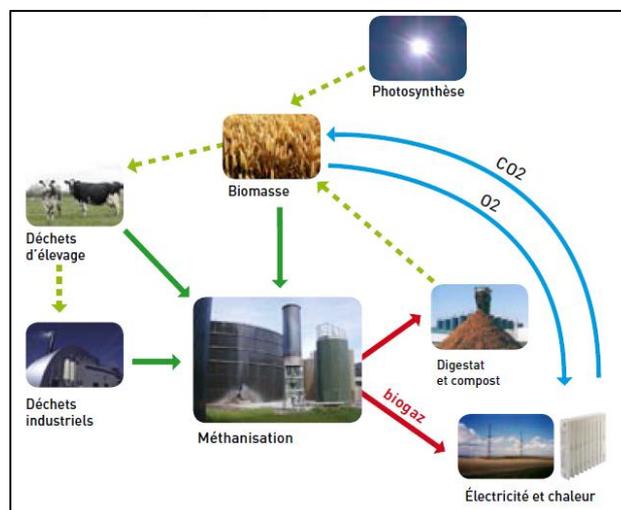
L'utilisation de biométhane à la place du gaz naturel permet d'économiser du gaz naturel et remplace des émissions « artificielles » de CO<sub>2</sub> par des émissions « naturelles ».

\* **Production d'énergie renouvelable à l'échelle locale (production d'électricité ou réseau de chaleur)**

L'énergie produite à partir du biogaz est une **énergie renouvelable** car le méthane n'est pas d'origine fossile comme dans le gaz naturel par exemple, mais produit à partir de déchets organiques. Plus important encore, il s'agit d'une énergie produite localement.

\* **Respect du cycle de vie des matières méthanisées**

Pendant sa croissance, la biomasse puise des ressources dans le sol et capte du CO<sub>2</sub>. Après méthanisation, la matière est retournée au sol qu'elle enrichit, limitant ainsi l'usage d'engrais chimiques. Voir [Figure 2](#).



**Figure 2: Cycle de vie des matières méthanisées. (Source: Ferti NRJ)**

### 2.3.6 Les avantages de la méthanisation pour l'économie et les territoires

\* **Gestion durable des déchets organiques sur le territoire**

A compter du 1er janvier 2012, les « gros producteurs » de déchets fermentescibles, y compris les collectivités, seront tenus de les faire traiter en vue de faciliter leur retour à



## Fiches outils : Questions-Réponses

la terre sous forme d'amendements organiques. La méthanisation s'inscrit parfaitement dans ce schéma tout en ayant l'avantage de produire de l'énergie renouvelable.

### \* **Création d'emplois locaux non délocalisables**

Par exemple lors de la conception et construction de sites, puis pour le transport, fonctionnement et maintenance (1 emploi direct permanent par tranche de 300 kW).

### \* **Autonomie énergétique et maîtrise du coût de l'énergie**

Le biogaz constitue une énergie facilement stockable (gazomètre du digesteur, bouteilles de gaz, réseau de gaz), flexible, qui permet une production stable et prédictible sur court ou long terme. De plus, l'énergie produite grâce au biogaz est la seule énergie renouvelable valorisée sous forme multiple en remplacement du pétrole, du gaz naturel, du fioul, du nucléaire.

L'autonomie énergétique peut être améliorée grâce au développement des réseaux de chaleur collectifs à prix très compétitifs et ce, grâce aux déchets.

La méthanisation permet aussi l'optimisation des process des industries agroalimentaires locales par l'utilisation de la chaleur pour la vaporisation d'eau, l'hygiénisation, la pasteurisation, le séchage, etc. Cela permet la diminution des coûts de traitement des déchets en interne et favorise la compétitivité.

Au niveau économique local, on peut référencer les bénéfices suivants :

- \* Réduction de l'achat des engrais par la valorisation du digestat
- \* Revenus complémentaires par la production et la vente d'électricité ou de biométhane
- \* Diversification de revenus pour les exploitations agricoles, et réduction des coûts d'intrants (engrais, phytosanitaires, énergie)
- \* Création de revenus pour les territoires ruraux : taxes
- \* Création d'une économie et d'une dynamique de marché autour de la méthanisation
- \* Création d'une filière française de produits et technologies innovantes.

### **2.3.7 Les avantages agronomiques de la méthanisation**

Le digestat issu de la méthanisation a une excellente qualité agronomique, meilleure à celle des matières non méthanisées: les éléments fertilisants sont sous forme minérale plus facilement assimilables par les plantes, ce qui améliore le rendement dans la plupart des cas. Le digestat intéresse donc fortement les agriculteurs parce qu'il évite des engrais azotés chimiques et a aussi une valeur amendante. Il présente aussi l'avantage d'être jusqu'à 98% moins odorant que la matière brute méthanisée. Les germes pathogènes sont réduits ainsi que les graines de mauvaises herbes.

### **2.3.8 Les atouts de la méthanisation dans le bouquet énergétique**

Par rapport aux autres énergies renouvelables, l'énergie produite grâce à la méthanisation présente les avantages suivants :

- \* Elle est potentiellement productible et valorisable sur tout territoire.



## Fiches outils : Questions-Réponses

- \* Elle est flexible, permet une production stable et prédictible sur court ou long terme.
- \* Le biogaz produit constitue une **énergie facilement stockable** (gazomètre du digesteur, bouteilles de gaz, réseau de gaz). Cette énergie se prête donc à une **production en période de pointe**.
- L'énergie produite par méthanisation est la seule énergie renouvelable valorisée sous forme multiple en remplacement du pétrole, du gaz naturel, du fioul, du nucléaire.

### 2.3.9 Donner la bonne unité de mesure ou le bon ordre de grandeur

#### 2.3.9.1 Quelques définitions

Le **normo mètre cube** de symbole : **Nm<sup>3</sup>** ou parfois **m<sup>3</sup>(n)**, est une unité de mesure de quantité de gaz qui correspond au contenu d'un volume de un mètre cube, pour un gaz se trouvant dans les conditions normales de température et de pression (0°C et 1 atm, soit 101 325 Pa).

Le **pouvoir calorifique** d'un combustible est l'énergie thermique dégagée par la combustion de ce combustible en présence d'oxygène. Le **pouvoir calorifique inférieur PCI** peut être défini de façon simple par l'énergie thermique (chaleur) minimale récupérable lors de la combustion.

Le pétrole étant l'énergie dominante, les énergéticiens utilisent la tonne d'équivalent pétrole (tep) **Une tonne équivalent pétrole est l'énergie dégagée par la combustion d'une tonne de pétrole brut.**

**Ne pas confondre biométhane et biogaz** : le biogaz est le gaz brut issu de la digestion anaérobie qui contient 50 à 80% de méthane. Le biométhane est issu de la purification du biogaz pour obtenir une qualité chimique similaire à celle du gaz naturel.

Une **énergie primaire** est une forme d'énergie tirée directement d'une source d'énergie disponible dans la nature sans transformation préalable. Le pétrole ou le gaz naturel par exemple sont des *sources d'énergie primaire*. Il en est de même de l'énergie éolienne ou solaire. L'énergie thermique issue de la combustion directe du pétrole est de l'énergie primaire. Au cas où cette énergie n'est pas utilisable directement, elle est transformée de façon à fournir une énergie secondaire. L'électricité produite par une éolienne par exemple est une **énergie secondaire** car elle est provient de la transformation de l'énergie mécanique du vent.

#### 2.3.9.2 Energie et Puissance

Il ne faut pas confondre énergie et puissance : la puissance est une quantité d'énergie (produite ou consommée) par unité de temps.

Dans le Système International (SI), l'unité de mesure de l'énergie est le Joule (J). Celle de la puissance est le Watt (W) qui correspond à 1 Joule par seconde :

$$1W = 1J/s \text{ ou encore } 1J = 1W.s$$

**La puissance exprimée en Watts est donc la quantité d'énergie en Joules produite ou consommée par seconde.** La puissance est donc plus « commode » pour comparer la production ou la consommation de 2 équipements différents puisque l'énergie est ramenée à une unité de temps. **Ainsi une ampoule de puissance 40 W**



## Fiches outils : Questions-Réponses

**consomme 40 J d'énergie par seconde.** Elle est donc plus économique qu'une ampoule de 60 W qui consomme 60 J par seconde.

Mais usuellement, les consommations d'énergie se situent plutôt sur l'échelle de l'heure et non de la seconde. C'est la raison pour laquelle **la consommation ou la production d'énergie est usuellement exprimée en Wattheure (Wh). 1 Wattheure est l'énergie produite ou consommée par un équipement de puissance 1 W pendant une heure. En une journée de 24h, cet équipement produira ou consommera 24 Wh d'énergie.**

Ainsi donc,  $1\text{Wh} = 3600\text{ J}$

Les multiples kilo, méga, giga et téra sont couramment utilisés pour les grandes quantités d'énergie.

Le kilo (k) qui vaut  $10^3 = 1000$

Le méga (M) qui vaut  $10^6 = 1000$  kilos

Le giga (G) qui vaut  $10^9 = 1000$  mégas

On retient donc que l'énergie s'exprime en Wh et ses multiples kWh, MWh, GWh, et que **la puissance est une énergie ramenée à une seconde** qui s'exprime W et ses multiples kW, MW, GW.

### 2.3.9.3 Energie thermique ou électrique

L'énergie électrique exprimée en « Wh électrique ou  $\text{Wh}_e$  (et ses multiples) » représente une quantité d'énergie produite ou consommée sous forme électrique. La puissance électrique en « W électrique » est donc cette énergie électrique ramenée à une seconde. Par exemple, une ampoule dite de 40 W est implicitement une ampoule de  $40\text{Wh}_e$  qui consomme en une heure  $40\text{Wh}_e$  d'énergie électrique.

De la même façon, l'énergie thermique exprimée en « Wh thermique ou  $\text{Wh}_{th}$  » représente une quantité d'énergie produite ou consommée sous forme de chaleur. La puissance associée est donc cette énergie ramenée à une seconde.

La cogénération permet de produire de l'énergie à la fois sous forme d'électricité et de chaleur. Ces deux unités d'énergie permettent de distinguer les parts d'énergie électrique ou thermique produites.

### 2.3.9.4 Donner une équivalence entre l'énergie produite par son installation et l'énergie consommée par des foyers.

Pour donner un ordre de grandeur de l'énergie produite par votre installation, il est souvent plus évocateur pour « monsieur tout le monde » de parler en termes de nombre de foyers que vous pouvez fournir en énergie grâce à votre production.

Les unités de mesure doivent être harmonisées pour donner des chiffres exacts. Voici un exemple de référence pour donner les bons chiffres ou ordres de grandeur. On pourra utiliser les conventions suivantes :

- \* Un foyer est constitué de 4 personnes.
- \* La consommation électrique est donnée hors chauffage, eau chaude sanitaire et cuisson. On la nomme consommation électrique spécifique. Il faut donc toujours le préciser lorsqu'on fait des estimations. En effet, tous les foyers ne se chauffent



## Fiches outils : Questions-Réponses

pas à l'électricité et les consommations et eau chaude dépendent de la taille du logement, de son isolation, de son emplacement géographique.

- \* Concernant la consommation annuelle moyenne d'un foyer, les sources divergent car elles ne précisent pas toujours le nombre de personnes composant un foyer. En tenant compte de la convention selon laquelle un foyer compte 4 personnes, la consommation électrique spécifique moyenne d'un foyer sans chauffage mais avec de nombreux équipements (réfrigérateur, congélateur, lave-vaisselle, lave-linge, sèche-linge, télévision, console de jeu, appareils domestiques divers, ordinateur, éclairage) est d'environ 3500 à 4000 kWh<sub>e</sub> par an. (Source : [programme européen Remodece](#)). Sachant que tous les foyers ne sont pas munis de tous ces équipements, on peut rester sur une base de 3500 kWh<sub>e</sub> par an.

On retient donc que **la consommation électrique spécifique (hors chauffage, eau chaude sanitaire et cuisson) d'un foyer de 4 personnes en France est estimée à 3500 kWh<sub>e</sub> par an.**

Ainsi un site de méthanisation d'une puissance électrique de 1MWe produit en moyenne 8760 MWe = 8 760 000 kWh par an, ce qui correspond à environ la consommation électrique spécifique (hors chauffage, eau chaude sanitaire et cuisson) de 2500 foyers de 4 personnes.

Concernant la consommation de chaleur, on peut utiliser les chiffres suivants :

- \* 18,5 MWh th/ maison : Consommation en chauffage (sans l'eau chaude sanitaire) d'une maison de 140 m<sup>2</sup>, isolée selon la réglementation thermique 2000, en Bretagne (= 132 kWh/m<sup>2</sup>) (source AILE)

### 2.3.9.5 Quelques données pour les conversions et les comparaisons avec les autres énergies

- \* **Le Pouvoir calorifique inférieur (PCI) du biométhane (qu'on assimile à du gaz naturel) est de 35,8 MJ/Nm<sup>3</sup> ou encore 50,1 MJ/kg à 25°C.**

1 tep correspond à un PCI de 42 GJ ou 42000 MJ. Le PCI du pétrole est donc de 42 MJ/kg ou 33,6 MJ/L (La masse volumique de pétrole vaut 800kg/m<sup>3</sup>).

1000 Nm<sup>3</sup> de biométhane équivalent à 0,85 tep. 1000 Nm<sup>3</sup> de biogaz équivalent à 0,65 tep environ.

Autrement dit, la combustion de 1 Nm<sup>3</sup> de biométhane fournit potentiellement la même énergie thermique que celle de 0,85 kg de pétrole ou encore 1,06L de pétrole brut.

- \* L'essence a un pouvoir calorifique moyen de 43 MJ/kg soit 32,25 MJ/L (sa masse volumique moyenne est de 750 kg/m<sup>3</sup>).

Par conséquent 1 Nm<sup>3</sup> de biométhane fournit potentiellement la même énergie thermique que 1,11 L d'essence.

- \* Le PCI du gaz naturel vaut environ 38,16 MJ/Nm<sup>3</sup>.

Donc, 1 Nm<sup>3</sup> de biométhane fournit potentiellement la même énergie que 0,94 Nm<sup>3</sup> de gaz naturel.

- \* Le PCI du charbon vaut 27 MJ/kg.



## Fiches outils : Questions-Réponses

Ainsi 1 Nm<sup>3</sup> de biométhane fournit potentiellement la même énergie que 1,3 kg de charbon.

Pour récapituler :

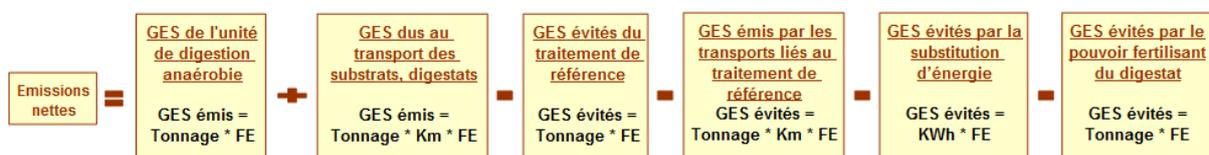


**Figure 3:** quelques équivalences entre le biométhane et d'autres combustibles. (Source Club Biogaz)

### 2.3.9.6 Equivalent des émissions de CO<sub>2</sub> évitées grâce à la production d'énergie grâce au biogaz

Pour être rigoureux sur la quantité de CO<sub>2</sub> réellement économisée, il ne s'agit pas uniquement d'estimer la quantité de CO<sub>2</sub> émise lors de la combustion du gaz naturel pour valorisation. Il faudrait tenir compte des émissions de CO<sub>2</sub> pendant la fabrication et le transport des consommables utilisés lors de la valorisation (électricité, huile de lubrification, acier du moteur, etc.).

L'ADEME et le CEMAGREF ont édité l'outil DIGES permettant de réaliser automatiquement un bilan des émissions de gaz à effet de serre d'une installation de méthanisation sous la forme d'un tableur Excel. Il est accompagné d'un guide d'utilisation très simple. La dernière version est disponible sur le site de l'ADEME : [www.ademe2.fr](http://www.ademe2.fr) > onglet 'Domaines d'intervention' > Déchets > technique et procédés > Traitements biologiques (méthanisation) > onglet 'Quels sont les impacts' > onglet Focus > DIGES. Cet outil, ne prend pas en compte les particularités locales, mais tient compte de la nature des substrats, de la distance parcourue, du mode de valorisation, etc. Le bilan « effet de serre » est calculé de la manière suivante :



Avec FE=Facteur d'Émission et GES=Gaz à Effet de Serre.

Ainsi, des émissions nettes négatives correspondent à une économie de CO<sub>2</sub>.

Les valeurs à renseigner obligatoires sont la composition des déchets, leur quantité et la distance de provenance. Les caractéristiques de l'installation et la substitution de l'énergie thermique peuvent être précisées par l'utilisateur ou données par défaut par le logiciel.

#### Exemple :



## Fiches outils : Questions-Réponses

- \* 30 000t de betterave sucrière collectées à 15km (contre une distance de 20km pour le traitement de référence qui aurait remplacé la méthanisation).
- \* 40 000t de déchets des marchés collectés à 10km (contre par exemple 15km pour le traitement de référence qui aurait remplacé la méthanisation).
- \* Mode de valorisation : cogénération
- \* 10km pour le transport du digestat.

A partir de ces simples données spécifiées et en gardant les paramètres par défaut du tableur, on obtient une estimation pour chacun des termes de la formule ainsi que le résultat final : pour cet exemple, les émissions de CO<sub>2</sub> évitées s'élèvent à **4515 tonnes équivalents de CO<sub>2</sub>**.

Si l'on veut donner l'équivalence par exemple en consommation évitée d'un nombre de voitures, on précise aussi les hypothèses. On peut retenir **2.4t CO<sub>2</sub>/voiture** : Voiture émettant 120g CO<sub>2</sub>/ km (catégorie B) parcourant 20 000 km par an (source ADEME)

A défaut, un autre exemple d'estimation prenant en compte les émissions évitées grâce à la production d'énergie par l'installation de méthanisation plutôt que par une centrale qui produirait la même énergie à partir de gaz naturel a été réalisé dans : « Techniques de production d'électricité à partir de biogaz et de gaz de synthèse » Etude RECORD N° 07-0226/1A, janvier 2009, onglet « Etude économique, énergétique et environnementale ».

### 2.3.10 A propos des odeurs

Tout d'abord, le procédé de méthanisation en lui-même ne crée pas d'odeurs. Il se déroule en milieu confiné complètement hermétique. Les seules étapes pouvant occasionner des odeurs sont celles liées à la logistique nécessaire autour de la méthanisation : le transport, le stockage, le déchargement et le chargement des effluents.

Une installation de méthanisation bien réfléchiée et bien conçue ne présente pas de nuisances olfactives. En effet :

- \* Le transport des déchets se fait par des camions étanches spécifiques qui évitent tout contact avec l'air.
- \* De même les chargements et déchargements sur site ont lieu dans un hangar fermé et étanche.
- \* Les bâtiments de stockage et de prétraitement des matières sont en dépression, c'est-à-dire que l'air ne peut qu'y entrer. Ces bâtiments sont soumis à une ventilation forcée et l'air vicié aspiré est traité dans une unité de désodorisation. La désodorisation par traitement biologique ou par adsorption sur charbon actif a un très haut rendement (odeurs réduites de 90 à 99%).
- \* Les émissions des principaux composés malodorants (acides gras, hydrogène sulfuré) lors du stockage et de l'épandage des déchets sont inférieures à celles observées pour les mêmes déchets non méthanisés, car la matière organique source d'émission de ces composés est dégradée par le processus de méthanisation. Les habitants de la campagne environnante seront donc agréablement surpris lors des épandages puisque le digestat issu de la méthanisation présente l'avantage d'être fortement désodorisé.

Donc le procédé de méthanisation ne crée pas d'odeurs, au contraire, il les réduit significativement en remplaçant les matières odorantes par un digestat beaucoup moins



odorant que les matières non digérées et laissées à la fermentation. Finalement le site en lui-même ne sent pas plus qu'une ferme, et plutôt moins lorsque tous les produits organiques sont stockés dans des zones fermées.

### 2.3.11 A propos des émissions de H<sub>2</sub>S

Ce composé est émis lors de la fermentation en conditions anaérobies (sans oxygène) de matière organique particulièrement riche en composés soufrés. En général les matières concernées sont les boues d'épuration, le lisier et les résidus agricoles.

Les risques se situent au niveau du stockage des substrats (émission de H<sub>2</sub>S en cas de mélange non contrôlé de certaines matières) et des canalisations.

Le H<sub>2</sub>S est émis lors de la fermentation en conditions anaérobies (sans oxygène) de matière organique particulièrement riche en composés soufrés. Les risques d'émission se situent au niveau du stockage des substrats et des canalisations. Le stockage des matières premières est limité au maximum ou se fait dans des conditions favorisant l'aération. De plus, le H<sub>2</sub>S étant corrosif pour les moteurs et les canalisations, il y a tout intérêt à empêcher sa formation dans le biogaz par ajout de chlorure ferrique par exemple aux matières particulièrement soufrées. Cela permet de réduire la teneur en H<sub>2</sub>S de 90% à 99% jusqu'à 5-20ppm. **Mais le plus important est que le biogaz n'est jamais en contact avec l'air extérieur.** Par ailleurs, la réglementation impose aussi une valeur limite de 300ppm en sortie de l'installation, sachant que le seuil légal défini par l'INERIS est de 372 ppm pendant 60 min.

### 2.3.12 A propos des risques sanitaires

Les matières présentant un risque de présence de germes pathogènes sont les sous-produits animaux (déjections, déchets d'abattoirs ou effluents d'industries laitières).

Le transport des déchets n'occasionne pas de rejets vers l'extérieur lorsque le transport se fait par camions étanches et bien recouverts.

Les micro-organismes impliqués dans la digestion anaérobie sont naturellement présents dans la nature. Par ailleurs, les matières présentant un éventuel risque sanitaire (déchets d'abattoir par exemple) sont hygiénisées. L'hygiénisation consiste en un chauffage à 70°C pendant au moins une heure. Ce sont des conditions pasteurisantes qui réduisent significativement la quantité de germes pathogènes par rapport à des effluents non méthanisés et épandus directement. Globalement, la digestion mésophile (autour de 37°C) permet d'éliminer en ordre de grandeur 99 % des germes pathogènes (facteur 100), et la digestion thermophile (autour de 55°C) 99,99 % (facteur de réduction de 10 000).

Par ailleurs, les rejets atmosphériques des unités de méthanisation, notamment lors de la combustion en torchère ont fait l'objet d'une étude scientifique réalisée par l'INERIS en 2006 à la demande du Ministère de l'Environnement. Cette étude entre autres, fait ressortir que dans les rejets atmosphériques il y a certes des éléments potentiellement toxiques, mais que ceux-ci sont en quantité trop faible et à la limite du quantifiable pour provoquer des effets sur la santé. Cette étude a permis de déterminer que les polluants présents dans ces rejets étaient identiques à ceux émis par la combustion du gaz naturel.



### **Pour aller plus loin :**

C. COUTURIER, L. GALTIER. État des connaissances sur le devenir des germes pathogènes et des micropolluants au cours de la méthanisation des déchets et sous-produits organiques. Etude ADEME, 1999.

C. COUTURIER. Effets de la digestion anaérobie sur les micropolluants et germes pathogènes. SOLAGRO, Juillet 2002.

M. MOLETTA. Caractérisation de la diversité microbienne aéroportée des biogaz. Spécialité Ecologie microbienne. Montpellier : Université de Montpellier II, 2005, 195p.

### **2.3.13 A propos des risques d'explosion**

Le risque d'explosion ne se présente qu'avec la conjonction de 3 facteurs : Atmosphère confinée + **présence simultanée** d'oxygène et de méthane dans l'air confiné **avec une proportion de méthane entre 5 et 15%** + source d'ignition (flamme ou étincelle).

En général, ces conditions sont rarement remplies simultanément. En effet, la méthanisation se déroule en milieu confiné, mais en conditions anaérobies c'est-à-dire sans oxygène. Or sans oxygène, la combustion et donc l'explosion ne peut avoir lieu. La réglementation est très contraignante pour les normes de construction de façon à ce que les digesteurs, les canalisations et les équipements de stockage soient bien étanches pour éviter les risques de fuite de gaz. La réglementation stipule aussi que « les locaux confinés font l'objet d'un contrôle de la qualité de l'air portant a minima sur la détection de méthane avant toute intervention ». Chaque local technique est équipé d'un détecteur de fumée. De plus les consignes de sécurité sont également strictes en ce qui concerne la définition des zones ATEX (Atmosphères Explosives), avec interdiction de créer ou d'apporter toute source de flamme ou d'étincelles dans ces zones. Il est à noter que ces zones où se présente le risque d'explosion sont dans un périmètre maximum de 4 mètres environ autour des digesteurs.

#### **Que s'est-il alors passé sur les cas d'accidents rapportés en Allemagne ?**

Il s'agit justement des cas exceptionnels où **par négligence** les 3 conditions définies ci-dessus ont été remplies. Sur plus de 6000 sites en Allemagne, les 5 accidents qui ont été recensés l'ont été pendant la phase de montée en charge : c'est la phase tout au démarrage de la production lorsque il y a du biogaz produit mélangé avec de l'air déjà présent dans le digesteur lors du premier chargement de matières premières. Ce n'est que pendant cette phase critique qu'on peut avoir un mélange d'air et de méthane dans les proportions nécessaires à la combustion. Une fois la production lancée, l'air est chassé peu à peu et il ne reste que du biogaz par la suite dans le digesteur. **Mais même pendant cette phase, l'explosion ne peut arriver qu'en cas de source d'ignition dans la zone ATEX autour du digesteur**. Dans les 5 cas d'accidents, pendant la phase critique de montée en charge, l'interdiction de créer des sources d'étincelles dans la zone ATEX autour du digesteur n'a pas été respectée : par exemple, des travaux étaient encore en cours dans ce périmètre, ce qui a créé des sources d'étincelle.

Mais le plus important est qu'autant que possible les rayons de danger de l'installation sont contenus dans les limites du site et donc les risques éventuels ne concernent pas les tiers hors du site.

En définitive, un site de méthanisation n'est en réalité pas plus dangereux qu'une station-service (qui contient aussi des éléments explosifs et inflammables) ou encore



## Fiches outils : Questions-Réponses

qu'un supermarché vendant des bouteilles de gaz sur son parking. Pour preuve, les sites de méthanisation ne sont pas classés SEVESO. (La directive SEVESO impose aux États membres de l'Union Européenne d'identifier les sites industriels présentant des risques industriels majeurs).

### 2.3.14 A propos de l'impact sur le paysage

Une installation de méthanisation peut très bien s'intégrer au paysage. Les professionnels de la filière agissent pour réduire l'impact paysager, s'adaptent au terrain et se coordonnent avec les populations locales. Le recours à un architecte expert en intégration paysagère permet de garder une harmonie visuelle par rapport à l'environnement. Quelques solutions très simples sont par exemple un choix stratégique du site en fonction du relief du paysage, l'enfouissement partiel des cuves de stockage ou des digesteurs, l'implantation de haies d'arbres autour du site.

### 2.3.15 A propos de la prolifération des mouches et des rats

Il n'y en a pas dans le cas où la matière est stockée à l'intérieur, dans un bâtiment clos, étanche où l'air est filtré. Rappelons que la prolifération de mouches se produit lorsqu'un produit fermentescible est stocké au contact de l'air. De même que pour les odeurs, on évite le stockage prolongé des matières. Enfin, un soin particulier apporté à la propreté des installations permet d'éviter la prolifération de rats.

### 2.3.16 Quid des cultures énergétiques ?

On peut utiliser des cultures pour produire de l'énergie (du biogaz notamment) sans être en concurrence avec l'alimentation.

Auparavant, sur une parcelle, le sol restait nu pendant une partie de l'année entre deux cultures alimentaires. Cela favorisait le drainage par les eaux de pluie des éléments minéraux du sol et impliquait donc souvent l'utilisation d'engrais artificiels pour la culture suivante car le sol avait perdu ses minéraux dans l'intervalle. Aujourd'hui, tout en cultivant normalement ces deux cultures alimentaires, on peut introduire pendant la période habituellement creuse, une culture à croissance rapide que l'on utilise en méthanisation. **Une telle culture est qualifiée d'intermédiaire ou de dérobée**, par opposition à une culture dédiée qui, elle, mobiliserait le sol pendant la même période de l'année qu'une culture destinée à l'alimentation. Ainsi cette culture intermédiaire non seulement protège le sol de l'appauvrissement par les eaux de pluie, mais en plus permet de restituer les éléments nutritifs du sol (non lessivés et récupérés par la plante) par épandage des digestats produits après méthanisation. De cette façon, d'une part on produit de l'énergie sans concurrencer l'alimentation, et d'autre part on limite l'utilisation d'engrais artificiels pour la culture qui venait habituellement après la période de sol nu. Ces cultures permettent également de diminuer les adventices dans les cultures principales, car les pousses sont ramassées en même temps que les cultures intermédiaires.



### 2.3.17 Quid des zones en excédents structurels ?

Certes la méthanisation ne permet pas de réduire la charge azotée des substrats entrants. La quantité en sortie est identique à celle en entrée, seules les proportions entre les différentes formes d'azote évoluent. Mais une partie de l'énergie thermique issue de la valorisation du biogaz par cogénération peut être utilisée pour concentrer le digestat et donc faciliter son exportation hors des ZES ou lui donner une forme plus proche des engrais minéraux.

Quelques bonnes pratiques : épandage en fin d'hiver/début de printemps après la période des fortes pluies, ou au plus proche des besoins des plantes – fractionnement des apports –, utilisation de matériel d'épandage adapté, permettent de limiter l'apport en excès d'azote dans le sol.

Par ailleurs, la mise en place de cultures intermédiaires pièges à nitrates CIPAN pendant la période habituelle de sol nu entre deux cultures permet de prévenir le drainage des nitrates vers les cours et les nappes d'eaux. L'épandage du digestat issu de la méthanisation de telles cultures restituerait alors au sol les éléments nutritifs pour la culture suivante : on peut éviter ainsi l'apport supplémentaire d'engrais artificiel.

### 2.3.18 Quel impact sur le trafic routier ?

Le transport est toujours optimisé pour réduire les distances, non seulement pour limiter les désagréments pour les riverains, mais aussi pour la rentabilité économique.

**Pour un projet de 1 MWe** (à titre indicatif la consommation électrique moyenne hors chauffage, eau chaude sanitaire et cuisson de 2500 foyers de 4 personnes), **on estime le nombre de passages de camions à seulement 10 camions par jour travaillé ; soit un camion par heure pendant les heures de travail.** Les horaires et les trajets de circulation sont adaptés en évitant les heures de pointe et les zones de vie les plus fréquentées. L'impact sur le réseau routier n'est donc pas significatif. Enfin, toutes les matières transportées le sont dans le respect des règles de sécurité en vigueur sur les voies publiques.

### 2.3.19 A propos du bruit

**Le procédé de méthanisation en lui-même est silencieux.** Les sources potentielles de bruit sont le transport et le fonctionnement des moteurs de cogénération (le cas échéant).

Les véhicules de transport sont conformes aux dispositions en vigueur en matière de limitation de leurs émissions sonores. Ils sont utilisés pendant les horaires de travail habituels (8h-18h00 en semaine). Enfin, comme pour tout véhicule, l'usage de tous appareils de communication par voie acoustique (sirènes, haut-parleurs, avertisseurs) est interdit, sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention et au signalement d'incidents graves ou d'accidents.

Quant aux bruits liés aux moteurs de cogénération, une étude acoustique permet de prendre les mesures nécessaires (par exemple revêtement absorbant sur les murs et le plafond) pour respecter les normes imposées par la réglementation. La plupart des constructeurs fournissent les moteurs avec un caisson d'insonorisation qui permet de



## Fiches outils : Questions-Réponses

réduire significativement le bruit du moteur à 65dB à 10m du caisson. Sachant que la réglementation impose une distance minimale moyenne de 50m par rapport aux habitations, le bruit en limite de site serait de 52dB environ, ce qui est bien conforme à la réglementation, même la nuit (60 dB en limite de propriété de l'installation).

### 2.3.20 A propos des craintes sur la perte de valeur des terrains

La présence d'une installation de méthanisation bien conçue permet de développer le territoire en créant des emplois tout en respectant l'environnement. Aussi, elle donne plutôt une image plus « verte » de la commune en illustrant son souci de valoriser les déchets organiques, réduire les pollutions azotées par exemple, et bien sûr produire des énergies renouvelables. De plus l'intégration paysagère limite l'impact visuel de la construction.

Enfin, la présence d'une telle installation peut permettre de développer le tourisme dans la région en organisant des visites de l'installation. Au Pays de la Haute-Vezouze par exemple, une Route des Energies Renouvelables a été mise en place en 2005. Il s'agit d'un circuit de visites guidées et animées pour découvrir des sites de production d'énergies renouvelables : éoliennes, panneaux solaires, méthanisation à la ferme à Mignéville, chaufferie bois, etc.

#### **NOTE**

En dehors d'une bonne communication avec les riverains, il est indispensable, sur le plan technique, d'adopter de bonnes pratiques visant à limiter l'impact sur l'environnement et le voisinage (odeurs, intégration paysagère, bruits, qualité des sols, etc.).

Le 2<sup>ème</sup> volet du guide qui suit est consacré aux solutions techniques concrètes pour limiter ces impacts.

### 3. Bonnes pratiques de prévention et de limitation de l'impact sur l'environnement et le voisinage

**Ont contribué à la rédaction de cette partie :**

Anaïck ROUXEL  
Patrick TANNEAU  
**Algotec International**  
[www.algotec-international.fr](http://www.algotec-international.fr)



Konrad SCHREIBER  
Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable  
**APAD**  
[www.apad-asso.fr](http://www.apad-asso.fr)



Jean Noël JAUBERT  
**IAP Sentic**  
[www.iapsentic.com](http://www.iapsentic.com)



Philippe MICONÉ  
Denis DIONNE  
**Odotech**  
[www.odotech.com/fr](http://www.odotech.com/fr)



Christophe RENNER  
**Veolia Environnement**  
[www.veolia.fr](http://www.veolia.fr)



Denis OLLIVIER  
**TRAME**  
[www.trame.org](http://www.trame.org)



### 3.1. Importance de l'étude d'impact environnemental

Votre installation doit s'insérer sur un territoire, mais aussi dans un paysage avec des sols et des ressources en eau, et dans un milieu avec des êtres vivants, y compris des humains. Vos activités auront un impact sur toutes ces composantes car une « perturbation » est ainsi introduite dans le milieu. Cet impact peut être aussi bien positif que négatif.

Cette réflexion est à mener avant la conception du projet de façon à intégrer au plus tôt les moyens ou mesures pour non seulement limiter votre impact sur l'environnement, mais aussi créer de la valeur ajoutée.

Le contenu de l'étude d'impact doit être en relation avec l'importance de l'installation projetée et avec ses incidences prévisibles sur l'environnement. Elle s'appuie sur l'article R512-8 du Code de l'Environnement :

L'étude d'impact présente successivement :

- \* Une analyse de l'état initial du site et de son environnement, portant notamment sur les richesses naturelles et les espaces naturels agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs, ainsi que sur les biens matériels et le patrimoine culturel susceptibles d'être affectés par le projet.
- \* Une analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents de l'installation sur l'environnement et la santé, en particulier sur les sites et paysages, la faune et la flore, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la commodité du voisinage (bruits, vibrations, odeurs, émissions lumineuses) ou sur l'agriculture, l'hygiène, la salubrité ou la sécurité publique, sur la protection des biens matériels et du patrimoine culturel.
- \* Une analyse de l'origine, de la nature et de la gravité des inconvénients susceptibles de résulter de l'exploitation de l'installation considérée. A cette fin, elle précisera notamment, en tant que de besoin, la nature et la gravité des déchets, le niveau acoustique des appareils qui seront employés ainsi que les vibrations qu'ils peuvent provoquer, le mode et les conditions d'approvisionnement en eau et d'utilisation de l'eau.
- \* Les raisons pour lesquelles, notamment du point de vue des préoccupations de l'environnement, parmi les solutions envisagées, le projet présenté a été retenu.
- \* Les mesures envisagées par le demandeur pour supprimer, limiter et si possible compenser les inconvénients de l'installation ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes. Ces mesures font l'objet de descriptifs précisant les dispositions d'aménagement et d'exploitation prévues, leurs caractéristiques détaillées ainsi que les performances attendues notamment en ce qui concerne la protection des eaux souterraines, l'épuration et l'évacuation des eaux résiduelles et des émanations gazeuses, l'élimination des déchets et résidus de l'exploitation, les conditions d'apport à l'installation des matières destinées à y être traitées, du transport des produits fabriqués et de l'utilisation rationnelle de l'énergie.
- \* Les conditions de remise en état du site avec accord du propriétaire.
- \* Pour les installations appartenant aux catégories fixées par décret, une analyse des méthodes utilisées pour évaluer les effets de l'installation sur l'environnement mentionnant les difficultés éventuelles de nature technique ou scientifique rencontrées pour établir cette évaluation. L'étude d'impact doit donc obligatoirement traiter dans l'ordre ces chapitres.

Plus concrètement, l'étude d'impact doit permettre pour chacun des grands types de nuisances (pollution de l'eau, pollution de l'air, bruit, déchets...) de connaître la situation existante avant la mise en service de l'installation, ses caractéristiques et ses effets bruts sur l'environnement pour chacune de ces nuisances, les mesures prises pour atténuer les effets, et la situation prévisible après mise en service. Elle doit également fournir des renseignements sur les méthodes d'approvisionnement de l'installation et d'évacuation

de ses produits et sous-produits, ainsi que sur son intégration dans les paysages. Si certains points ne paraissent pas concerner l'installation en cause, il est nécessaire d'expliquer succinctement pourquoi. Il faut également signaler parmi les mesures prises les mesures de dépollution « à la source », telles que recyclage, choix de procédé non polluant...

Par ailleurs, pour les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, l'autorisation d'exploitation est subordonnée à la réalisation d'une telle étude qui justifie l'absence d'impact ou un impact moindre sur le milieu.

Renseignez-vous auprès des Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), ou auprès du cabinet d'études qui vous assiste le cas échéant pour vous aider à réaliser une étude d'impact.

Il serait difficile de réaliser ici une étude d'impact environnemental sur une installation qui soit représentative de tous les types de projets ou de site (agricole à la ferme ou territorial, en station d'épuration ou en IAA) et de tous les lieux géographiques.

Néanmoins, quel que soit le type de projet ou de site et quel que soit l'emplacement, de façon générale, l'impact peut se traduire sur les différents milieux que sont : l'air, le sol, l'eau, le paysage, l'écosystème.

La suite de ce guide sera donc consacrée aux bonnes pratiques de limitation de l'impact sur les différents milieux, et qui concernent tous les types d'installations.

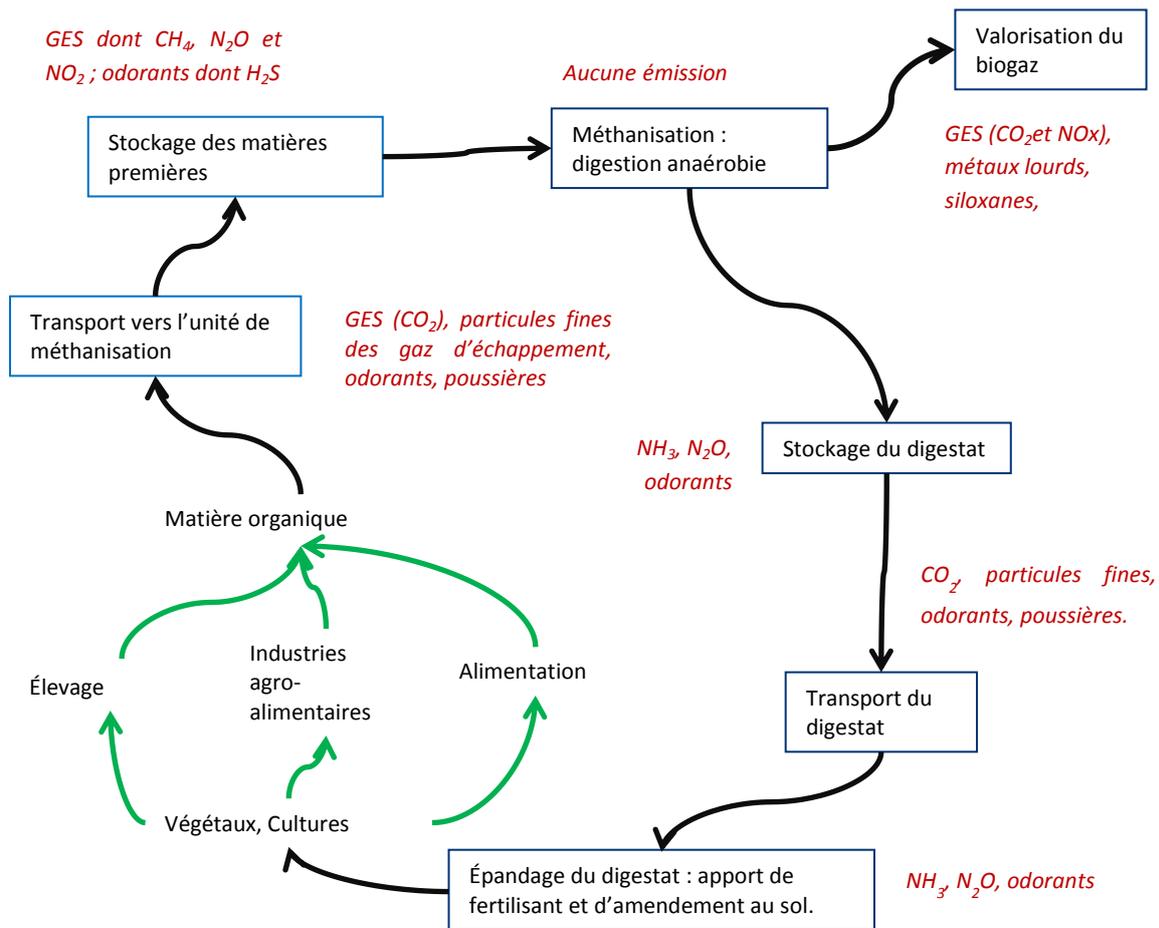
## **3.2. Préservation de la qualité de l'air : prévention et limitation des pollutions gazeuses liées à l'activité de méthanisation**

La Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie, ou loi LAURE, datant du 30 décembre 1996 et aujourd'hui codifiée au Code de l'Environnement stipule dans son article 1 que « chaque individu a le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé ». Mais le confort de la population vis-à-vis de l'air qu'elle respire est également mis en jeu dans l'article 2 à propos des pollutions.

Attention : l'art. 1 ne suffit pas à justifier toute votre démarche car les nuisances odorantes n'atteignent pas nécessairement la santé mais aussi le confort des riverains et des employés. Par conséquent, toute plainte de citoyen concernant une atteinte par des tiers à la qualité de l'air qu'il respire peut porter préjudice à la crédibilité d'une installation et justifier un rappel à l'ordre des autorités locales, notamment de la préfecture.

### **3.2.1 Les pollutions gazeuses liées à l'activité de méthanisation**

La Figure 4 suivante montre les pollutions gazeuses tout au long du cycle de vie des matières méthanisées.



**Figure 4: Pollutions gazeuses liées à l'activité de méthanisation pendant le cycle de vie des matières méthanisées.**

Ainsi les pollutions gazeuses liées à l'activité de méthanisation entrent dans les catégories suivantes :

\* **Les gaz à effet de serre**

- le méthane CH<sub>4</sub> : émis naturellement lors du stockage par les matières à méthaniser (en conditions anaérobies), surtout s'il s'agit de déjections animales. Ce méthane est en principe récupéré par méthanisation si le stockage n'est pas prolongé.
- du dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> émis par les moteurs lors du transport ou lors de combustion du gaz produit (en torchère ou par les équipements de valorisation).
- des NOx ou oxydes d'azote, principalement N<sub>2</sub>O et NO<sub>2</sub> émis par combustion de l'ammoniac contenu dans le biogaz, ou lors de l'épandage du digestat.

\* **Les gaz malodorants**

Les matières méthanisées sont en général assez odorantes : déjections animales, effluents d'industries agro-alimentaires, déchets agricoles, boues d'épuration, ordures ménagères résiduelles.

Les types de composés à l'origine des odeurs sont : principalement le sulfure d'hydrogène  $H_2S$  et l'ammoniac  $NH_3$ , les COV (Composés Organiques Volatils) soufrés et azotés, les alcools et aldéhydes.

### **Cas particulier de l'ammoniac $NH_3$ et du sulfure d'hydrogène $H_2S$**

Ce sont, parmi les composés odorants, ceux qui font l'objet d'une attention particulière. Car, non seulement ils sont presque toujours présents dans les mélanges odorants et dans le biogaz brut, mais en outre ils sont particulièrement toxiques, polluants et nuisibles aux équipements de transport et de valorisation du biogaz.

Un volet sera donc consacré par la suite à ces deux composés en 3.2.4 et 3.2.5.

#### **\* Certains composés traces dans le biogaz : siloxanes, halogénures d'hydrocarbures, mercaptans, métaux lourds**

Les autres polluants peuvent être des halogénures d'hydrocarbures et des composés organométalliques (siloxanes) pouvant engendrer à long terme un phénomène de corrosion, en raison de la production d'acides halogénés et de silice (abrasion des surfaces métalliques de moteur, encrassement de bougies, dysfonctionnement de soupapes...). Ils sont produits dans le biogaz à cause de la composition de certaines matières méthanisées, notamment les boues urbaines et industrielles (industrie papetière par exemple) qui contiennent des composés halogénés ou des métaux lourds.

\* **Les poussières** émises lors du transport.

## **3.2.2 Réduction des gaz à effet de serre (GES) : $CH_4$ , $CO_2$ , $N_2O$**

La méthanisation permet la valorisation du méthane issu de la digestion anaérobie des matières organiques. En cela ce procédé contribue à empêcher les émissions naturelles de méthane dans l'atmosphère lors de l'épandage direct ou du stockage de ces matières. De plus, l'énergie produite grâce au biogaz est renouvelable.

Dans cette logique de réduction des gaz à effet de serre, quelques bonnes pratiques sont à mettre en place :

### **3.2.2.1 Transport des matières entrantes et sortantes**

Les distances de transport des matières entrantes ou sortantes sont à réduire le plus possible. Les matières premières doivent être collectées dans un rayon d'autant plus faible que leur potentiel méthanogène est faible. Dans l'idéal, le rayon de collecte n'excèdera pas 30km.

Voir 3.5.1 : une étude y est faite pour déterminer le rayon de collecte des matières premières en fonction de leur potentiel méthanogène.

### 3.2.2.2 Stockage des matières entrantes et sortantes

Les matières sont stockées dans des contenants ou bâtiments confinés et ventilés. Le lisier par exemple est stocké de façon à réduire la surface de contact air – lisier, et la vitesse de l'air au-dessus du lisier via la couverture des fosses ou le stockage en poche à lisier.

Si le stockage ne peut être confiné, une aération régulière permet d'éviter la formation de conditions anaérobies favorables aux émissions de CH<sub>4</sub>. Par exemple pour les déjections porcines, Une aération de 1 heure par jour suffit pour que la production de méthane ne soit pas détectable (Source : Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets – bilan des connaissances, ADEME, 2005).

Un stockage prolongé favorisant le développement de conditions anaérobies et donc les émissions de méthane, le temps de stockage des matières est minimisé. Pour le fumier par exemple, en cas de non aération régulière, l'essentiel des émissions de méthane a lieu pendant les 50 premiers jours et pour le lisier pendant les 30 premiers jours. Au bout de ces durées la matière a quasiment perdu 90% de son potentiel méthanogène. Il y a donc tout intérêt à la stocker le moins longtemps possible.

De plus, le temps de séjour dans le digesteur et le post-digesteur doit être suffisant pour extraire le maximum de méthane des matières digérées, de façon à limiter les émissions de méthane lors du stockage du digestat. A noter que tous les substrats ne se dégradent pas à la même vitesse. Les fumiers, les tontes de pelouse ou les résidus de culture par exemple se dégradent plutôt lentement et nécessitent un temps de séjour long, supérieur à 40 jours. Par contre, les déchets de restauration, le sang, le lactosérum se dégradent plus rapidement et un temps de séjour entre 25 et 40 jours peut être suffisant. Les tests de potentiel méthanogène sur les matières traitées et l'étude en laboratoire de la cinétique de décomposition des matières méthanisées permettent d'optimiser ce temps de séjour.

### 3.2.2.3 Combustion du biogaz lors de la valorisation

Les émissions de CO<sub>2</sub> lors de la combustion du biogaz sont inévitables. Mais ce CO<sub>2</sub> ne constitue pas un apport supplémentaire de GES dans le cycle carbone car il n'est pas d'origine fossile.

La valorisation énergétique doit être optimisée pour réduire les quantités de gaz brûlé en torchère. Un mauvais réglage ou un mauvais entretien des équipements de combustion, notamment les torchères peut occasionner des émissions de monoxyde de carbone CO toxique.

Les NOx (oxydes d'azote N<sub>2</sub>O et NO<sub>2</sub>) émis proviennent de la combustion de l'ammoniac contenu dans le biogaz. Le prétraitement du gaz pour en éliminer l'ammoniac avant la combustion permet de prévenir ces émissions.

#### **Pour aller plus loin**

Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets – bilan des connaissances, ADEME, 2005.

Étude de la composition du biogaz de méthanisation agricole et des émissions en sortie des moteurs de valorisation, INERIS, 2009.

## 3.2.3 Prévention et limitation des nuisances odorantes

### 3.2.3.1 Un peu de théorie : le vocabulaire approprié

Nous définissons **l'odeur** comme l'interprétation par le cerveau des signaux fournis par les récepteurs olfactifs lors de leur stimulation par des substances odorantes. Il s'agit donc de la perception d'un sujet.

#### \* **L'odorant**

A ne pas confondre avec l'odeur. Ce terme désigne toute substance susceptible d'activer un récepteur olfactif. Il s'agit donc par exemple d'une molécule ou d'un mélange gazeux.

L'adjectif odorant qualifie donc quelque chose qui exhale une odeur, à ne pas confondre avec l'adjectif « **olfactif** » qui est relatif à l'odorat et à la perception des odeurs. On peut faire une analogie **odorant/sonore, olfactif/auditif**.

#### \* **L'odorité**

Ce terme désigne le caractère organoleptique d'un odorant, perçu par le sens olfactif. Dans ce sens, il est donc possible de définir des niveaux d'odorité et de fixer des limites d'odorité, de parler de l'odorité d'un air et de la rapporter à une dilution de l'odorant.

Les odeurs sont naturellement liées à la présence d'un mélange complexe de molécules dans l'air. Une odeur peut se caractériser par :

#### \* **Le seuil olfactif**

Pour chaque corps pur ou mélange odorant, on peut définir une concentration seuil pour laquelle l'effluent est ressenti comme odorant par 50 % des membres d'un jury constituant un échantillon de population. Dans le cas d'un corps pur, cette concentration est appelée par convention « seuil olfactif ».

#### \* **Le niveau d'odorité ou la concentration**

Ce niveau est défini conventionnellement comme étant le facteur de dilution qu'il faut appliquer à un effluent pour qu'il ne soit pas ressenti comme odorant par 50 % des personnes d'un jury constituant un échantillon de population. En d'autres termes, si un effluent doit être dilué 100 fois pour ne plus être ressenti comme odorant, on lui attribuera, par convention, un niveau d'odorité de 100 unités odeur (u.o.).

La détermination des facteurs de dilution en entrée et en sortie des dispositifs d'épuration de gaz permet également d'en contrôler l'efficacité.

**Attention** : le niveau d'odorité d'un mélange odorant ne correspond pas à la simple somme des niveaux d'odorité de chaque constituant.

Quelques exemples de mesures qui ont pu être effectuées :

- Vieille poubelle : 200 - 500 u.o./m<sup>3</sup>
- Compost en fermentation : 2 000 - 10 000 u.o./m<sup>3</sup>
- Biogaz brut : 200 000 - 5 000 000 u.o./m<sup>3</sup> : les intensités odorantes des matières méthanisées sont réduites car les odorants se retrouvent plutôt dans le biogaz brut.

#### \* **Le débit d'odeur**

Le débit d'odeur est défini conventionnellement comme étant le produit du débit d'air rejeté, exprimé en Nm<sup>3</sup>/h, par le facteur de dilution au seuil de perception. Combiné à un modèle de dispersion atmosphérique, cet indicateur permet de déterminer une aire de persistance de la nuisance en fonction des conditions météorologiques.

**Attention** : ne pas confondre le débit d'odeur avec le débit d'effluent odorant.

#### \* **L'intensité d'odeur**

L'intensité d'odeur ou, mieux, intensité odorante caractérise la grandeur de la sensation olfactive. Sa mesure, réalisée par un jury entraîné, consiste à comparer l'intensité du mélange gazeux à l'intensité d'échantillons de référence.

### 3.2.3.2 Pourquoi gérer le risque associé aux odeurs ?

#### **A- Problématique incontournable dans les projets de méthanisation**

La problématique « odeur » est souvent présente dans une opération de nature industrielle, mais omniprésente dans les domaines liés à la gestion de matières organiques. L'image malodorante souvent associée aux déchetteries, stations d'épuration, ordures ménagères ou à l'élevage, a fortement marqué le grand public en défaveur de la méthanisation. Il s'agit en effet de son principal impact environnemental négatif possible : non seulement les matières premières méthanisées sont souvent malodorantes (effluents d'élevage, boues d'épuration, ordures ménagères) mais les installations sont souvent localisées à proximité des lieux de vie.

Une problématique odeur catalyse les autres types de plaintes : bruits, transports, lumières, etc. Cette nuisance représente la principale cause de fermeture et de perte de capacité des infrastructures de gestion des matières résiduelles.

L'expérience a montré que c'est le premier sujet de crainte évoqué par les riverains lors des enquêtes publiques préalables à l'autorisation d'exploitation des unités de méthanisation.

Ainsi afin d'assurer la pérennité des projets, la gestion des odorants doit être intégrée dès le début du projet.

#### **B- Les contraintes réglementaires**

Les odorants gênant la population constituent une nuisance au sens de la loi. En effet, la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie du 31 décembre 1996 reprise aujourd'hui dans le code de l'environnement reconnaît comme pollution à part entière « *toute substance susceptible de provoquer des nuisances olfactives excessives* ».

La loi du 19 juillet 1976 relative aux installations classées, reprise dans le code de l'environnement, est le fondement des prescriptions sur les pollutions odorantes inscrites dans l'arrêté ministériel du 2 février 1998 et dans les arrêtés sectoriels. Quelques prescriptions de cette loi :

**Art.4:** "[...] Les poussières, gaz polluants ou odeurs [lire odorants] sont, dans la mesure du possible, captés à la source et canalisés. [...]"

**Art.20:** "Les dispositions nécessaires sont prises pour limiter les odeurs [lire odorités] provenant du traitement des effluents. Lorsqu'il y a des sources potentielles d'odeurs [lire odorants] de grandes surfaces (bassins de stockage, de traitement, ...) difficiles à confiner, celles-ci sont implantées de manière à limiter la gêne pour le voisinage (éloignement ...). Les dispositions nécessaires sont prises pour éviter en toute

circonstance, à l'exception des procédés de traitement anaérobie, l'apparition de conditions anaérobies dans les bassins de stockage ou de traitement, ou dans les canaux à ciel ouvert. Les bassins, canaux, stockage et traitement des boues, susceptibles d'émettre des odeurs [lire odorants] sont couverts autant que possible et si besoin ventilés."

**Art.29:** "Le « niveau d'une odeur » ou concentration d'un mélange odorant est défini conventionnellement comme étant le facteur de dilution qu'il faut appliquer à un effluent gazeux pour qu'il ne soit plus ressenti comme odorant par 50 % des personnes constituant un échantillon de population. Le « débit d'odeur » est défini conventionnellement comme étant le produit du débit d'air rejeté, exprimé en m<sup>3</sup>/h, par le facteur de dilution au seuil de perception. **L'arrêté préfectoral d'autorisation fixe, le cas échéant, le débit d'odeur des gaz émis à l'atmosphère par l'ensemble des sources odorantes canalisées, canalisables et diffuses à ne pas dépasser.**"

**Art.37 IV:** "Les déchets solides ou pâteux non stabilisés sont enfouis le plus tôt possible, dans un délai maximum de 48 heures, pour réduire les nuisances olfactives [lire odorantes] et les pertes par volatilisation [...]" Dans l'annexe VIIb relative à cet article, est définie une distance minimale entre le lieu d'épandage et les "habitations ou locaux occupés par des tiers, zones de loisirs et établissements recevant du public".

Cette distance est égale à 100 m "en cas de déchets ou d'effluents odorants." [Ce minimum légal doit être augmenté autant que possible lorsque cela est faisable. Noter cependant que les lisiers, plus chargés en odeurs, ont une distance d'épandage de 50m.]

**Art.45:** "Les déchets et résidus produits doivent être stockés, avant leur revalorisation ou leur élimination, dans des conditions ne présentant pas de risques de pollution (prévention [...] des odeurs [lire odorités]) pour les populations avoisinantes et l'environnement. [...]"

Notons que les stations d'épuration collectives urbaines ne sont pas visées par la loi du 19 juillet 1976 mais par la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau.

### **Pour aller plus loin :**

*Odeurs et nuisances olfactives-réglementation*, AIRFOBEP, octobre 2009. Disponible sur le site [www.airfobep.org](http://www.airfobep.org), rubrique « publications/réglementation ».

Bien sûr, les arrêtés ICPE 2781 relatifs à la méthanisation prévoient des dispositions pour la gestion des odorants. Par la suite, les recommandations faites s'appuieront sur la réglementation ICPE. Mais la démarche de gestion des odorants doit aller au-delà de cette réglementation et créer une réelle valeur ajoutée.

### **C- Les retombées des nuisances odorantes**

Rappelons les conséquences que peuvent avoir la perception de nuisances odorantes par les riverains :

#### **\* Dégradation de l'image de la filière**

Quel que soit le type d'installation, les mauvaises expériences sur des cas particuliers d'installations ou de projets sont très vite généralisées dans l'imaginaire collectif à toute

la filière méthanisation. D'où les affirmations du genre « La méthanisation, ça pollue, parce que ça pue ».

\* **Dégradation des relations avec les élus et les citoyens**

Aucun élu ne voudra être associé à un projet qui génère des nuisances odorantes et dont les riverains se plaignent souvent.

\* **Refus du projet**

Des nuisances générées par d'autres installations déjà existantes peuvent entraîner le rejet du projet par les populations riveraines par craintes de subir les mêmes désagréments.

\* **Risque de fermeture/perte de l'autorisation**

Des plaintes répétées et justifiées des riverains de votre installation sur les odorités peuvent être un motif de perte d'autorisation de la préfecture.

\* **Pénalités financières et investissement en technologies de désodorisation**

La non prise en compte de la gestion des odorités dès la conception du projet générera des coûts supplémentaires pour des actions correctives en cas de nuisances.

\* **Diminution/arrêt de la production**

En cas d'intervention nécessaire pour corriger le process existant afin de prendre en compte les odorants.

### 3.2.3.3 La démarche globale de gestion des odorants

La règle principale pour tout problème de nuisance est qu'il vaut mieux prévenir que guérir. Autant que possible, les efforts se concentreront sur la prévention des émissions odorantes dans l'air. Si ces émissions ne peuvent être évitées, il faut prévoir alors des mesures pour limiter la gêne olfactive.

En effet, il est possible et même fortement recommandé d'intégrer la gestion des odorants dès la conception d'un projet et tout au long de l'avancement du projet : choix du site, sélection des technologies, design, études d'impact, demandes de permis, construction, mise en opération, suivi de la performance des opérations et amélioration continue.

**Ainsi les objectifs sont :**

- \* Pendant les phases de préconception et de conception :
  - Établir d'une relation de confiance avec la communauté (élus, citoyens, autorités de contrôle) dès le début du projet.
  - Bien choisir le lieu d'implantation.
  - Evaluer l'état odorant initial.
  - Évaluer l'impact de la nouvelle installation.
  - Elaborer un plan de gestion des odorants.
  - Identifier clairement tous les points sources de libération d'odorants dans l'atmosphère tant sur le site (dans le process et les stockages) que dans l'acheminement des intrants ou des sortants (contenants, logistique)...
- \* Pendant la construction et l'exploitation :
  - Mettre en place les mesures de minimisation des nuisances générées.
  - Mettre en place un suivi des odorités.

- Bâtir un plan de communication adapté.
- Prévoir la mise en place d'outils de surveillance et d'alerte internes ou externes.

Dans le cas particulier des stations d'épuration, la gestion des odorants est désormais prise en compte dès la conception des ouvrages, quelle que soit leur taille. La méthanisation des boues ne représente qu'une partie du process de traitement, encore qu'elle n'y soit pas intégrée systématiquement. Dans ce cas, les émissions d'odorants ne sont pas liées à la méthanisation, et une certaine expérience de la gestion des odorants a été développée depuis une dizaine d'années dans cette filière de l'assainissement. Néanmoins, les stations d'épuration pouvant être aussi concernées par la méthanisation, dans tout l'exposé suivant, des recommandations spécifiques concernant les stations d'épuration seront faites si nécessaire.

## **A- Pendant les phases de pré-conception et de conception**

### ***a- Dès le début du projet : établir une relation de confiance avec la communauté.***

Bien au-delà de l'aspect technique, l'aspect social est très important dans la gestion des odorants. En effet, comme vu précédemment, les nuisances odorantes sont un facteur de rejet des projets de méthanisation.

Vous pouvez organiser une réunion spéciale autour de la question déjà tout au début du projet, sans oublier bien sûr de prendre le temps d'expliquer ce qu'est la méthanisation et bien faire la distinction entre le procédé de méthanisation qui se déroule dans une enceinte fermée et toutes les activités ou toute la logistique autour de la méthanisation.

### ***b- Le choix de l'implantation***

Rappelons que la réglementation ICPE impose une distance minimale de 50m entre les digesteurs et les « habitations occupées par des tiers, à l'exception des logements occupés par des personnels de l'installation et des logements dont l'exploitant ou le fournisseur de substrats de méthanisation ou l'utilisateur de la chaleur produite a la jouissance ».

C'est un paramètre clé dans la prévention des nuisances odorantes. En effet, une installation isolée est moins susceptible d'être l'objet de plaintes de la part de voisins. La distance de 50m doit être augmentée autant que possible lorsque cela est faisable.

En général, le choix de l'implantation s'impose par rapport à la provenance des déchets ou au lieu de valorisation de l'énergie produite. Néanmoins, quelques précautions peuvent être prises :

- \* Dans la mesure du possible, privilégier un emplacement éloigné des lieux de vie, une distance de quelques centaines de mètres est l'idéal. Pour une installation déjà existante ou à implanter sur un site déjà existant ne remplissant pas ce critère, la bonne gestion des odorants est d'autant plus importante.
- \* Choisir (le cas échéant) un lieu qui limite la distance parcourue par les intrants.
- \* Choisir si possible un emplacement accessible sans nécessairement traverser des agglomérations.
- \* Déterminer la direction des vents dominants de façon à se positionner en aval des lieux de vie par rapport aux vents dominants. Dans le cas des stations d'épuration, y penser pour le positionnement des bassins de décantation.
- \* Se positionner aussi par rapport au lieu d'épandage des digestats : le plus près possible.

Notons bien que l'éloignement ne constitue sans doute pas à lui seul une réponse, tant les problèmes d'odeurs sont complexes. Hormis l'implantation et le relief alentour, la perception de l'odeur en tel ou tel endroit dépendra aussi des conditions météorologiques (vent, humidité). À la variabilité de production et de dissémination des odorants, s'ajoute la sensibilité des personnes elles-mêmes et leurs activités propres (intérieures ou extérieures). Les nuisances odorantes résultent de molécules en mélanges complexes qui, peuvent, en plus, interagir avec le milieu ou même entre elles. La gêne provoquée par leur apparition dépend de nombreux paramètres qui sont fonction de chaque cas considéré. D'où l'importance d'établir un diagnostic rigoureux en faisant appel à des spécialistes.

### *c- Pré-étude d'impacts odeurs*

L'étude d'impact environnemental à inclure dans le dossier ICPE de demande d'autorisation d'exploiter ne peut être complète sans une pré-étude d'impact odeur. Cette dernière est même incontournable puisque les odorités représentent l'impact le plus redouté par les riverains d'une installation de méthanisation. De plus, il s'agit d'une obligation réglementaire pour les installations soumises à enregistrement et à autorisation.

Notons que le coût total pour cette évaluation du niveau de nuisance qui sera généré par l'installation est de 4 k€ à 10 k€ selon la taille du site et son implantation (zone industrielle, rurale ou semi-urbaine) et l'importance des études à réaliser.

#### *i- Que dit la réglementation ICPE ?*

##### **\* Pour les installations soumises à déclaration**

Pas de précisions dans l'arrêté ICPE. L'arrêté préfectoral peut prévoir des dispositions dans ce sens.

##### **\* Pour les installations soumises à enregistrement**

« Pour les installations nouvelles susceptibles d'entraîner une augmentation des nuisances odorantes, **l'exploitant réalise un état initial des odeurs perçues dans l'environnement du site avant le démarrage de l'installation. Les résultats en sont portés dans le dossier d'enregistrement.** »

Ce dossier doit être actualisé si nécessaire en mentionnant « le cas échéant, l'état des odeurs perçues dans l'environnement du site ».

##### **\* Pour les installations soumises à autorisation**

« Pour les installations nouvelles susceptibles d'entraîner une augmentation des nuisances odorantes, **l'étude d'impact inclut un état initial des odeurs perçues dans l'environnement du site selon une méthode décrite dans le dossier de demande d'autorisation.** Dans un délai d'un an après la mise en service, l'exploitant procède à un nouvel état des odeurs perçues dans l'environnement **selon la même méthode.** Les résultats en sont transmis à l'inspection des installations classées au plus tard dans les trois mois qui suivent ».

Une telle étude d'impact est d'autant plus justifiée qu'elle permet :

- \* D'inclure la gestion des odorants dans la démarche globale de limitation de l'impact environnemental de l'installation.
- \* De mettre en avant la volonté du porteur de projet de minimiser l'impact de son installation sur l'environnement et le voisinage. Ce qui n'est qu'un point positif en faveur de l'acceptabilité du projet.

- \* De pouvoir élaborer une démarche de gestion des odorants adaptée au contexte géographique, social, réglementaire, et industriel.
- \* De pouvoir par conséquent inclure dans la conception de l'installation les infrastructures liées à la prévention et au traitement de l'installation ainsi que l'investissement nécessaire.

## *ii- Évaluation du niveau odorant avant la construction*

Cette évaluation sert de point de départ.

Il s'agit de réaliser un état des lieux des odorités déjà présentes dans l'environnement avant l'implantation. Cette étude peut être réalisée par un jury de nez (norme NF X 43-103 ou autres jurys plus spécialisés (méthode IAP-Sentic par exemple) qui recherchera ou mieux identifiera les odorités au niveau de points d'observation précis situés en bordure de site et dans les lieux de vie environnants. En effet, l'étude d'impact ne doit pas seulement porter sur la provenance des odorants, mais également sur les récepteurs, et donc les lieux de vie (qui peuvent être des écoles, des marchés, etc., et pas uniquement des habitations) exposés à ces odorants.

Pour cela un quadrillage de l'espace dans un rayon d'environ 3 km autour du lieu d'implantation serait l'idéal, mais cela peut être adapté au contexte local.

Les membres du jury de nez devront déterminer :

- \* L'origine des odorités perçues : cette origine pouvant être sur l'emplacement du site ou en dehors.
- \* Le niveau d'intensité qui correspond à l'odeur perçue à partir d'une échelle de niveaux. Basée sur une série rangée de concentration de référents (norme NF X 43-103 avec l'emploi du n-butanol seulement ou par des approches plus élaborées). Ce niveau d'intensité peut être également mesuré par des unités odeur conformément à la norme 13725 soit avec un olfactomètre portable soit sur des prélèvements mais ces approches supposent déjà un impact important et non fugace d'odorants.
- \* Le caractère continu ou intermittent des odeurs.

Selon la norme NF X 43-103, ce jury est constitué de 7 à 16 personnes mais des jurys plus spécialisés (experts) peuvent fonctionner avec un nombre plus restreint.

On pourra également faire une enquête en interrogeant les usagers de ces lieux de vie sur les sources habituelles d'odorités dans le voisinage et les lieux de vie impactés par ces odorants. Cela permet de prendre en compte, au-delà des mesures plus « objectives » du jury de nez, les éléments d'appréciation plus « subjectifs » des riverains.

### **Associez les riverains**

L'étude d'état initial offre l'occasion de nouer des contacts avec la population et de leur démontrer qu'en cas d'installation d'un tel projet, les mesures nécessaires seront prises pour prévenir et limiter les odorités. Mieux, associez-les à la surveillance et à la gestion des odorants. Une bonne solution peut être de recruter votre jury de nez parmi la population. Le fait d'être associé à la limitation de cette nuisance la rend déjà moins redoutable. Cela démontre également un souci de transparence de votre part.

Une fois cette étude olfactive réalisée par le jury de nez, le traitement des données recueillies permet de situer dans le rayon étudié autour du site, les sites émetteurs d'odorants et leur zone d'impact. On pourra par exemple classer ces sources par leur impact fort ou faible. Cela permettra de positionner son site par la suite dans l'échelle d'impact.

### *iii- Évaluation du niveau de nuisance qui sera généré par la nouvelle activité :*

L'état odorant initial servira de référence pour évaluer le niveau de nuisance généré par le fonctionnement de votre installation. Non seulement cela permettra d'estimer les besoins d'analyse et de traitement des odorités et de faire le choix des solutions ou technologies adaptées, mais aussi cela servira de référence pour le suivi des odorités après la mise en service de l'installation.

Pour une meilleure fiabilité, cette étude est confiée à un bureau d'études spécialisé ou mettra en jeu un jury de nez extérieur au porteur du projet. Elle sera incluse dans l'étude d'impact environnemental obligatoire à réaliser pour le dépôt de dossier ICPE précédant l'enquête publique.

Le contenu de cette étude porte sur les actions suivantes :

- \* Décomposer les étapes du process et déterminer celles où peuvent intervenir des émissions d'odorants.
- \* Connaître les composés odorants émis par les matières qui seront traitées et les caractériser, notamment par la gêne qu'ils peuvent susciter.
- \* Faire également une modélisation de la dispersion des gaz et en déduire les lieux de vie qui pourraient être impactés.
- \* Déterminer la fréquence d'exposition éventuelle au risque d'odorités.

#### *iii.1 Décomposer les étapes du process et déterminer celles où peuvent intervenir des émissions d'odorants*

A chaque étape du process, correspond un état de décomposition et un état odorant de la matière. De plus, toutes les étapes ne génèrent pas d'émissions d'odorants. La méthanisation elle-même se fait en milieu confiné et donc sans émissions. (Voir [Figure 4](#): Pollutions gazeuses liées à l'activité de méthanisation pendant le cycle de vie des matières méthanisées.) Restent donc le transport, le stockage et les différentes manipulations (mélange, hygiénisation) en amont et en aval de la méthanisation. C'est donc sur ces étapes que doivent se concentrer les efforts pour prévenir, analyser et traiter les odorants.

#### *iii.2 Connaître les composés odorants émis par les matières qui seront traitées et les caractériser, notamment par la gêne qu'ils peuvent susciter*

Les composés odorants émis dépendent de la nature des matières méthanisées et des transformations qu'elles subissent (stockage, mélange). Les digestats en maturation sont également sources d'odorants.

Il s'agit d'estimer en fonction des odorités qui peuvent être générées et de leur concentration (liée au volume de matière), la gêne olfactive qui pourrait être occasionnée, non seulement dans les limites du site, mais aussi dans les mêmes lieux de vie où l'état odorant initial a été mesuré.

Le [Tableau 2](#) suivant donne à titre indicatif les types de composés qui peuvent être émis sur un site de méthanisation, toutes activités confondues (agricole, IAA, élevage, boues d'épuration, OMR) et donne l'association la plus répandue.

Composé odorant	Association faite	Seuils de perception (*µg/m <sup>3</sup> ) bas et haut
<b>Composés soufrés</b>		
Sulfure d'hydrogène H <sub>2</sub> S	Œuf pourri	0,1 - 30
Sulfure de diméthyle	Choux pourris	2,5 - 50,8
Sulfure de diéthyle	Ethérée	4,5 - 310
Disulfure de diméthyle	Putride	0,1 - 346
Trisulfure de diméthyl	Soufré	6,2
Méthanethiol	Choux, ail	0,04 - 82
Ethanethiol	Soufré, terreux	0,032 - 92
<b>Composés azotés</b>		
Ammoniac NH <sub>3</sub>	Acre, très piquant, irritant	26 - 39 600
Méthylamine	Poisson en décomposition	21 - 33 000
Ethylamine	Piquante, ammoniacale	25 - 12 000
Diméthylamine	Poisson avarié	47 - 160
Indole	Fécal, nauséabond	0,6
Scatole	Fécal, nauséabond	0,8 - 200
<b>Acides gras volatils</b>		
Formique	Âpre	45 - 38 000
Acétique	Vinaigre	2,5 - 250 000
Propionique	Rance	84 - 60000
Butyrique	Beurre rance	1 - 9000
Valérique	Sueur, transpiration	2,6
Isovalérique	Fromage rance	53
<b>Cétones</b>		
Acétone	Sucré, fruité, menthe	47 500 - 1 610 000
Butanone	Sucré	750 - 147 000
2-pentanone	sucré	28 000 - 45 000
<b>Aldéhydes</b>		
Formaldéhyde	Acre, suffocant	33 - 12 000
Acétaldéhyde	Fruité, pomme	40 - 1 800
Butyraldéhyde	Rance	13 - 15 000
<b>Alcools</b>		
Ethanol	Alcool	200
Butanol	-	6 - 130
Phénol	Médicinal	0,2 - 2 200

**Tableau 2: composés présents associés aux odeurs ressenties sur un site de méthanisation.**

Il ne suffit pas de se concentrer sur les sources ayant les odorités les plus fortes. Une odorité se caractérise aussi par sa persistance. Ainsi, une odorité très intense à la source mais peu persistante ou encore éphémère ne sera pas nécessairement perçue dans l'environnement. Par contre, une odorité moins forte mais très persistante ou durable dans le temps contribuera fortement aux nuisances dans l'environnement car elle sera perçue sur une grande distance.

Ainsi donc, **la persistance des odorités pouvant être émises est un paramètre tout aussi important que la nature même de ces odorités.** Cette persistance n'est pas reliée à l'intensité perçue de l'odorité à la source.

Pour une émission d'odorants donnée, leur concentration lors de la dispersion autour de la source dépendra de multiples facteurs, comme la distance à la source et la configuration du terrain (contre-haut ou contrebas, vallée ou pente...), les conditions de vent (direction, force), la stabilité atmosphérique, voire l'humidité ambiante. Cette démarche est complémentaire de la précédente et se fait simultanément. Il s'agit, grâce à l'étude d'impact initial de déterminer si ce sont bien les odorants produits par le site qui auront un impact significatif.

**Les conditions météorologiques ont donc un impact important sur la perception des sujets à grande distance.** Si possible, il serait judicieux de vérifier ces conditions de dispersion des gaz dans différentes situations climatiques du lieu : saison, temps pluvieux ou ensoleillé, venteux ou non. La difficulté est que cette étude ne peut être planifiée que sur 2 à 3 jours à l'avance compte tenu de la fiabilité des prévisions météo.

### *iii.3 Déterminer la fréquence d'exposition éventuelle au risque d'odeurs*

L'impact odorant dépend aussi de la fréquence d'exposition des récepteurs aux odorités. Cette fréquence détermine aussi l'acceptabilité de la nuisance en cas d'émissions. Une exposition très fréquente suscitera rapidement un sentiment d'agacement, et des plaintes plus virulentes. Par contre une exposition courte et occasionnelle sera mieux tolérée, surtout si elle est expliquée et anticipée.

La fréquence d'émission sera déterminée par la fréquence des opérations où peuvent intervenir des émissions d'odorants. Des scénarios d'émission d'odorants pendant chaque étape peuvent être élaborés et leur fréquence estimée.

### *d- Construction du plan de gestion des nuisances odorantes*

Une fois que les matières sources d'odorités, leur mécanisme de formation, les étapes et les points du process où elles sont générées, ainsi que les lieux de vie susceptibles d'être impactés ont été identifiés, on peut apporter la solution la plus complète et la plus efficace possible.

D'une manière générale, la démarche pour limiter l'impact odorant d'une installation est la suivante :

- \* Mettre en place des méthodes préventives consistant à :
  - Prévenir les nuisances en réduisant les sources d'émissions d'odorants et en ajustant les procédures avec cet objectif
  - Regrouper si possible les sources d'odorants pour faciliter le traitement de l'air vicié canalisé.
  - Confiner des sources d'émissions diffuses
  - Capturer et traiter des odorants
  - Prévoir des méthodes palliatives en cas d'échec ponctuel des mesures préventives pour limiter la nuisance.
- \* Mettre en place des moyens de mesure et de suivi des odorités.
- \* Bâtir un plan de communication adapté

### *i- Que dit la réglementation ICPE 2781 ?*

**Remarque :** Ces passages sont extraits des arrêtés ministériels de la rubrique 2781 et donnés à titre indicatif pour attirer l'attention sur le fait que des dispositions sont prévues sur chaque sujet abordé. Concernant les régimes d'enregistrement et d'autorisation, les arrêtés préfectoraux prévoient des dispositions en complément de l'arrêté ministériel. Il faut donc se référer aux arrêtés préfectoraux pour plus de précisions.

Pour toutes les installations, quel que soit le régime : déclaration, enregistrement ou autorisation.

#### **\* En matière de prévention des nuisances odorantes**

« [...] Les installations et les entrepôts pouvant dégager des émissions odorantes sont aménagés autant que possible dans des locaux confinés et si besoin ventilés. Les

effluents gazeux canalisés odorants sont, le cas échéant, récupérés et acheminés vers une installation d'épuration des gaz. Les sources potentielles d'odeurs [lire odorants] (bassin de stockage, bassin de traitement...) difficiles à confiner en raison de leur grande surface sont implantées de manière à limiter la gêne pour le voisinage en tenant compte, notamment, de la direction des vents dominants ».

#### \* **En matière de limitation des nuisances**

« L'installation est conçue, équipée, construite et exploitée de manière à ce que les émissions d'odeurs [lire odorants] soient aussi réduites que possible, et ceci tant au niveau de la réception, de l'entreposage et du traitement des matières entrantes qu'à celui du stockage et du traitement du digestat et de la valorisation du biogaz.

A cet effet :

- \* Si le délai de traitement des matières susceptibles de générer des nuisances à la livraison ou lors de leur entreposage est supérieur à vingt-quatre heures, l'exploitant met en place les moyens d'entreposage adaptés ;
- \* Les matières et effluents à traiter sont déchargés dès leur arrivée dans un dispositif de stockage étanche, conçu pour éviter tout écoulement incontrôlé d'effluents liquides ;
- \* La zone de déchargement est équipée des moyens permettant d'éviter tout envol de matières et de poussières à l'extérieur du site de l'installation. [...]

[...] L'exploitant prend toutes les dispositions pour limiter les odeurs [lire odorités] provenant de l'installation, notamment pour éviter l'apparition de conditions anaérobies dans les bassins de stockage ou de traitement, ou dans les canaux à ciel ouvert. [...] »

[...]Les produits pulvérulents, volatils ou odorants, susceptibles de conduire à des émissions diffuses de polluants dans l'atmosphère, sont stockés en milieu confiné (récipients, silos, bâtiments fermés...).

Les installations de manipulation, transvasement, transport de ces produits sont, sauf impossibilité technique justifiée, munies de dispositifs de capotage et d'aspiration permettant de réduire les émissions dans l'atmosphère. [...] ».

#### \* **En matière de captage et d'épuration des rejets à l'atmosphère**

« Les poussières, gaz polluants ou odeurs [lire odorants] sont captés à la source, canalisés et traités, sauf dans le cas d'une impossibilité technique justifiée. Sans préjudice des règles relatives à l'hygiène et à la sécurité des travailleurs, les rejets sont conformes aux dispositions du présent arrêté ».

Comme on peut le voir, la réglementation donne les mesures générales à mettre en place pour prévenir les odorités lors du transport et du stockage des effluents.

### ***ii- Prévenir les émissions odorantes lors du transport***

#### ***ii.1 Transport des matières solides***

Elles sont transportées de façon à ne permettre aucun contact avec l'air extérieur. En aucun cas les matières transportées ne doivent être emportées par le vent ou se déverser sur la chaussée. Les camions sont lavés ou rincés fréquemment, dans l'idéal à chaque déchargement.

- \* Les ordures ménagères et les matières présentant un risque d'écoulement liquide (déchets de la restauration, déchets d'abattoirs) sont transportées dans des camions de type benne à ordures fermés à l'arrière et au-dessus, et dont la base est bien étanche de façon à ne permettre aucun écoulement liquide.



**Figure 5: exemple de camion de transport d'ordures ménagères ou de matières solides suintantes. Source : [www.hellopro.fr](http://www.hellopro.fr)**

- \* Les autres matières solides de type déchets d'agriculture, ensilage, tontes de jardin, fumier peuvent être transportées dans des camions à benne soigneusement couverts avec des bâches. Un soin tout particulier devra être apporté si l'on constate que les matières libèrent des substances odorantes en quantité assez importantes, ou produisent les lixiviats, en particulier lorsque les conditions météorologiques et la durée du transport apporteront des facteurs aggravants.
- \* Les farines quant à elles sont stockées dans des tonneaux bien fermés et transportés également par camions bennes bâchés.



**Figure 6: exemple de camion à benne bâchée. Source : [www.technotextiles89.com](http://www.technotextiles89.com)**

### *ii.2 Transport des matières liquides*

Elles sont transportées dans des camions citernes.

Dans les industries agroalimentaires, si l'installation de méthanisation est sur le site, le transport des effluents liquides est dans l'idéal intégré au process et se fait par canalisations fermées.

### *ii.3 Adapter les horaires et optimiser la fréquence de déchargement et de chargement des substrats*

Il s'agit de réduire au maximum les allers et retours journaliers de camions : la probabilité d'émissions lors du transport et de la réception des matières s'en trouve réduite.

Par exemple, chaque camion qui fournit l'installation en matière entrante peut recharger de la matière sortante chaque fois que cela est possible.

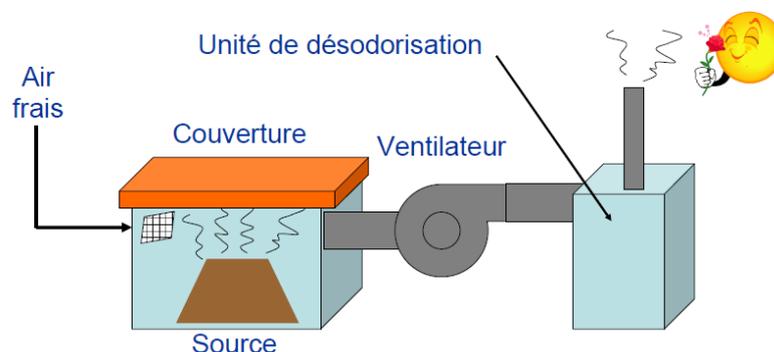
Les trajets des camions seront conçus de façon à éviter autant que possible la circulation dans les agglomérations. De même, dans la mesure du possible, les horaires de circulation sont adaptés pour limiter autant que possible le transport pendant les heures de grande fréquentation des lieux de vie voisins. Si ces derniers sont surtout des habitations par exemple, la circulation se fera de préférence en milieu de matinée ou d'après-midi au moment où les habitants sont le moins susceptibles d'être dérangés. Cela est notamment à préciser dans le contrat avec le fournisseur / transporteur.

### **iii- Prévenir les émissions odorantes lors de la réception, de l'entreposage et du stockage**

Sur une installation de méthanisation, les principales sources d'odorants se situent à la réception des produits.

#### **iii.1 Confiner les matières dans leur lieu de réception et de stockage et ventiler**

Un soin tout particulier doit être apporté à la conception de l'espace de réception et de stockage, de manière à confiner au maximum les odorants pour éviter leur propagation dans l'environnement et pour en faciliter le traitement. Le confinement présente le double avantage d'éviter la dispersion des composés malodorants dans l'atmosphère tout en les concentrant dans un volume plus réduit. Toutefois il faut rester vigilant sur la pollution de locaux confinés dans la mesure où du personnel devrait avoir à y intervenir.



**Figure 7 : Schéma montrant le principe général du confinement associé à la ventilation de façon à pouvoir capter et désodoriser l'air vicié. Source : Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes**

Le dépotage et le stockage des produits se fait de manière à avoir le moins possible de contact avec l'air ambiant et ainsi réduire les volumes d'air vicié :

- \* Les cuves de stockage de matières liquides sont fermées, à moins d'utiliser des contenants souples (poche à lisier).



**Figure 8:** La poche à lisier est un moyen sûr pour limiter les émissions d'odorants lors du stockage. Source : <http://www.sobek-france.com>

- \* Les trémies sont munies de hottes d'aspiration qui convergent vers le traitement des odorants.
- \* Il faut absolument éviter les tas à l'air libre. Si c'est incontournable, les implanter dans un local fermé avec sas et mise en dépression continue. Il convient là aussi de veiller à la santé du personnel et prévoir un équipement de manutention assurant la protection des travailleurs (renouvellement d'air suffisant, tracteur vitré avec système de filtration des polluants gazeux).
- \* Les locaux sont placés en dépression continue. Des bouches d'extraction comportant des hottes convergentes sont mises en place au-dessus des sources ponctuelles d'odorants.
- \* Les points de contact des matières actives avec l'air extérieur sont systématiquement repérés et soit couverts ou confinés, soit munis de hottes d'aspiration.



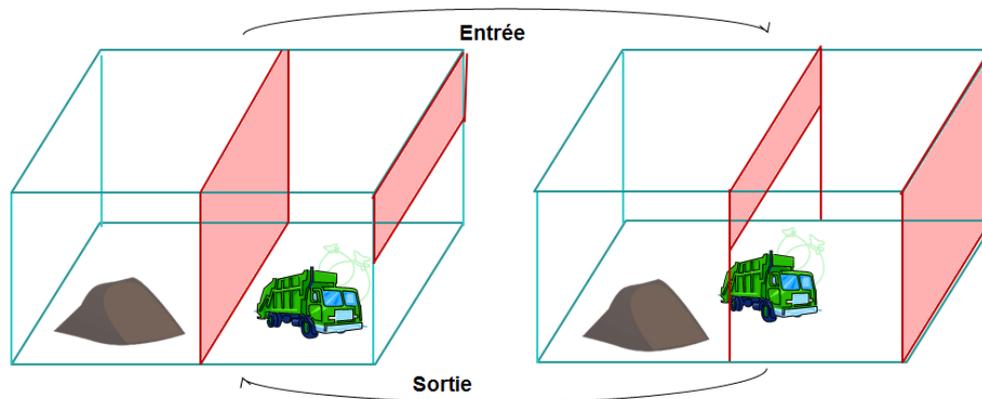
**Figure 9:** Exemple de hangar métallique fermé muni de sas. Ce hangar par exemple possède deux compartiments avec chacun une porte. Des matières différentes peuvent donc être stockées dans chaque compartiment. Source : <http://www.hangars-metalliques.fr>

Une autre solution possible pour les enceintes de stockage est celle des tentes de confinement. Mais cela demande un entretien régulier, en surveillant notamment toute déchirure de la toile



**Figure 10 : Exemples de tentes de confinement en toile. Source : Technitoile**

L'idéal est de prévoir un circuit de circulation pour les camions avec de vrais sas : fonctionnent sur le principe d'une écluse, de façon à ce qu'il y ait toujours une porte fermée entre les déchets déchargés et l'air extérieur.



**Figure 11: système de circulation de camions avec sas pour éviter les émissions d'odorants des locaux de stockage vers l'extérieur.**

La porte intérieure étant fermée, le camion entre dans le sas. On referme la porte extérieure derrière lui avant d'ouvrir la seconde. Le camion entre dans la zone de dépotage. On referme la 2<sup>e</sup> porte derrière lui. Le camion décharge son produit. Pour ressortir, le principe est le même, c'est-à-dire toujours garder une porte fermée entre les déchets et l'extérieur. Une épuration systématique et continue de l'air du sas doit être faite.

### *iii.2 Le cas particulier des stations d'épuration*

Les bassins de stockage et de traitement sont couverts dans l'idéal et munis d'un système de ventilation permettant d'aspirer, de canaliser l'air vicié pour mieux le traiter.

Pour les bassins d'épuration, il existe de nombreuses techniques de confinement qui s'adaptent à tous les types d'ouvrages en fonction de leur vocation et de l'atmosphère à confiner.

De nombreux entreprises et fabricants proposent des couvertures souples ou rigides, fixes, (dé)pressurisées tendues sur câbles ou encore portées par une charpente. Il existe même des solutions pour confiner les grands et très grands bassins, jusqu'à 100m de diamètre.

(Voir la revue *L'eau, l'industrie, les nuisances*, n°342 – mai 2011, consacré au traitement des odeurs et des COV dans les stations d'épuration et plusieurs entreprises spécialisées y sont mentionnées.)



**Figure 12 :** Dans l'unité de traitement des pollutions azotées de la station d'épuration de Seine Aval (SIAAP), les flotateurs de boues sont munis de couvertures planes. Source : [www.vinci-construction.fr](http://www.vinci-construction.fr)

Pour les bassins de stockage et de traitement ou les canaux à ciel ouvert, le défaut d'aération joue un rôle clé dans l'apparition de pollutions odorantes. Cette aération permet d'éviter la formation de conditions anaérobies favorables à la formation d'odorants. L'aération est faite soit par des aérateurs de surface soit par des injecteurs d'oxygène placés en fond de fosse. Le composé odorant le plus redouté dans les stations d'épuration est le sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ). Si des bulles de  $H_2S$  remontent à la surface, la présence d'oxygène dissous convertit aussitôt le  $H_2S$  en eau et en sulfate  $SO_4$ .

Le chlorure ferrique ou le procédé Nutriox®, produit à base de nitrate de calcium permet également de bloquer le développement des germes anaérobies.

Un brassage lent est également possible permettant de diminuer substantiellement, voire d'éliminer l'apparition de nuisances odorantes. (Voir la revue *L'eau, l'industrie, les nuisances*, n°342 – mai 2011 pour les entreprises fournissant les équipements adéquats).

#### **iv- Regrouper les sources d'émissions et faciliter le traitement de l'air vicié canalisé**

Une fois les sources d'odorants canalisées et regroupées grâce aux hottes d'aspiration, il faut prévoir un traitement efficace de l'air vicié.

Il faut disposer judicieusement les équipements, les bouches d'aération et d'extraction de façon à ce que le réseau aéraulique jusqu'au traitement soit le plus court et le plus simple possible.

Le débit global d'air extrait doit prendre en compte un taux de renouvellement suffisant de l'air pour prévenir tout risque sanitaire au personnel et éviter les risques de corrosion dans les locaux.

L'extraction de l'air vicié est, de préférence, assurée par plusieurs ventilateurs afin de mieux contrôler les débits d'air.

### v- Les techniques de traitement de l'air vicié canalisé

Il existe une très large gamme de traitements pour éliminer les odorités de l'air vicié, à condition qu'il ait été préalablement canalisé. Nous présenterons ici les techniques les plus utilisées :

- \* Le lavage de l'air en solution aqueuse (eau simple ou avec additifs)
- \* Les biotechnologies
- \* L'adsorption sur support solide
- \* L'oxydation thermique ou catalytique

Chaque technique a ses domaines d'application en termes de débit et de charge odorante et il peut être judicieux de coupler des techniques ou de les utiliser en parallèle.

#### **Remarque**

Le principe de chaque technique sera présenté brièvement et les différentes techniques comparées par la suite en fonction de leur capacité de traitement, de leur efficacité, de leurs avantages et inconvénients et de leur coût.

#### **Pour aller plus loin dans la compréhension de ces différentes techniques :**

ADEME. *Pollutions olfactives : Origine – Législation – Analyse – Traitement*, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, 2005, Dunod, Paris. [www2.ademe.fr](http://www2.ademe.fr)

*Lutte contre les odeurs dans l'assainissement – Document technique n°13*. FNDAE. 2004. Téléchargement gratuit sur [www.fndae.fr](http://www.fndae.fr), onglet « Documents techniques ».

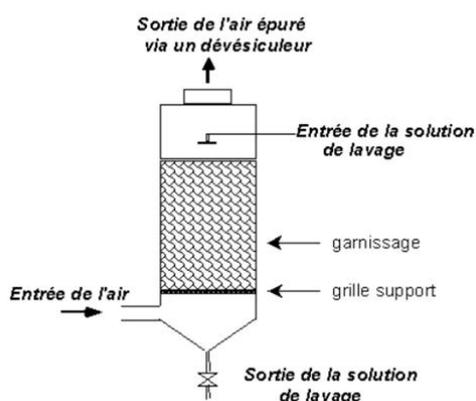
### v.1 Le lavage en solution

Cette technique met en œuvre des tours ou colonnes de lavage fonctionnant parfois à contre-courant et qui sont susceptibles de traiter des débits d'air vicié variant de 3000 à 200 000 Nm<sup>3</sup>/h.

Le nombre de laveurs et le type de solution de lavage utilisé dépendent de la nature, de la concentration des composés odorants présents et surtout des contraintes environnementales.

La solution de lavage peut être de l'eau simple, et dans ce cas, le traitement des odorants consiste à transférer des composés odorants de la phase gazeuse vers la phase liquide par absorption.

La Figure 13 montre un exemple de tour de lavage. En général, deux à trois colonnes sont mises en œuvre.



**Figure 13:** Exemple de colonne de lavage, à garnissage à contre-courant. Source : [www2.ademe.fr](http://www2.ademe.fr)

Pour les effluents particulièrement chargés en composés odorants (ou pour des odorants moins solubles dans l'eau comme les acides gras), des additifs sont ajoutés à l'eau et il ne s'agit plus d'une simple absorption dans l'eau, mais de réaction chimique dégradant les odorants. Souvent, le lavage commence par une solution travaillant en condition acide (avec ajout d'acide sulfurique), pour l'absorption des composés azotés. Il se poursuit par une colonne basique (avec ajout de soude ou potasse), contenant de préférence un oxydant pour l'absorption des composés soufrés. Cet ajout permet en outre de réduire considérablement les coûts en produits chimiques. Une seconde colonne basique des solvants organiques s'impose parfois pour l'élimination des mercaptans et des acides organiques.



**Figure 14: Tours de lavage. La première tour permet un lavage acide neutralisant l'ammoniac et la seconde un lavage oxydo-basique (soude/javel) pour réduire les composés soufrés (H<sub>2</sub>S, mercaptans...). Source : Communauté d'agglomérations du pays ajaccien.**

Dans les cas extrêmes, une quatrième colonne travaillant en conditions neutres ou légèrement basiques et réductrices (ajout de Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) peut se justifier, pour absorber l'excès de chlore libéré par les étapes oxydantes précédentes. Il s'agit d'une colonne d'électrochloration.

L'efficacité de cette technique dépend de plusieurs paramètres : polluants à traiter, dimensionnement de l'installation, paramètres opératoires appliqués au traitement.

## v.2 Biotechnologies

### v.2.1 Principe

Le traitement des odorants par voie biologique consiste à transformer les polluants odorants par des microorganismes. Les polluants concernés par la technique de traitement biologique sont les composés organiques volatils odorants et même non odorants.

Le bon fonctionnement des bio-filtres requiert le maintien d'un taux constant d'humidité et l'apport d'éléments nutritifs. Ceux-ci sont apportés par l'eau d'arrosage ou le substrat utilisé, ou en partie par le gaz vicié lui-même. La circulation de l'air dans le support doit être bien répartie. Lorsque les installations sont bien conduites, le rendement chimique d'épuration atteint couramment 90 à 95 % des composés soufrés et azotés.

Il existe trois types de réacteurs biologiques, mettant en contact les gaz à épurer avec les micro-organismes : il s'agit du biofiltre, du biolaveur et du lit bactérien.

La taille de l'équipement de traitement biologique dépend de la concentration en polluants du gaz et de leur biodégradabilité. Il peut occuper, en fonction du débit à traiter, une surface au sol importante (jusqu'à 3 000 m<sup>2</sup>). En effet, le débit n'est pas un facteur limitant le bon fonctionnement d'une installation de biofiltration mais intervient dans son dimensionnement (temps de contact entre l'air et la biomasse).

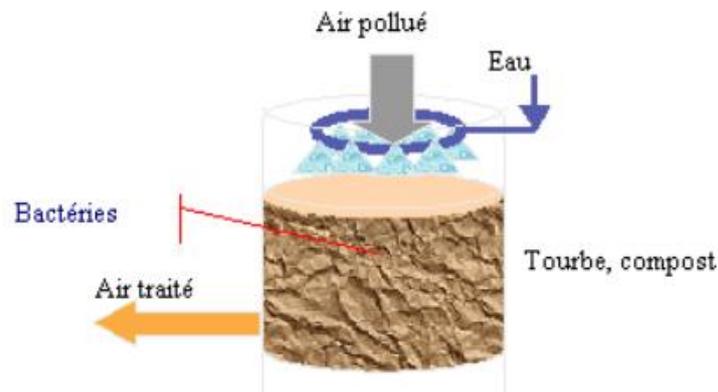
### **Remarque**

Une attention particulière doit être portée à l'entretien des bactéries et au maintien de leurs conditions de vie, notamment la température, le taux d'humidité et les nutriments. En effet, la mort ou l'inactivité des bactéries ou encore la contamination de la biomasse par d'autres souches, engendre très vite une accumulation d'air non traité et donc de fortes émissions d'odorants.

Durant les périodes froides par exemple, la baisse de température peut être fatale aux bactéries. Il faut donc une surveillance accrue durant ces périodes. Si nécessaire, un système de chauffage du milieu bactérien sera mis en place.

#### **v.2.2 Le biofiltre**

La biofiltration est à ce jour la technique biologique ayant fait l'objet du plus grand nombre d'applications industrielles. Ceci s'explique par sa relative simplicité de mise en œuvre. En effet, cette technique consiste à forcer le passage du gaz à traiter au travers d'un matériau de garnissage (tourbe, compost, coquillages...) maintenu à un taux d'humidité optimal par arrosage et sur lequel sont fixés les micro-organismes épurateurs.

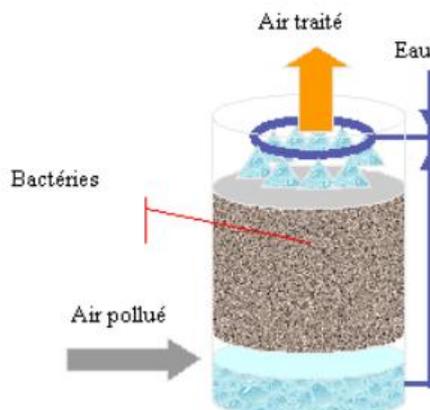


**Figure 15:** principe de fonctionnement d'un biofiltre. Source : [www2.ademe.fr](http://www2.ademe.fr)

Les générations actuelles de biofiltres (biofiltres clos), qui maintenant remplacent largement les biofiltres ouverts, permettent d'obtenir des abattements importants, grâce à une meilleure maîtrise des paramètres opératoires.

#### **v.2.3 Le lit bactérien ou filtre percolateur**

Un filtre percolateur est un réacteur dans lequel la phase aqueuse est mobile et la biomasse immobilisée sur un support généralement constitué de matériaux synthétiques à fort degré de vide (anneaux de Raschig, de Pall, Tellerettes...). La phase aqueuse est recirculée.



**Figure 16:** principe d'un filtre percolateur.

Source : [www2.ademe.fr](http://www2.ademe.fr)

Le biofilm se développe à la surface du matériau et peut atteindre plusieurs millimètres d'épaisseur. Le garnissage étant inerte, un apport minéral dans la solution aqueuse est indispensable (N, P, K, et oligo-éléments).

L'absorption du polluant et la régénération de la phase liquide ont lieu dans le même réacteur. Un lit bactérien peut fonctionner aussi bien à co qu'à contre-courant, l'eau étant introduite par le haut de la colonne et circulant par gravité. L'eau contenant les éléments nutritifs dissous est distribuée de manière continue et uniforme sur le garnissage. Cette phase liquide permet l'absorption des polluants présents dans l'effluent gazeux à traiter, de l'oxygène et leur transport jusqu'au biofilm où les molécules sont éliminées par des réactions biologiques aérobies.

#### v.2.4 Le biolaveur

Dans le cas du biolaveur, la biomasse est en suspension dans le liquide de lavage alors que dans les autres systèmes, la biomasse est fixée sur les éléments de garnissage sous forme d'un biofilm.

Le procédé de biolavage est une association de deux étapes :

- \* L'une consistant en un transfert de masse du polluant de la phase gazeuse dans la phase liquide
- \* La seconde, biologique, permettant la consommation du polluant par la biomasse, une fois transféré dans le liquide.

L'ensemble du processus est fonction, outre de la vitesse de transfert de masse, de celle des réactions biochimiques en phase liquide. Du fait de l'existence de réactions de transformation des composés dissous, l'équilibre physique de dissolution n'est pas le seul à être déterminant pour le résultat de l'absorption. Ainsi, pour obtenir de bonnes performances d'absorption du système, il est nécessaire que la concentration du polluant dans la phase aqueuse soit constamment faible (entretenu par la dégradation biologique).



**Figure 17: Principe d'un biolaveur. Source : [www2.ademe.fr](http://www2.ademe.fr)**

### v.3 L'adsorption sur support solide

Le traitement des odeurs par adsorption consiste à piéger et non à dégrader des composés odorants par un composé solide (adsorbant). Le solide le plus souvent utilisé est le charbon actif.

Dans la pratique, l'adsorption est réalisée en dynamique : le flux de gaz à traiter traverse une colonne d'adsorbant dans laquelle s'établit un front d'adsorption. La phase d'adsorption s'arrête lorsque le matériau est saturé et que le polluant n'est plus retenu en quantité suffisante.

L'adsorption peut être précédée de colonnes d'absorption qui permettent le rallongement de la durée de vie utile du charbon actif. Ce procédé d'adsorption n'est économiquement valable que pour les débits faibles à cause de son volume nécessaire important (trois fois supérieurs au lavage chimique) et du coût des charbons actifs.

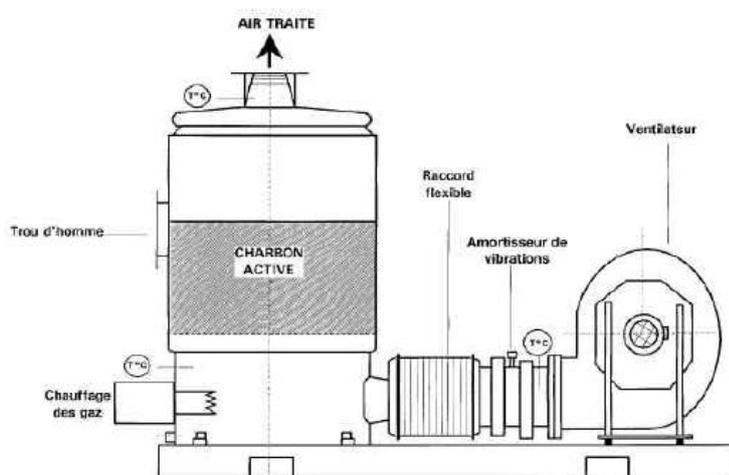
Les adsorbants possibles sont : l'alumine activée, les gels de silice, la zéolite, le charbon actif, le compost, les adsorbants synthétiques (résines, macromolécules).

L'adsorbant le plus utilisé est le charbon actif, à base de bois ou de noix de coco. Il adsorbe :

- \* bien les acides acétiques, butyriques, alcools et autres produits soufrés lourds
- \* moyennement les aldéhydes et les mercaptans
- \* mal l'ammoniac, les amines volatiles et l'hydrogène sulfuré. Dans ce cas, le charbon peut être imprégné d'acide phosphorique  $H_3PO_4$  (qui neutralise l'ammoniac  $NH_3$  en phosphate d'ammonium) ou de carbonate de potassium  $K_2CO_3$ / sodium  $Na_2CO_3$  (qui neutralise le sulfure d'hydrogène  $H_2S$ ). Deux étages différents de charbon imprégnés l'un de  $H_3PO_4$ , l'autre de  $K_2CO_3$  seront nécessaires puisque l'acide et le carbonate se neutralisent.

La capacité d'adsorption varie typiquement entre 0 et 25 % de la masse de l'adsorbant.

Le charbon peut être traité pour une meilleure adsorption de l'ammoniac ou de l'hydrogène sulfuré. Par ailleurs, le charbon peut devenir le support d'une flore bactérienne, qui dégradera en partie les composés adsorbés, permettant une plus grande durée de vie de l'adsorbant. Il craint également l'excès d'humidité et l'adsorption exothermique peut parfois entraîner son inflammation.



**Figure 18:** schéma de fonctionnement d'un filtre à charbon actif. Source : CHEMVIRON CARBON

#### v.4 L'oxydation thermique ou catalytique

L'oxydation consiste en une combustion thermique ou catalytique des composés odorants par incinération. Ce procédé requiert une forte consommation de combustible pour maintenir la température de destruction des composés.

Tous les composés organiques volatils peuvent être transformés par oxydation totale en composés inorganiques. Selon la composition élémentaire du composé organique volatil à détruire, les composés formés sont soit uniquement CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O, soit un mélange contenant CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O mais aussi les produits d'oxydation d'autres atomes (azote, soufre). Ces derniers sont des polluants secondaires qu'il faut prendre en compte. Le mieux est de prévoir en amont un traitement de NH<sub>3</sub> et de H<sub>2</sub>S.

Plusieurs paramètres sont importants à prendre en considération afin d'optimiser l'oxydation thermique ou catalytique pour améliorer le rendement d'épuration (taux de destruction des COV dans l'incinérateur) :

- \* La température : elle doit être supérieure au point d'auto inflammation du ou des COV mais pas trop élevée pour limiter la production de NO<sub>x</sub> ou oxydes d'azotes, principalement NO et NO<sub>2</sub>
- \* L'énergie d'activation : elle peut être diminuée en présence d'un catalyseur
- \* La teneur en oxygène : elle doit être toujours suffisante pour que la réaction puisse se produire (mélange homogène)
- \* La turbulence : elle améliore la convection thermique et assure une répartition homogène de la température évitant ainsi la création de point froid
- \* Le temps de séjour : il doit être suffisant pour une bonne oxydation
- \* La concentration en polluants : elle est imposée par le procédé en amont. Toutefois il est préférable qu'elle ne soit pas trop faible pour limiter l'apport de gaz d'appoint nécessaire au maintien de la température d'oxydation

On peut aussi utiliser l'oxydation catalytique, pratiquée à des températures de l'ordre de 300 à 450°C et mettant en œuvre des catalyseurs à base soit de métaux précieux (Pt/Pd), soit d'oxydes métalliques (Cr, Cu). Malheureusement, les composés soufrés sont des poisons typiques pour les catalyseurs.

Il faut veiller à ne pas brûler les composés contenant des éléments susceptibles de générer des gaz toxiques par oxydation. Dans le cas contraire, il faut prévoir un traitement des fumées, qui doit être plus aisé que le traitement des composés odorants.

Cette méthode est déconseillée car elle n'est rentable que si le four d'incinération est déjà existant et à proximité de l'installation. Par ailleurs, elle est énergivore et génère de toute façon des NO<sub>x</sub> et oxydes de soufre qu'il faut traiter.

#### **Remarque : Composés odorants dans les torchères**

Le gaz brut brûlé en torchère peut être source d'émission d'odorants si la combustion est incomplète. Par ailleurs, la combustion des composés soufrés et azotés génère des NO<sub>x</sub> et oxydes de soufre polluants.

Le Tableau 3 suivant donne un récapitulatif comparatif des différentes techniques de traitement de l'air vicié canalisé.

	Lavage en solution	Biotechnologies	Adsorption sur support solide	Oxydation catalytique ou thermique
<b>Principe</b>	Passage de l'air dans une solution lavante. Mise en œuvre éventuelle d'un type de laveur par famille de composé à traiter, soit un laveur acide (abattage des composés ammoniacaux) et un laveur soude+Javel (abattage des composés soufrés réduits).	Passage de l'air dans un milieu (lit de tourbe ou eau) abritant des bactéries. Nécessité d'un prétraitement en cas de fortes concentrations en composés azotés. Période d'adaptation des bactéries aux variations des charges (jusqu'à quelques semaines).	Passage des molécules odorantes sur un composé solide adsorbant. Nécessité d'imprégnation chimique en cas de petites molécules à traiter (H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> )	Oxydation par combustion
<b>Efficacité</b>	Excellente sur tous les composés odorants.	Très bonne sur les composés organiques, notamment les soufrés. Moyenne sur l'ammoniac.	Très bonne sur tous les composés odorants si support solide imprégné (H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> pour NH <sub>3</sub> et K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> pour H <sub>2</sub> S).	Efficace sur les solvants ou les fortes concentrations s.
<b>Plage de débits usuels</b>	3.000 à 200.000 Nm <sup>3</sup> /h	0 - 20.000 Nm <sup>3</sup> /h	0 - 5.000 Nm <sup>3</sup> /h	0 - 22.000 Nm <sup>3</sup> /h
<b>Investissement moyen pour un débit de 2000 m<sup>3</sup>/h</b>	15 € /m <sup>3</sup> /h traité	8 € /m <sup>3</sup> /h traité	6 € /m <sup>3</sup> /h traité	21 € /m <sup>3</sup> /h traité
<b>Consommables</b>	Eau Acide sulfurique Hydroxyde de sodium Hypochlorite de sodium Électricité	Eau Électricité Garnissage	Électricité Support solide (charbon actif, gel de silice, etc.)	Électricité et combustible.
<b>Déchets</b>	Déchets liquides acides + déchets liquides oxydo-basiques	Déchets liquides acides + bactéries en suspension	Charbon actif	
<b>Suivi / entretien</b>	Mensuel : étalonnage sondes Annuel : vidange+ nettoyage des laveurs	Annuel : réensemencement	Néant	Annuel
<b>Points forts</b>	Grande souplesse d'utilisation (adaptable aux variations de charge ou de débit). Régulation possible Mise en route instantanée Procédé le plus utilisé, d'où bon retour d'expérience.	Bien adapté aux débits importants et aux faibles concentrations. Faible coût d'investissement et de fonctionnement. Pas d'utilisation de polluants.	Accepte les variations de flux importantes. Exploitation simple.	Adapté aux COV et mélanges complexes. Performances élevées.
<b>Points faibles</b>	Utilisation de produits dangereux. Purges de déconcentration nécessaires Coût de fonctionnement en produits consommables Pollution liquide nécessitant un traitement spécifique possible en station d'épuration.	Formation de chemins préférentiels d'écoulement du gaz, d'où limitation des surfaces de transfert. Encombrement possible des filtres. Le réensemencement en cas de mort des bactéries requiert un certain temps pour atteindre la capacité de traitement adéquate.	Coûts d'exploitation et de fonctionnement élevés ; l'adsorbant doit être souvent renouvelé après saturation. La fréquence de renouvellement dépend du débit et de la concentration en odeur.	Coût énergétique élevé

**Tableau 3: tableau comparatif des techniques de traitement curatif des flux d'air odorant.** Sources : L'eau, l'industrie, les nuisances. mai 2011, N° 342 - FNDAE. Lutte contre les odorités de l'assainissement-document technique FNDAE n°13. juillet 2004.

### **Pour aller plus loin : autres traitements en voie d'exploration**

On recense de nombreux autres traitements possibles, mais ils sont parmi les moins utilisés ou encore en voie d'expérimentation. Ce sont en général des techniques innovatrices dans leur concept. Quelques exemples : l'échangeur cyclonique ou condenseur, la photocatalyse, et l'ionisation.

Pour plus de détails sur ces techniques, consulter : *Lutte contre les odeurs dans l'assainissement – Document technique n°13*. FNDAE. 2004. Téléchargement gratuit sur [www.fndae.fr](http://www.fndae.fr), onglet « Documents techniques ».

**ATTENTION** au dimensionnement des différents équipements de façon à répondre aux besoins réels de traitement.

S'assurer une connaissance approfondie des conditions de fonctionnement et capacités réelles de traitement des filtres ou moyens de traitement proposés par les fournisseurs. Veiller à une bonne négociation des contrats de maintenance des équipements avec les constructeurs, notamment avec des garanties et des engagements de durée d'intervention en cas de pannes.

Rédiger le cahier des charges en prenant explicitement en charge l'odorité et les méthodes de mesures sur la base desquelles les mesures d'efficacité seront faites.

#### ***vi- Les techniques palliatives en cas d'émissions non contrôlées***

En cas d'émissions odorantes inévitables ou accidentelles, les systèmes de traitement palliatifs visent à éviter la perception des odorités par les riverains. Ces méthodes restent à privilégier en techniques d'appoint. Parmi les méthodes existantes, on retiendra essentiellement :

##### ***vi.1 Les produits masquants et neutralisants d'odeurs***

###### **vi.1.1 Les produits masquants**

Il ne faut pas les confondre avec les neutralisants. Les solutions de masquage des odorités sont conçues à partir de produits parfumés. Elles visent à saturer les muqueuses nasales des riverains de la plate-forme afin de concurrencer les molécules malodorantes. La diffusion du masquant s'opère soit par pulvérisation à l'aide de canons mobiles ou de pulvérisateurs attelés, soit par des rampes de brumisation. La solution diffusée est composée d'eau et de produits masquants (entre 0,1% et 10%).

L'efficacité de cette solution reste fragile et aléatoire. Actuellement, la solution masquante ne semble pas avoir des effets optimaux sur la diminution de la perception des odeurs. Les produits masquants visent uniquement à superposer une odorité sur une autre sans destruction chimique des molécules malodorantes, destruction que les neutralisants essaient de mettre en place.

Cette solution est peu appréciée des riverains, elle est à éviter.

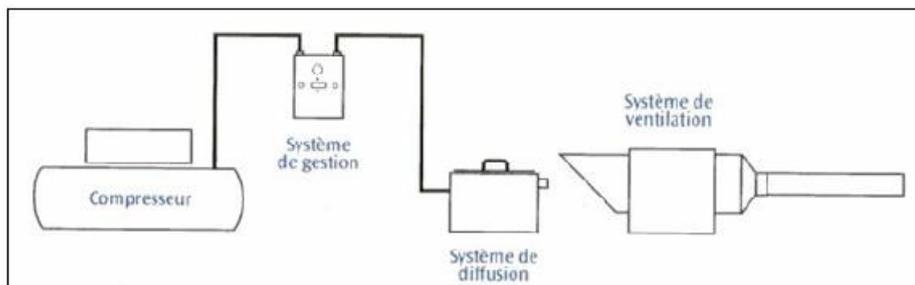
Enfin, ces produits reviennent relativement cher : 1,8 € /tonne entrante.

###### **vi.1.2 Les produits neutralisants**

Les solutions neutralisantes visent à réduire l'impact des odorants par un mécanisme de destruction physico-chimique ou adsorption ou dissolution des molécules responsables

des odeurs. Elles agissent donc en vue d'annihiler la nuisance à partir de plusieurs principes :

- \* **La neutralisation par compensation** ou abattement d'odorants à partir d'huiles essentielles. La diffusion de neutralisants est réalisée par pulvérisation ou brumisation dans l'air d'une solution aqueuse de produits. Cette dernière peut être diffusée soit aux alentours du site, soit sur les déchets. Dans cette perspective, plusieurs techniques de traitement par neutralisation des odorités sont envisageables :
  - **L'installation de rampes de brumisation** en périphérie du site. Un anémomètre peut être paramétré en option sur ces rampes pour éviter la diffusion inutile de produits lors de conditions météorologiques défavorables.
  - **L'utilisation de canons ou de pulvérisateurs attelés à un tracteur** diffusant la solution sur les déchets.
- \* **La diffusion par vapeur sèche.** Ce principe traite les nuisances odorantes à l'aide de molécules neutralisantes. Cependant, à l'inverse des procédés traditionnels, ces molécules sont diffusées dans l'air par vapeur sèche. Elles suivent par induction les courants d'air chaud ascendants qui échappent au traitement périphérique par pulvérisation. Le système de diffusion du produit s'opère par des gaines diffusantes. Ces gaines laissent passer les molécules de produit traitant et permettent une répartition homogène du traitement sur l'ensemble de la plate-forme. Un traitement local spécifique peut être appliqué par ventilation durant les périodes « critiques » sur la source d'odeurs.



Source : Société Abricot

**Figure 19: Schéma de ventilation par vapeur sèche.**

Les solutions neutralisantes peuvent constituer un traitement d'appoint pour réduire les odorités. Une large gamme de produits est présente sur ce marché. Pour choisir la technologie de neutralisation des odorités plusieurs critères entrent en compte : la surface à traiter, l'origine des molécules odorantes, leurs natures et leurs proportions.

Le système de traitement des odeurs par vapeur sèche semble être le procédé le moins cher.

### *vi.2 La dilution en haute atmosphère de substances odorantes*

Les composés odorants sont dilués dans l'atmosphère dans des proportions, telles que l'on descende en-dessous du seuil olfactif.

Pour réduire les nuisances odorantes, un industriel propose de projeter par ventilation en altitude les émissions odorantes (création d'une cheminée virtuelle). Ce procédé, baptisé

**Eolage**, consiste à installer sur le site une ou plusieurs turbines aspirant chacune les gaz malodorants sur un rayon de captage de 30 mètres. Chacune propulse l'air à une centaine de mètres d'altitude à une vitesse de 30 m/s grâce à la rotation d'une hélice.

Cette dernière est montée sur un moteur d'une puissance de 45 kW. Il ne s'agit donc pas ici de traiter les composés odorants mais de les envoyer en altitude de manière à ce que les riverains ne puissent percevoir les molécules malodorantes. Les turbines peuvent être installées entre le site et les riverains afin de créer une barrière contre les molécules odorantes ou plus directement sur des sources identifiées. Le fonctionnement des hélices peut être optimisé suivant les conditions météorologiques. Lorsque le vent est faible, la concentration de molécules malodorantes est plus forte en périphérie, les turbines fonctionnent alors au maximum. A l'inverse, en période de tempête, les turbines ne nécessitent pas d'être activées.

Notons que les arrêtés ICPE 2781 notifient que « [...] le débouché à l'atmosphère de la ventilation est placé aussi loin que possible des immeubles habités ou occupés par des tiers et des bouches d'aspiration d'air extérieur, et à une hauteur suffisante compte tenu de la hauteur des bâtiments environnants afin de favoriser la dispersion des gaz rejetés. [...] »



Photo : [www.delamet.com](http://www.delamet.com)

**Figure 20:** Turbine sur une plate-forme de compostage de déchets verts.

Bien qu'en apparence simple, cette méthode est très sensible aux inversions de température et rafales de vent rabattant la pollution au sol. De plus, il faut tenir compte des obstacles de proximité : arbre, maison, immeuble et topographie. En effet, lorsque le panache passe au-dessus d'un bâtiment de grande taille, il est aspiré par la dépression créée à l'arrière et autour de ce bâtiment, en aval et en amont, le courant est turbulent et les odorants peuvent être rabattus vers le sol. La colline et la vallée créent de même des phénomènes parasites.

### *vi.3 Les aménagements paysagers*

Un aménagement paysager permet de concevoir un cadre visuellement agréable pour les riverains de façon à engendrer un processus cognitif qui atténue le caractère « industriel » du site au profit d'une image d'espace vert. L'odorité émanant d'un espace considéré comme plaisant est interprétée moins sévèrement à cause du lien affectif positif avec la source. Cet aménagement peut prendre plusieurs formes : architecture travaillée, choix des couleurs, bardage. Mais la végétalisation par exemple, bien au-delà de l'aspect visuel, permet réellement de réduire les éventuelles nuisances : s'agissant des poussières, les végétaux agissent en filtres ; s'agissant des odorants, les espaces

boisés font écran et peuvent émettre des huiles essentielles dans le cas de conifères (thuyas) ; et s'agissant des bruits, ils les absorbent, surtout lorsque les plantations garnissent un talus.

### **Les végétaux agissent en filtres contre les poussières, et les espaces boisés font écran aux odorants.**

Il peut s'agir d'un parterre de fleurs autour du site, de gazon, mais mieux, d'une rangée d'arbres sur le pourtour du site, de parcs ou espaces verts à proximité du site.

## **B- Suivi pendant l'exploitation**

### **a- Les objectifs du suivi**

Selon Jean-Noël JAUBERT, spécialiste des odeurs et inventeur du langage du « Champ des odeurs® », le suivi des odorités sur un site répond à cinq objectifs (JAUBERT J-N. « Surveiller la qualité odorante de l'air ». *Pollution Atmosphérique*, janvier-février 2010, N°20) :

#### **\* Anticiper pour prévenir ou juguler un épisode odorant**

En cas d'épisode odorant, la crédibilité de l'entreprise peut être mise à mal. Cela dépendra de la rapidité d'intervention et d'application d'une solution corrective avant que les odeurs ne soient perçues par les riverains. L'intervention est d'autant plus aisée que l'information sur l'apparition des premières traces d'odorants est fournie rapidement, ce qui laisse le temps de concevoir l'action corrective.

#### **\* Avertir la population du risque d'un épisode odorant à venir**

En cas d'échec de la solution de limitation d'émissions non contrôlées, il faut pouvoir identifier les lieux de vie impactés par les odorants et avertir la population afin de diminuer l'angoisse, la mauvaise surprise et l'agacement de celle-ci.

#### **\* Surveiller la bonne efficacité des systèmes mis en place**

La démarche de gestion des odorités mise en place doit être évaluée de façon à permettre une amélioration continue. Ainsi, un retour d'expérience pourra être profitable pour d'autres installations.

#### **\* S'assurer du respect des réglementations**

Le suivi de l'état odorant du site est une obligation réglementaire pour les installations soumises à autorisation par exemple. Des textes plus spécifiques, notamment les arrêtés préfectoraux peuvent également imposer un suivi olfactif. Ce dernier permettra donc de se situer par rapport aux normes imposées. Il est évidemment souhaitable de se situer bien en deçà du niveau de nuisance toléré par les textes réglementaires et être très à l'écoute des réactions de la population.

#### **\* Garantir des conditions de travail satisfaisantes à ses employés**

Les nuisances odorantes portent atteinte non seulement au confort, mais sont aussi le signe de rejets atmosphériques qui peuvent toucher à la santé des employés, surtout si les matières traitées présentent un risque important de dégagement de H<sub>2</sub>S (surtout dans les stations d'épuration par exemple). Le suivi doit s'effectuer aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur des locaux.

### **b- Outils de suivi des odorités**

Ce suivi peut se faire par un diagnostic odeurs en cas de nuisance ponctuelle importante et durable sur les « gros » sites (stations d'épuration par exemple) ou en suivi continu.

### *i- Le diagnostic odeurs*

Le **diagnostic odeurs** permet, en cas d'incident odorant sur un site existant, de faire l'inventaire complet des sources d'odeurs et d'y remédier. Il comprend trois phases : l'audit préliminaire, les campagnes de prélèvements et l'analyse des prélèvements.

#### \* **L'audit préliminaire**

Il consiste à identifier les sources potentielles d'odorants à toutes les étapes du process. Il s'agit en fait de tous les points de contact des matières actives (y compris les effluents gazeux) avec l'air extérieur.

#### \* **Les campagnes de prélèvement**

Elles sont réalisées selon les recommandations décrites dans la norme européenne en vigueur EN 13725 et dans la norme française NF X43-104. Les prélèvements se font sur les points sources identifiés au cours de l'audit préliminaire. Ces prélèvements permettent de caractériser de façon fiable et représentative chacune des sources odorantes si l'on prend soin de tenir compte de la variabilité du niveau d'émission de chaque source.

Le prélèvement peut se faire avec ou sans concentration préalable de l'échantillon gazeux.

#### \* **L'analyse des prélèvements**

Après prélèvement, les mélanges odorants sont ensuite évalués par leurs concentrations d'odeur (unité d'odeur par  $m^3$  : u.o./ $m^3$ ), et, en conjuguant ce résultat avec le débit de rejet, par leur débit d'émission (unité d'odeur par seconde : u.o./s).

Rappelons qu'une particularité de la concentration d'odeur est que ce n'est pas une grandeur additive, autrement dit la concentration d'un mélange n'est pas simplement égale à la somme des concentrations des constituants de ce mélange.

- Les jurys de nez

La mesure de cette concentration fait l'objet des normes NF X 43-103 et EN 13725. Elle fait appel à un jury d'observateurs sélectionnés (jury de nez) composé typiquement de 5 à 10 personnes bien entraînées.

- Les analyses chimiques

Elles se font généralement en laboratoire soit par chromatographie en phase gazeuse en utilisant différents détecteurs (dont le spectromètre de masse), soit par gravimétrie, volumétrie ou iodométrie suivant la famille de composés analysés. Elles permettent de déterminer la composition qualitative du mélange.

Cependant, pour certains composés spécifiques ( $NH_3$ ,  $H_2S$ , triméthylamine, etc.), il existe sur le marché des tubes colorimétriques qui permettent une bonne estimation in situ des teneurs en ces composés. Le gaz est directement pompé au travers du tube contenant une phase spécifique qui réagit au produit recherché. Des interférences sont possibles dans le cas d'effluents complexes. Il existe également des capteurs répondant spécifiquement à différents produits. On peut se heurter dans ce cas encore aux contraintes de limites de détection et de substances interférentes.

Les limites de ces techniques dans le suivi de l'odorité :

- \* Les propriétés odorantes des mélanges sont différentes de celles des constituants pris séparément (et qui varient souvent avec la concentration)

- \* Si tous les composés chimiques ne sont pas odorants, ils peuvent cependant parfois influencer la sensation perçue avec le mélange.

Les informations apportées par le diagnostic odeurs, couplées à l'étude de dispersion des gaz peuvent être utilisées pour évaluer l'efficacité de l'élimination des odorants par un bio filtre, un épurateur ou toute autre technologie de maîtrise des odorités mise en place. On pourra ainsi apporter des modifications dans la démarche de gestion des odorités. Cette étude peut permettre aussi de confirmer la réduction des nuisances après des modifications. Enfin, le diagnostic des odorités peut être utilisé pour évaluer la nécessité de mettre en œuvre un système de surveillance des odorités.

Le coût de cette étude de diagnostic se chiffre entre 4 k€ et 15 k€.

Néanmoins, cette approche présente quelques inconvénients : Les mesures effectuées sur les sources sont valables à un moment donné. Il s'agit d'un diagnostic ponctuel. Par ailleurs ce diagnostic ne permet pas de prévoir ou de détecter des incidents imprévus et donc ne permet pas une réactivité immédiate.

D'où la nécessité de prévoir un système de surveillance des odorités.

#### *ii- La surveillance continue des odorités*

Quelles que soient les mesures de prévention et de traitement des odorants mises en place, certaines opérations fréquentes dans la journée présentent un risque d'émission d'odorants, notamment la réception et le déchargement des matières entrantes. Dans le cas d'un contexte local sensible, il peut être judicieux de prévoir une surveillance continue des odorités. Cette surveillance se fait à la fois sur le site et hors du site, dans les lieux de vie environnants.

Ces sources sont de trois natures :

- \* Soit elles sont canalisées et émises plus ou moins en hauteur par une cheminée ou par une bouche d'aération.
- \* Soit elles sont surfaciques. C'est le cas lors du stockage de produits à l'air libre, ou pour les bassins de stations d'épuration à l'air libre.
- \* Soit encore elles ne sont pas identifiées mais réparties en différents points et souvent fugaces, c'est le cas par exemples de fuites sur des installations ou des bâtiments.

Du mode d'émission dépendra le mode de propagation des odorants dans le voisinage. Le choix de l'emplacement du système de mesure sur le site est alors crucial et l'étude de dispersion des odorants réalisée pendant l'étude d'impact odorant sera ici très utile (Voir le paragraphe 3.2.3.3A-c-).

Avant de choisir l'outil de mesures, il est également nécessaire de savoir ce que l'on veut mesurer : il peut s'agir de détecter à la source la présence de molécules odorantes et de mesurer leur concentration. Ceci afin de la comparer à des valeurs maximales prédéfinies au-delà desquelles une intervention est nécessaire. Ou alors il peut s'agir d'évaluer un « ressenti odorant » dans les lieux de vie voisins.

## *ii.1 Surveillance en continu sur site : Les dosimètres et les « nez électroniques »*

L'utilisation de dosimètres et nez électroniques pour un suivi en temps réel des odorants est de plus en plus répandue.

### \* **Les dosimètres**

Les dosimètres sont des appareils portatifs munis de capteurs ou des capteurs installés en des points stratégiques, chacun plus ou moins sélectif à un composé chimique, mesurant le taux de certaines molécules dans l'air.

Il existe notamment des capteurs spécifiques à l' $\text{H}_2\text{S}$ , gaz toxique qui au-delà de 300 ppm présente un risque de troubles respiratoires graves ou de danger mortel. Les dosimètres sont donc portés par les employés en contact avec des matières odorantes pour mesurer le taux de  $\text{H}_2\text{S}$  dans l'environnement immédiat et alerter en cas d'émission importante.

Il existe aussi des capteurs spécifiques à l'ammoniac  $\text{NH}_3$ , ou encore au méthane  $\text{CH}_4$ .

Des détecteurs de gaz nocifs peuvent également être installés et connectés à une centrale de supervision. Cela permet de déclencher, en cas de dépassement du seuil de consigne, le système de ventilation de secours et une alarme locale et centralisée.

### **Partageons nos expériences**

Sur le site de méthanisation de Fertigaz à Passel, les employés portent des dosimètres qui mesurent entre autres, le taux de  $\text{H}_2\text{S}$  à l'intérieur des locaux.



**Figure 21: Exemple de dosimètre multigaz avec notamment mesure de  $\text{H}_2\text{S}$ .** (Source MSA-Gallet.)

### \* **Les nez électroniques**

Les nez électroniques quant à eux sont des **dispositifs fixes** également munis d'un ensemble de capteurs, chacun faiblement sélectif à un composé ou à une famille de composés chimiques (soufrés ou aminés par exemple).

Les nez ont en général une plus large gamme de capteurs que les dosimètres et sont en plus munis d'un dispositif de traitement des informations. Il existe des capteurs de type oxydes métalliques et polymères conducteurs, ainsi que des bio-senseurs à base de bicouches lipidiques. Il existe aussi des nez électroniques basés sur le principe de la spectrométrie de masse qui identifie les molécules par leur masse. Tous ces dispositifs réagissent à des caractères purement chimiques des molécules, qu'elles soient odorantes ou non.

Des fournisseurs proposent qu'après « entraînement » du nez artificiel, c'est-à-dire la constitution d'une banque de données d'odorants, un tel appareillage soit capable d'identifier certains mélanges dans la mesure où leur composition reste stable mais surtout d'évaluer les différences entre un mélange odorant et différents « prototypes » de mélanges préalablement définis et stockés en mémoire (par exemple un mélange

ayant été associé à une image de brûlé d'une substance donnée). Les performances de ces nez électroniques sont encore inférieures à celles d'un nez humain.

Ces équipements doivent être implantés de manière aussi représentative que possible et c'est là que se situe la difficulté car il faut être certain que le panache d'émission vienne bien les balayer. De plus la distance à la source ; la vitesse du vent et les turbulences opèrent des dilutions. Dans l'idéal, ces équipements se situent au niveau des sources, autrement dit de tous les points de contacts entre la matière active et l'extérieur, et dans ce cas les mesures sont plus représentatives des émissions réelles (dans la limite où le capteur peut accepter les concentrations). Ces sources sont par exemple les sorties de cheminées d'air épuré ou non, les ouvertures de portes, les abords des bassins d'épuration ou de stockage surtout s'ils sont à l'air libre. Mais il faut alors y associer un modèle de dispersion des odorants s'appuyant sur les données d'une station météorologique locale avec l'objectif de s'assurer que le panache odorant n'est pas susceptible de générer des nuisances.



**Figure 22: Exemple de nez électronique fixe installé en périphérie d'une zone odorante. Source : Alpha-Mos**

### **Partageons nos expériences**

Le centre de valorisation organique de Dunkerque a adopté un outil de suivi des odorants en ligne, Olfaweb®, permettant de suivre, sur internet et en temps réel, la modélisation de la dispersion des molécules émises par une installation industrielle. L'application avertit également l'exploitant lorsque les conditions météorologiques risquent d'exposer les riverains aux odorités.

Certains nez sont implémentés au niveau des zones de vie, et dans ce cas l'inconvénient est que les échantillons de mélanges odorants sont très dilués et les concentrations très variables à cause du déplacement très capricieux des panaches d'odorants au gré des vents.

Un autre inconvénient est que ces équipements doivent couvrir un champ assez vaste de molécules pour rendre compte correctement du contenu de l'air. Cela implique donc des analyses différentes et des appareillages divers.

Enfin, s'ils permettent de reconnaître les rejets gazeux d'un site, les nez électroniques, contrairement aux nez humains, ne rendent pas compte du ressenti de la population exposée. D'où l'utilité d'un suivi hors site sur les lieux de vie.

## *ii.2 Surveillance continue des odorités hors site : le jury de volontaires*

Il s'agit d'un jury de nez dont les membres sont recrutés parmi les habitants ou les utilisateurs des lieux de vie avoisinant l'installation.

Deux approches existent dans cette démarche :

- \* **les jurys de riverains** : Les personnes suivent une formation légère leur permettant de reconnaître le site, d'étalonner leur niveau de perception mais de garder leur subjectivité pour exprimer leur ressenti (gêne exprimée au travers d'un « indice de gêne »). Il faut rechercher leur représentativité par rapport à la population, ce qui est souvent une gageure. Les observations de ce jury peuvent coller de très près à la réalité et traduisent bien la gêne des riverains puisqu'il s'agit justement d'un jury de riverains.
- \* **les jurys de nez spécialisés**. Ces individus restent attentifs aux manifestations odorantes et peuvent avertir l'exploitant dès les premiers signes odorants, ce qui permet une réaction rapide de la part de ce dernier.

Les avantages de ces jurys de nez-experts :

- \* Les observations du jury se prêtent à une démarche analytique car les jurés sont entraînés à trier, qualifier et quantifier les odorités avec une certaine objectivité.
- \* Cette surveillance peut renseigner efficacement sur les horaires, les durées et les fréquences de libération de composés odorants.
- \* La richesse des réponses données permet de faire le lien avec les sources ponctuelles dans le cas où le « profil olfactif » (méthode IAP-Sentic) du site a été fait au préalable.

Les principaux inconvénients :

- \* Ce mode de surveillance nécessite un investissement initial dans l'éducation des observateurs.
- \* Il fait appel à des personnes qui, malgré une formation assez importante, peuvent garder un peu de subjectivité.
- \* La disponibilité des jurés n'est pas toujours garantie sur les lieux atteints par les odeurs.
- \* Comme tous les jurys, on constate une certaine « usure » qui demande un renouvellement annuel du quart du jury.

## **C- Bâtir un plan de communication adapté**

### *a- Associer l'ensemble des riverains à la surveillance des odorités*

Pour le suivi des odorités, une alternative au jury de nez, demandant moins d'investissement est de faire faire la surveillance par l'ensemble des riverains.

Cela peut se faire en mettant à disposition du public un numéro ou une adresse mail à contacter en cas d'odorités inhabituelles. Vous serez donc informés à temps en cas de nuisances et pourrez apporter plus vite une réponse au problème. De plus, on évite ainsi les plaintes directes à la mairie par exemple. Mieux, convenez avec les riverains du moyen d'observation le plus objectif possible.

Cette surveillance présente l'avantage de donner des informations sur les émotions et le comportement de la population. Elle traduit l'état d'esprit de la population. Mais elle n'est pas sans inconvénients : du fait du vécu personnel de chacun, les informations données peuvent ne pas refléter le caractère odorant proprement dit. Par ailleurs, les perceptions des individus peuvent être influencées par les leaders d'opinion, les médias, des attentes déçues, etc. Pire, les accusations peuvent être erronées, et les plaignants ne sont pas

toujours en mesure de discerner les odorités et d'identifier les origines de celles-ci. Enfin les informations n'arrivent qu'une fois que le dommage est fait.

### ***b- Avertir la population d'un épisode odorant à venir***

Identifiez les zones qui pourraient être concernées, insistez sur le caractère exceptionnel de cet épisode en expliquant pourquoi il intervient. Cela permet de diminuer l'angoisse, la mauvaise surprise et l'agacement de la population. En effet, cette dernière fait sa surveillance de manière permanente et a besoin d'avoir une explication à chaque émission odorante perçue. Cette explication doit :

- \* pouvoir rassurer notamment sur le plan de la santé ;
- \* lui permettre de comprendre une situation, sinon de l'excuser ;
- \* faire accepter et tolérer les désagréments sous réserve qu'ils ne prennent pas trop d'ampleur ou de fréquence.

Partez du principe qu'une nuisance est mieux acceptée lorsque l'origine est expliquée, qu'elle est maîtrisable, ponctuelle et si possible, justifiée. En un mot, les questions suivantes doivent trouver des réponses claires immédiatement : « Qu'est-ce qui sent », « Pourquoi ça sent », « Combien de temps cela va-t-il sentir », « Combien de fois par semaine ». « Est-ce dangereux ».

Mieux, certaines activités peuvent impliquer un épisode odorant inévitable se produisant à une certaine fréquence (raisonnable, par exemple une fois par semaine) et de durée assez courte (une heure par exemple). Une certaine tolérance de la part de la population sera observée si votre plan de communication a pris soin d'expliquer et de justifier, voire de légitimer cette nuisance ponctuelle.

### ***c- Tenir vos engagements d'amélioration ou de réactivité face à un épisode odorant***

La relation de confiance avec les riverains doit rester durable, ce qui est conditionné par la tenue de vos engagements. Une déception des attentes des riverains peut amplifier très rapidement le sentiment de non fiabilité de votre installation. Ne pas nier les problèmes et ne pas promettre des résultats que l'on ne saura pas tenir, mieux vaut présenter un échéancier raisonnable et s'y tenir scrupuleusement en communiquant avec les riverains sur son avancement (accompagné de visites sur le site).

## **D- Conclusion sur les bonnes pratiques de prévention et de limitation des émissions odorantes**

- \* Donner une formation adéquate au personnel.

En effet, la réglementation ICPE stipule pour tout type d'installation :

*« Avant le démarrage des installations, l'exploitant et son personnel, y compris le personnel intérimaire, sont formés à la prévention des nuisances et des risques générés par le fonctionnement et la maintenance des installations, à la conduite à tenir en cas d'incident ou d'accident et à la mise en œuvre des moyens d'intervention.[...] Le contenu de cette formation peut être adapté pour prendre en compte notamment le retour d'expérience de l'exploitation des installations et ses éventuelles modifications.*

*[...] Avant toute intervention, les prestataires extérieurs sont sensibilisés aux risques générés par leur intervention.*

L'exploitant tient à la disposition de l'inspection des installations classées les documents attestant du respect des dispositions du présent article. »

- \* Choisir des périodes de la semaine ou de la journée adéquates pour entreprendre une activité susceptible d'émettre des odorants.
- \* Veiller à empêcher le contact des matières entrantes et sortantes avec l'air extérieur lors du transport.
- \* Encadrer les pratiques opérationnelles en s'assurant que les portes soient étanches et maintenues fermées, que l'entreposage soit conforme ou que les opérations plus critiques soient entreprises dans des locaux dédiés.
- \* Recouvrir les matières odorantes entreposées à l'extérieur.
- \* Entretien des équipements de traitements de l'air vicié.
- \* Assurer le respect des conditions d'opération de ces équipements et un meilleur contrôle des paramètres comme la vitesse de sortie des gaz ou vapeurs, la ventilation, la température.
- \* Maintenir l'entretien général et la propreté du site en s'assurant que les poussières soient éliminées et les eaux résiduelles traitées.
- \* Effectuer un diagnostic odorités et mettre en place un système de suivi des odorités.
- \* Entretien de bonnes relations avec le voisinage.

### 3.2.4 Le cas particulier du H<sub>2</sub>S : prévention des émissions et technologies d'élimination

#### 3.2.4.1 Sources d'émission et risques associés

Encore appelé « hydrogène sulfuré » ou « sulfure d'hydrogène », l'H<sub>2</sub>S doit faire l'objet d'une attention particulière sur un site de méthanisation.

D'une part, ce composé est produit systématiquement dans le biogaz ou dans l'atmosphère des lieux de stockage et de traitement des matières si celles-ci contiennent des composés soufrés et pour peu qu'il y ait des conditions anaérobies.

Le Tableau 4 suivant montre des résultats des mesures effectuées de composition en H<sub>2</sub>S de biogaz brut de différentes origines. Ces mesures ont été effectuées par l'INERIS qui précise que les tendances de la bibliographie ne se recoupent pas à proprement parler avec ses propres résultats (INERIS. *Étude comparative des dangers et des risques liés au biogaz et au gaz naturel*, 2006). Les compositions du biogaz peuvent varier énormément dans une même filière de production, d'un site à un autre ou bien même encore sur un même site, d'une période donnée à une autre.

	Industrie papetière	Boues de station d'épuration	Centre de tri et compostage	Élevage porcin
Teneur H <sub>2</sub> S (ppm)	720	3150	280	2000

**Tableau 4:** Teneur en H<sub>2</sub>S de biogaz de différentes origines. (Source : INERIS. *Étude comparative des dangers et des risques liés au biogaz et au gaz naturel*, 2006).

**Des mesures menées sur le site de méthanisation de FFOM VALORGA à Amiens donnent des valeurs de 200 à 2500ppm. (Source : R. MOLETTA, F. CANSSELL. Méthanisation des déchets organiques-étude bibliographique. Étude RECORD N°0160408/1A, février 2003)**

D'autre part, l'hydrogène sulfuré, présente un risque de toxicité aiguë dans les milieux confinés ou semi-confinés. Il a tendance à s'accumuler en partie basse où il peut atteindre des concentrations assez importantes pouvant générer des effets graves. Il provoque fréquemment des intoxications pouvant avoir une issue fatale et soudaine à des concentrations dans l'air de l'ordre de 500 ppm. Son odorité fétide est couramment associée à l'œuf. La sensation olfactive, variable d'un individu à l'autre, n'augmente pas avec la concentration du gaz dans l'air. L'odorité décelable à de très faibles concentrations (0,008 ppm 0,5 µg/m<sup>3</sup>) s'atténue ou disparaît à forte concentration.

#### **Toxicité du H<sub>2</sub>S :**

- \* 0,008 ppm : seuil de détection
- \* 50 – 150 ppm : paralysie du nerf olfactif
- \* 300 ppm : œdème pulmonaire
- \* 500 ppm et plus : perte de conscience rapide ; la mort peut survenir très rapidement.

La toxicité importante du H<sub>2</sub>S s'explique par le fait qu'il agit sur l'organisme par plusieurs mécanismes. Les symptômes progressent de l'irritation locale des muqueuses, céphalées, nausées, étourdissements et dyspnée à l'œdème pulmonaire, hypotension, arythmie cardiaque, convulsions, coma et mort.

#### **Accident d'intoxication en 2005, 4 morts et 13 blessés**

Un accident particulièrement grave impliquant une installation de méthanisation agricole s'est produit en Allemagne en 2005 : 4 personnes ont été tuées par un dégagement de H<sub>2</sub>S.

Cet accident se serait produit au cours du déchargement d'un camion de déchets dans une fosse située à l'intérieur d'un hall confiné. Une incompatibilité chimique entre les produits déjà présents dans la fosse et ceux déchargés à l'intérieur de celle-ci serait responsable de la formation rapide de grandes quantités de H<sub>2</sub>S. Le couvercle de la fosse était ouvert à cet instant, une panne électrique empêchant sa fermeture.

Dans la plupart des cas, les victimes sont d'abord prises d'un malaise (évanouissement, perte de conscience...) en travaillant au-dessus des installations, ce qui entraîne leur chute puis l'asphyxie dans un milieu confiné (fosse à purin, préfosse à lisier...).

Ces accidents sont souvent mortels et impliquent souvent plusieurs personnes car les sauveteurs occasionnels, non formés et non équipés, venant au secours d'une première victime sont également asphyxiés par le H<sub>2</sub>S.

(Extrait de : *Règles de sécurité des installations de méthanisation agricole*, INERIS, Ministère de l'agriculture et de la pêche, 2009)

Par ailleurs, H<sub>2</sub>S est à l'origine de la formation d'acide sulfurique en présence d'humidité, ce qui entraîne la corrosion de la tuyauterie de transport du gaz ainsi que des pièces des équipements de valorisation.

Son oxydation, le plus souvent en présence de catalyseurs tels que le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>, conduit au trioxyde de soufre SO<sub>3</sub> et à l'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, d'où la formation de pluies acides.

La valorisation directe par combustion du biogaz brut riche en H<sub>2</sub>S est source d'émissions de dioxyde de soufre. L'élimination du sulfure d'hydrogène aussi bien du biogaz que de l'air vicié est le seul moyen d'empêcher la formation de cet oxyde.

#### **Pour aller plus loin, notamment sur les normes d'émission de SO<sub>2</sub> :**

*Étude de la composition du biogaz de méthanisation agricole et des émissions en sortie des moteurs de valorisation*, INERIS. 2009.

### 3.2.4.2 Que dit la réglementation ICPE ?

**Rappel** : Concernant les régimes d'enregistrement et d'autorisation, les arrêtés préfectoraux fixent des prescriptions particulières en complément des arrêtés ministériels qui sont cités ici.

#### A- Régime d'enregistrement

##### *a- Composition du biogaz et prévention de son rejet*

« [...] La teneur en CH<sub>4</sub> et H<sub>2</sub>S du biogaz produit est mesurée en continu ou au moins une fois par jour sur un équipement contrôlé annuellement et étalonné *a minima* tous les trois ans par un organisme extérieur. Les résultats des mesures et des contrôles effectués sur l'instrument de mesure sont consignés et tenus à la disposition des services chargés du contrôle des installations classées pendant une durée d'au moins trois ans.

**La teneur en H<sub>2</sub>S du biogaz issu de l'installation de méthanisation en fonctionnement stabilisé à la sortie de l'installation est inférieure à 300 ppm ».**

##### *b- Traitement du biogaz*

Lorsqu'il existe un dispositif d'injection d'air dans le biogaz destiné à en limiter la teneur en H<sub>2</sub>S par oxydation, ce dispositif est conçu pour prévenir le risque de formation d'une atmosphère explosive ou doté des sécurités permettant de prévenir ce risque.

#### B- Régime de déclaration

##### *a- Traitement du biogaz*

Lorsqu'il existe un dispositif d'injection d'air dans le biogaz destiné à en limiter la teneur en H<sub>2</sub>S par oxydation, ce dispositif est conçu pour prévenir le risque de formation d'une atmosphère explosive ou doté des sécurités permettant de prévenir ce risque.

##### *b- Composition du biogaz et prévention de son rejet*

**[...] La teneur en H<sub>2</sub>S du biogaz issu de l'installation de méthanisation en fonctionnement stabilisé à la sortie de l'installation est inférieure à 300 ppm.**

### 3.2.4.3 Prévention des émissions de H<sub>2</sub>S

En matière de prévention du risque lié à H<sub>2</sub>S, la démarche est similaire à celle de la prévention des odeurs :

## A- Éviter la formation du composé et empêcher les émissions non contrôlées dans l'atmosphère

### a- Rappel des précautions générales

Elles consistent à empêcher la formation de conditions anaérobies dans les lieux de stockage et de prétraitement et à confiner ces lieux. Cela suppose la ventilation des locaux de stockage ou de prétraitement en intérieur et la canalisation des effluents gazeux.

En l'occurrence, toutes les recommandations faites pour les odeurs sont valables ici.

#### **Pour rappel**

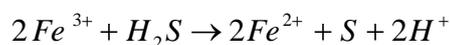
Le dépotage et le stockage des produits se fait de manière à avoir le moins possible de contact avec l'air ambiant et ainsi réduire les volumes d'air vicié :

- \* Les cuves de stockage de matières liquides sont fermées.
- \* Les trémies sont munies de hottes d'aspiration qui convergent vers le traitement des odeurs.
- \* Il faut absolument éviter les tas à l'air libre. Si c'est incontournable, les implanter dans un local fermé avec sas et mis en dépression continue et prévoir un équipement de manutention assurant la protection des travailleurs (tracteur vitré avec système de filtration des polluants gazeux).
- \* Les locaux sont placés en dépression continue. Des bouches d'extraction comportant des hottes convergentes sont mises en place au-dessus des sources ponctuelles d'odeurs.
- \* Les points de contact des matières actives avec l'air extérieur sont systématiquement repérés et soit couverts ou confinés, soit munis de hottes d'aspiration.

### b- Prévention de la formation de H<sub>2</sub>S dans le biogaz

Il est possible de prévenir la formation du H<sub>2</sub>S au sein du digesteur pendant le processus de méthanisation. Ainsi le gaz produit est beaucoup moins riche en H<sub>2</sub>S, ce qui diminue voire annule le besoin d'élimination de ce composé. Pour cela :

- \* Soit l'hydrogène sulfuré est dégradé dès sa formation grâce à l'ajout d'additifs tels que le chlorure ferrique FeCl<sub>3</sub> aux matières à méthaniser. Les ions ferriques réagissent avec l'hydrogène sulfuré selon la réaction :



Cette technique a une haute efficacité et permet d'abaisser la concentration de H<sub>2</sub>S jusqu'à 5 - 50 ppm. Il s'agit de la plus utilisée actuellement.

**Les inconvénients de cette technique** : elle aboutit à la formation de boues noirâtres de sulfure de fer qui ont tendance à sédimenter.

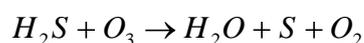
- \* Soit les bactéries sulfato-réductrices responsables de la réduction des sulfates en H<sub>2</sub>S sont inhibées par création de conditions aérobies partielles. La technique consiste à insuffler de l'air, et donc de l'oxygène dans le ciel gazeux du digesteur. Cette technique doit être surveillée et bien maîtrisée, notamment le taux d'oxygénation pour éviter la formation d'une ATEX.

### c- Le cas particulier des stations d'épuration

Dans les stations d'épuration, les bassins de stockage et de traitement sont couverts dans l'idéal et munis d'un système de ventilation permettant d'aspirer et de canaliser l'air vicié pour mieux le traiter.

La prévention des émissions de H<sub>2</sub>S dans les stations d'épuration est d'autant plus importante que les volumes traités sont très importants de même que les risques d'émissions à l'air libre car la plupart des stations ont leurs bassins à ciel ouvert. De plus, dans le cas des ouvrages d'assainissement, le risque associé au H<sub>2</sub>S n'est pas seulement toxicologique. En effet ce composé corrode les canalisations. Au contact des parois des collecteurs, il se transforme en acide sulfurique qui attaque le béton (et les métaux). L'attaque biochimique des matériaux entraîne progressivement la dégradation de la canalisation jusqu'à l'effondrement.

- \* **L'aération par agitation ou l'injection d'oxygène** permettent d'éviter les conditions anaérobies, et donc la formation de H<sub>2</sub>S.
- \* **L'ozonisation ou traitement par l'ozone**, gaz très oxydant, permet de dégrader l'hydrogène sulfuré selon la réaction :



- \* **L'ajout de nitrate de calcium** dans les effluents inhibe la formation de sulfures dissous et d'H<sub>2</sub>S. L'apport de nitrates va permettre de maintenir les effluents à l'état d'anoxie (manque d'oxygène) dans lequel le processus de formation d'H<sub>2</sub>S est totalement bloqué. Le dosage du nitrate de calcium doit s'adapter aux variations de la quantité de H<sub>2</sub>S. Le procédé NUTRIOX®, permet une injection contrôlée en permanence du nitrate de calcium.

Notons que l'ajout de chlorure ferrique est également possible dans les bassins d'épuration pour dégrader le sulfure d'hydrogène. Cette technique est utilisée par exemple dans la station d'épuration SIAAP Seine Aval (Achères).

#### **Coût de ces deux techniques :**

Il dépend du prix d'achat des additifs ainsi que de la quantité d'effluents à traiter. Demandez conseil auprès d'une entreprise qui commercialise ces additifs ou auprès des professionnels du traitement des odeurs.

### B- Suivi des émissions de H<sub>2</sub>S

Le suivi permet de surveiller le taux de H<sub>2</sub>S non seulement pour prévenir les risques d'accidents mais aussi pour se conformer à la réglementation, qui rappelle le, stipule que « la teneur en CH<sub>4</sub> et H<sub>2</sub>S du biogaz produit est mesurée en continu ou au moins une fois par jour sur un équipement contrôlé annuellement et étalonné *a minima* tous les trois ans par un organisme extérieur » (pour les installations soumises à enregistrement). Par ailleurs, la teneur maximale autorisée en limite d'exploitation est de 300 ppm, sauf en cas d'une valeur plus restrictive imposée par l'arrêté préfectoral pour les installations soumises à enregistrement ou autorisation.

Il existe pour les mesures des analyseurs à poste fixe ou des appareils portatifs. Ces derniers constituent, à titre individuel un moyen simple et sûr de détecter la présence par exemple d'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S), à condition de respecter les particularités techniques des détecteurs. Ils doivent être portés par tous les employés en contact avec des matières présentant un risque d'émission de H<sub>2</sub>S. Ils peuvent être munis par exemple d'un système d'alarme se déclenchant à un taux seuil prédéfini.

La méthode colorimétrique au bleu de méthylène est une autre méthode analytique généralement reconnue pour la détermination des concentrations de sulfure d'hydrogène dont la spécificité, l'exactitude et la sensibilité se sont révélées relativement satisfaisantes. Une gamme de concentrations allant de 0 à 20 mg/L peut être analysée par la méthode colorimétrique au bleu de méthylène et par spectrophotométrie.

Le suivi en temps réel de la quantité de H<sub>2</sub>S produite permet de déterminer les besoins en traitement et de s'adapter rapidement aux changements brusques de la quantité émise.

La détection olfactive d'H<sub>2</sub>S doit toujours être signalée et être l'objet de la plus grande attention.

### **C- Techniques d'enlèvement du H<sub>2</sub>S de l'air pollué ou du biogaz**

Une fois que les effluents gazeux sont canalisés, et les teneurs en H<sub>2</sub>S usuellement mesurées, il existe différentes méthodes de traitement qui sont valables pour éliminer le H<sub>2</sub>S aussi bien dans l'air vicié que dans le biogaz brut à traiter.

**Ces méthodes sont ici présentées à l'aide d'un tableau récapitulatif :**

Tableau 5

#### **Pour aller plus loin...**

Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Canada. Lignes directrices pour l'encadrement des activités de biométhanisation. Juillet 2010.

C. COUTURIER. Techniques de production d'électricité à partir de biogaz et de gaz de synthèse. Étude RECORD N° 07-0226/1A, Janvier 2009.

Technique	Description / remarques	Avantages	Inconvénients
<b>Désulfuration biologique</b>	Dégradation par des bactéries dans un biofiltre, un biolaveur ou un filtre percolateur. Technique déjà présentée pour traiter les odeurs en général, couplée avec le lavage chimique de préférence. Convient jusqu'à 2000 ppm de H <sub>2</sub> S de 0 à 20 000 Nm <sup>3</sup> /h.	Haute efficacité sur H <sub>2</sub> S et les composés soufrés en général. Bien adapté aux débits importants et aux faibles concentrations. Faible coût d'investissement et de fonctionnement. Traitement simultané d'autres composés odorants.	Formation de chemins préférentiels d'écoulement du gaz, d'où limitation des surfaces de transfert. Pas de régulation possible. Encombrement possible des filtres : vidange et rinçage régulier du réacteur biologique pour éviter l'encrassement et l'accumulation de soufre.
<b>Lavage chimique (NaOH)</b>	Passage de l'air ou du biogaz dans une solution de soude qui dégrade H <sub>2</sub> S. Déjà présentée pour le traitement des odeurs en général. Couplé à un lavage acide pour traiter aussi les polluants azotés.	Bonnes performances d'épuration. Adaptable aux variations de charge ou de débit (3 000 à 200 000 Nm <sup>3</sup> /h). Mise en route instantanée.	Coûts d'installation et de fonctionnement élevés. Pas de régénération possible pour NaOH. Grand volume d'eau souillée par sulfure de sodium.
<b>Insufflation d'air dans le ciel gazeux du digesteur</b>	Inhibition des bactéries sulfato-réductrices grâce à la présence d'oxygène.	Technique peu coûteuse et facilement réalisable.	L'injection d'air peut avoir une incidence sur la qualité finale du biogaz.
<b>Adsorption sur charbon activé (ou silica gel)</b>	Passage du gaz sur un composé solide adsorbant. Nécessité d'imprégnation chimique par Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ou K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> pour traiter H <sub>2</sub> S. La plus utilisée car la moins coûteuse.	Très efficace, réduction jusqu'à 4 ppm en H <sub>2</sub> S. Élimination simultanée des COV et des siloxanes contenus dans l'air ou le biogaz traité.	Régénération très coûteuse en énergie pour récupérer le soufre. Sans régénération, l'installation nécessite de grands volumes de réactifs.
<b>Adsorption sur lit d'hydroxyde de fer ou oxyde de fer</b>	$2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{Fe}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{Fe}_2\text{SO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ Procédé de régénération : $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 6\text{S}$	Haute efficacité, fonctionnement simple et efficace pour des concentrations moyennes de H <sub>2</sub> S. Coût d'investissement peu élevé. Épuration en continu grâce au cycle épuration/régénération en parallèle.	Dans la plupart des cas, le soufre élémentaire n'est pas récupérable économiquement. Coût élevé du réactif.
<b>Lavage aux amines</b>	Lavage dans une solution d'amines	Procédé standard pour l'épuration du gaz naturel lors de l'extraction.	Procédé trop cher pour l'épuration du biogaz, non adapté à l'échelle biogaz.

**Tableau 5: Techniques de traitement d'effluents gazeux pour l'enlèvement de H<sub>2</sub>S**

## 3.2.5 Le cas particulier de NH<sub>3</sub> : prévention des émissions et traitement de l'air vicié

### 3.2.5.1 Sources d'émission de NH<sub>3</sub> et risques liés

#### A- Les principales sources

L'ammoniac provient essentiellement de la dégradation des acides aminés, ainsi que de l'hydrolyse des composés organiques azotés. Le procédé de méthanisation entraîne une augmentation du pH du digestat (de 0,5 à 1 unité pH) ainsi qu'une augmentation de la production d'ions ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Ainsi avec l'augmentation du pH, ces derniers se transforment en ammoniac gazeux NH<sub>3</sub>. Et donc, pour un digestat issu de la méthanisation, les émissions d'ammoniac sont susceptibles d'être plus importantes que pour la même matière non méthanisée.

Le stockage du digestat, ainsi que son épandage sont alors des sources potentielles d'émission d'ammoniac (10 à 20% en plus par rapport à des matières non méthanisées). La technique d'épandage doit donc favoriser l'infiltration rapide des ions NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans le sol et ainsi éviter le passage en phase gazeuse d'une trop grande quantité de NH<sub>3</sub>.

#### B- Quels risques ?

Comme noté précédemment, l'ammoniac est un composé particulièrement odorant, très âcre et facilement reconnaissable à son odeur d'urine en décomposition, nocif par inhalation et mortel à hautes doses. Étant donné qu'il peut être produit en grande quantité sur un site de méthanisation, notamment lors du stockage de certaines matières ou de l'épandage du digestat dans une moindre mesure, il peut être une source importante d'odeurs et donc de nuisances. En milieu confiné, il devient dangereux car son inhalation est toxique.

Par ailleurs, l'accumulation de l'ammoniac dans l'atmosphère en fait un des principaux responsables de l'acidification de l'eau et des sols, ainsi qu'un facteur favorisant les pluies acides. Il est également très nuisible à la faune piscicole.

#### **Remarque**

Les émissions d'ammoniac sont réglementées depuis 1999, par la **directive 2001/81/CE** fixant des plafonds d'émission nationaux pour 2010 sur quatre polluants différents dont l'ammoniac. Le plafond d'émissions sur lequel s'est engagée la France est de 780 kilotonnes en 2010.

Enfin, le risque lié à l'ammoniac ne relève pas seulement de la pollution atmosphérique ou des odeurs. En cas de combustion du biogaz, la présence de NH<sub>3</sub> accélère et amplifie la combustion entraînant des contraintes thermiques pouvant occasionner la fonte des pistons et un échauffement des injecteurs. Un effet du NH<sub>3</sub> est d'être totalement oxydé en NO<sub>x</sub> (oxydes d'azote dont NO et NO<sub>2</sub>) lors de la combustion, ce qui peut impacter sensiblement les émissions polluantes.

### 3.2.5.2 Réduction et contrôle des émissions de NH<sub>3</sub> dans l'air

#### A- Contrôle des conditions de réaction dans le digesteur

A un pH voisin de la neutralité, un équilibre s'établit entre la production d'ammoniac gazeux NH<sub>3</sub> et la production d'ions ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans le digestat. Au-delà d'un pH de 7, l'équilibre est perturbé et plus d'ammoniac est produit et passe dans le biogaz. Ainsi le contrôle du pH du digesteur permet déjà de limiter à un premier niveau l'accumulation d'ammoniac dans le biogaz.

#### B- Réduction des émissions pendant le stockage et l'épandage

Les fosses de stockage de digestat sont couvertes et si nécessaire ventilées et l'air vicié est traité.

#### **Rappel réglementaire**

Quel que soit le régime ICPE, les textes stipulent que : « [...] L'épandage est effectué par enfouissement direct, par pendillards ou par un dispositif équivalent permettant de limiter les émissions atmosphériques d'ammoniac [...] ».

Ainsi les techniques d'épandage (voir plus de détails au 0) doivent permettre de réaliser l'épandage au ras du sol, voire dans le sol. De cette façon, les matières fertilisantes, dont NH<sub>4</sub><sup>+</sup> pénètrent directement dans le sol en limitant ainsi la transformation de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en NH<sub>3</sub> à l'interface sol / air. Les ions ammonium sont par la suite transformés en nitrates dans le sol.

#### C- Le cas des stations d'épuration

Les sources d'émission d'ammoniac se situent déjà en amont de la méthanisation, au niveau des bassins de prétraitement des effluents. Cet ammoniac provient essentiellement de la dégradation biologique de l'urine, des protéines et des acides aminés, ainsi que de l'hydrolyse des composés organiques azotés.

« L'azote rejeté dans le réseau se retrouve sous ses deux formes réduites (organique et ammoniacale), avec, à l'origine, une légère prédominance de la première. Le transit dans le réseau modifie leurs proportions en faveur de la forme ammoniacale. Selon le temps de séjour et la température, la proportion d'azote ammoniacal à l'entrée de la station d'épuration varie entre 50 % (réseaux courts) et 75 % (réseaux très longs) » (Source : FNDAE. *Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités - Document Technique FNDAE N° 25*, Ministère de l'Agriculture et de la pêche, 2001).

Par ailleurs, l'ajout de chaux aux boues occasionne la transformation de l'azote dissous sous forme ammonium en gaz ammoniac par élévation du pH.

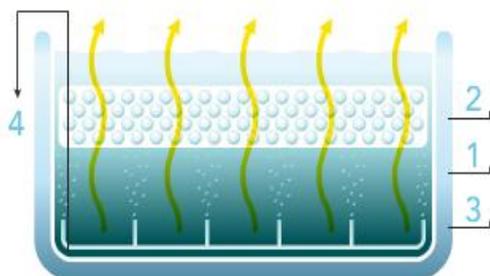
La réduction ou l'élimination de l'ammoniac dans ces bassins empêche non seulement les émissions abondantes dans l'atmosphère mais aussi permettent de réduire la charge azotée avant méthanisation. Les besoins en traitement du gaz s'en trouvent réduits, de même que l'excès en azote dans le digestat.

Pour cela, il existe des procédés physico-chimiques comme l'utilisation de dioxyde de chlore ou l'ozonisation.

Des procédés biologiques de nitrification / dénitrification sont également développés. Cette technique est mise en œuvre par la station d'épuration de Seine Aval (SIAAP). Elle comprend deux étapes :

### \* La nitrification

La technologie consiste à reproduire, dans l'usine d'épuration, un processus qui s'effectue naturellement dans le fleuve : la transformation de l'azote ammoniacal en nitrates  $\text{NO}_3^-$ . Des bactéries présentes généralement dans l'eau se fixent sur des filtres constitués par des micro-billes de matériaux inertes. Un apport important d'oxygène permet à ces bactéries de transformer l'azote ammoniacal en nitrates.

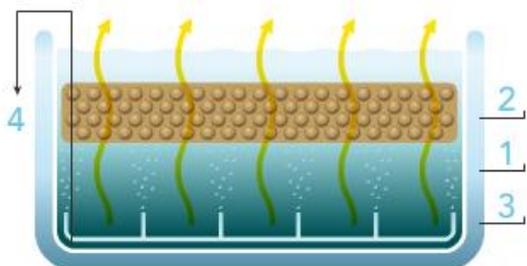


- 1 : Arrivée des effluents
- 2 : Bactéries consommatrices d'azote ammoniacal, fixées sur des billes de polystyrène expansé qui forment un ensemble filtrant
- 3 : Insufflation d'oxygène
- 4 : L'eau à traiter traverse l'ensemble filtrant de bas en haut, l'azote ammoniacal est transformé en nitrates grâce aux bactéries qui le consomment et peuvent ainsi se multiplier.

**Figure 23:** Description du procédé de nitrification. Source : SIAAP Seine Aval.

### \* La dénitrification

Cette fois, privées d'oxygène, les bactéries sont contraintes d'aller chercher cet oxygène, nécessaire à leur survie, dans les nitrates, les transformant ainsi en azote gazeux, composant majeur de l'air atmosphérique.



- 1 : Arrivée des effluents chargés en nitrates et dopés en méthanol
- 2 : Bactéries consommatrices de nitrates, fixées sur des billes d'argile
- 3 : Privées d'oxygène et en présence de méthanol, les bactéries transforment les nitrates en azote gazeux
- 4 : L'eau nitrifiée traverse l'ensemble filtrant et est débarrassée de ses nitrates.

**Figure 24:** Description du procédé de dénitrification. Source : SIAAP Seine Aval.

### **Pour aller plus loin**

FNDAE. *Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités* - Document Technique FNDAE N° 25, Ministère de l'Agriculture et de la pêche, 2001).

### 3.2.5.3 Technologies d'élimination de l'ammoniac de l'air vicié ou du biogaz

Quelques techniques d'élimination de l'ammoniac dans un effluent gazeux sont récapitulées dans le tableau suivant :

Technique	Description / remarques	Avantages	Inconvénients
<b>Lavage chimique acide (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</b>	Passage de l'air ou du biogaz dans une solution d'acide sulfurique H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . Récupération de sulfate d'ammonium utilisable comme fertilisant. Déjà présentée pour le traitement des odeurs en général.	Bonnes performances d'épuration. Adaptable aux variations de charge ou de débit (3.000 à 200.000 Nm <sup>3</sup> /h). Mise en route instantanée. Permet une élimination simultanée d'autres COV odorants comme les composés azotés.	Coûts d'installation et de fonctionnement élevés. Pas de régénération possible pour H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , donc quantités importantes d'acide utilisées.
<b>Ozonation</b>	$4\text{NH}_3 + 3\text{O}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2$	L'ozone est dégradé à la fin de la réaction	Le coût de l'ozone. Technologie peu utilisée en France, donc peu de retours d'expérience.

**Tableau 6: Exemples de techniques d'élimination de NH<sub>3</sub> des effluents gazeux.**

### 3.2.6 Autres composés traces : Siloxanes, Mercaptans, BTEX, métaux lourds

#### 3.2.6.1 Sources et risques liés

Les siloxanes sont des composés organométalliques dérivés du silicium que l'on retrouve surtout dans les boues urbaines et industrielles. Ces dernières contiennent également des composés halogénés, des mercaptans ou des métaux lourds. Tous ces composés se retrouvent à l'état de traces dans le biogaz. Les concentrations en méthylmercaptan, éthylmercaptan, diméthylsulfure, CS<sub>2</sub>, thiophène et diméthyldisulfure sont inférieures à 1 ppb (partie par milliard ou 1/1000 milliards).

En plus d'être des polluants pour l'air, ils peuvent engendrer à long terme dans les équipements de transport et de valorisation du biogaz, un phénomène de corrosion, en raison de la production d'acides halogénés et de silice (abrasion des surfaces métalliques de moteur, encrassement de bougies, dysfonctionnement de soupapes).



**Figure 25: Effet d'usure des siloxanes sur un moteur. (Source : Clarke Energy)**

**Quand le biogaz est brûlé pour produire de l'électricité, les siloxanes se transforment en dioxyde de silicium (SiO<sub>2</sub>), qui peut se déposer sur les différents équipements en contact avec le gaz brûlé, sous forme de dépôt blanchâtre apparenté à de la céramique.**

Par ailleurs, ces polluants peuvent se retrouver également en partie dans le digestat, ce qui peut le rendre impropre à l'épandage agricole. Mais la qualité de ce digestat dépend

surtout des matières initialement méthanisées, d'où l'importance du suivi de la qualité des substrats méthanisés.

### **Pour aller plus loin**

*Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets – bilan des connaissances.* ADEME, 2005.

*Étude comparative des dangers et risques liés au biogaz et au gaz naturel,* INERIS, 2006.

*Techniques de production d'électricité à partir de biogaz et de gaz de synthèse.* Étude RECORD N° 07-0226/1A, janvier 2009

### **3.2.6.2 Prévention de la contamination.**

Le meilleur moyen de prévenir la contamination du biogaz et du digestat par de tels polluants est de prévenir en amont leur incorporation dans les matières premières. Cela passe par un tri et un choix judicieux des matières premières, surtout dans l'industrie (industries papetières par exemple) et les centres de traitement d'ordures ménagères. Une meilleure sensibilisation doit également être faite auprès des populations pour éviter les rejets de produits chimiques dans les eaux usées et donc la pollution des boues d'épuration. Il en va de même pour les agriculteurs vis-à-vis de l'utilisation des pesticides.

### **3.2.6.3 Traitement du gaz contaminé**

Quelques méthodes d'enlèvement des différents polluants traces du biogaz sont résumées dans le Tableau 7 suivant.

<b>Technique</b>	<b>Composé(s) visé(s)</b>	<b>Description de la technique</b>	<b>Retours d'expérience / Observations</b>
<b>Réfrigération à -25°C</b>	<b>Siloxanes, Composés halogénés,</b> H <sub>2</sub> S, vapeur d'eau	Le gaz est refroidi à -25°C. Les particules de contaminants se dissolvent avec l'eau.	Élimination de 95 % des siloxanes et l'H <sub>2</sub> S dissous dans l'eau. On peut ajouter en option une unité d'adsorption par charbon actif pour éliminer le reste des contaminants, la durée de vie du charbon actif est allongée puisqu'il y reste peu de contaminants à traiter. Technologie récente ; coût énergétique importants.
<b>Adsorption sur charbon actif ou graphite</b>	<b>Siloxanes, composés halogénés,</b> H <sub>2</sub> S	Adsorption des polluants sur support solide.	La plus utilisée car la moins coûteuse à mettre en place. Les économies réalisées sur la maintenance des moteurs permettent de rembourser les coûts d'installation en un an.
<b>Adsorption sur Silica gel</b>	<b>Siloxanes, composés halogénés,</b> H <sub>2</sub> S	Même principe que l'adsorption sur charbon activé, c'est le matériau absorbant qui diffère.	Très bonne efficacité mais séchage préalable du gaz nécessaire pour garder une bonne efficacité (jusqu'à 100 mg de siloxane/g). Saturation en polluants plus tardive : jusqu'à 4 fois plus durable.

**Tableau 7: Quelques techniques d'enlèvement des polluants traces dans le gaz.**

### **Pour aller plus loin**

RECORD. *Techniques de production d'électricité à partir de biogaz et de gaz de synthèse.* Étude RECORD N° 07-0226/1A, janvier 2009

## 3.3. Préservation et restauration de la qualité des sols et des ressources en eau

### 3.3.1 Le digestat

A ce jour, le digestat n'est ni homologué, ni normé. Il est considéré comme un déchet produit par une ICPE, ce qui oblige à réaliser un plan d'épandage pour son retour au sol. Les plans d'épandage sont plus ou moins contraignants selon les intrants et les digestats nécessitent parfois un traitement préalable qui sera décrit brièvement dans cette partie. Le digestat peut également être co-composté avec d'autres matières organiques et dans ce cas le compost obtenu est soumis à la norme NF U-44-051 (ou NF U-44-095).

#### 3.3.1.1 Influence de la qualité des substrats entrants sur la qualité des digestats

En général, pour ce qui concerne les éléments fertilisants et les amendements, le digestat se caractérise comme suit par rapport aux produits organiques entrants de l'installation de méthanisation :

##### \* Matière organique

Environ 50 à 80% de la matière organique biodégradable est éliminée et évacuée du digesteur sous forme de biogaz.

##### \* Azote (N)

La quantité totale d'azote entrant dans le digesteur se retrouve dans le digestat. La méthanisation provoque un changement de la distribution entre l'azote sous forme organique et l'azote présent sous forme d'ammonium, une de ses formes minérales. Le ratio de l'ammonification d'azote est environ proportionnel au rendement de l'élimination de la matière organique.

##### \* Phosphore (P) et Potassium (K)

**Note** : Une étude commanditée par l'ADEME et le Ministère de l'Agriculture est en cours sur la qualité agronomique et sanitaire des digestats. Elle a pour objectif d'arriver à caractériser les digestats selon les matières entrantes, les pré et post-traitements et les procédés de méthanisation. La publication est prévue pour fin 2011.

Néanmoins, de quelques études déjà réalisées et faisant la corrélation entre la qualité agronomique du digestat et la composition et la nature des substrats entrants, il ressort que :

- \* La qualité du digestat ou du compost fabriqué à partir du digestat dépend moins de la technologie employée, que de la qualité du produit initial (réduction à la source des contaminants, tri en amont). Une attention particulière doit ainsi être portée au choix, à la préparation et au tri des déchets. Cette vigilance est d'autant plus importante dans les projets de méthanisation agricole que les effluents d'élevage étant peu méthanogènes, il est nécessaire d'ajouter d'autres déchets. L'exploitant doit veiller à l'intérêt agronomique et à l'innocuité sanitaire des substrats.
- \* Concernant les ordures ménagères résiduelles, les technologies de tri sur site en amont et aval permettent d'extraire les impuretés macroscopiques (morceaux de verre, plastique, métal), mais ont une efficacité moindre sur les micropolluants. Le digestat issu de la méthanisation de ces déchets résiduels est généralement co-composté avec des déchets verts. Mais il existe une controverse quant au respect

par ce compost de la norme NFU 44-051 dont relèvent les composts : selon le CNIID (Centre National d'Information Indépendante sur les Déchets), le TMB (Tri Mécano Biologique) réalisé sur les déchets résiduels aurait beaucoup de mal à respecter la norme NFU 44-051. Par ailleurs une évolution réglementaire au niveau européen est attendue en 2012, avec une sortie probable du statut de produit du compost issu de TMB, ce qui aboutirait à une gestion par plan d'épandage.

### **Note sur la norme NFU 44-051**

En cours de révision, la norme NFU 44-051 envisage d'introduire prochainement des seuils plus stricts → [Article](#).

Sur ce sujet, dans son dossier technique intitulé « Réflexions et pistes sur le traitement mécano-biologique », le Cercle National du Recyclage a rassemblé un certain nombre d'éléments afin d'apporter le plus de réponses possibles aux collectivités qui s'interrogent sur ce procédé : le tri sélectif est préféré au traitement mécano-biologique → [Dossier](#)

### **L'avis de l'ADEME sur le TMB** (à [consulter](#) sur le site de l'ADEME)

*« L'ADEME rappelle que la première priorité est la prévention de la production de déchets. Tout mode de traitement des déchets ménagers ne doit être envisagé qu'en complément d'actions ambitieuses sur la réduction des déchets à la source. Par ailleurs, la collecte sélective efficace des matériaux, des déchets organiques et des déchets dangereux diffus reste le garant des performances des filières de recyclage et de la valorisation. Elle doit être étudiée en priorité.*

*Bien maîtrisé et intégré dans une gestion multi-filières des déchets donnant la priorité à la valorisation des matières extraites, le TMB constitue une contribution possible aux objectifs du Grenelle de l'Environnement à travers le processus de valorisation complémentaire des déchets ménagers et de réduction des quantités dirigées vers l'incinération ou vers l'enfouissement. Le TMB n'est qu'une étape de gestion de certains déchets ménagers à intégrer dans une gestion globale.*

*Le retour d'expériences des collectivités territoriales ayant recours au TMB reste toutefois trop faible pour soutenir, à ce stade, la généralisation de ce mode de traitement, dont le coût est significatif et très dépendant de la performance de valorisation et de la pérennité des débouchés.*

*L'ADEME invite les collectivités à une grande prudence lors du choix de cette filière et à n'y recourir qu'après examen comparatif avec les scénarios alternatifs envisageables. La réalisation d'une unité de TMB relève d'une décision locale qui doit prendre en compte :*

- \* la présence d'exutoires pour les déchets que le TMB ne peut pas accepter ou les refus qu'il génère : incinérateurs ou cimenteries, centres de stockage de déchets non dangereux ;*
- \* l'adaptation des produits du TMB aux débouchés : prise en compte des exigences en quantité et qualité des agriculteurs, maraîchers, réseaux de distribution d'énergie ou industriels utilisateurs de chaleur par exemple.*

*En cas de choix de ce procédé, il convient de veiller particulièrement à la qualité lors du montage des projets (sélection des meilleures techniques disponibles) et lors du suivi de l'exploitation des unités. Les déchets produits (fraction fermentescible, fraction combustible...), doivent être adaptés aux exigences des utilisateurs dans une démarche d'amélioration continue, garantissant transparence et traçabilité. »*

On peut retenir que lorsque les déchets fermentescibles sont collectés de façon séparée, le digestat obtenu est de qualité indiscutable. Dans la mesure du possible, le tri à la source des biodéchets ménagers sera donc privilégié.

Dans tous les cas, la composition du digestat doit être conforme au plan d'épandage imposé sur le territoire.

### **Pour aller plus loin :**

La qualité agronomique des digestats – *synthèse*, SOLAGRO, décembre 2004.

Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets – *bilan des connaissances*. ADEME, 2005.

Quand choisir un traitement mécano-biologique ? – *Vademecum TMB*, ADEME, 2009

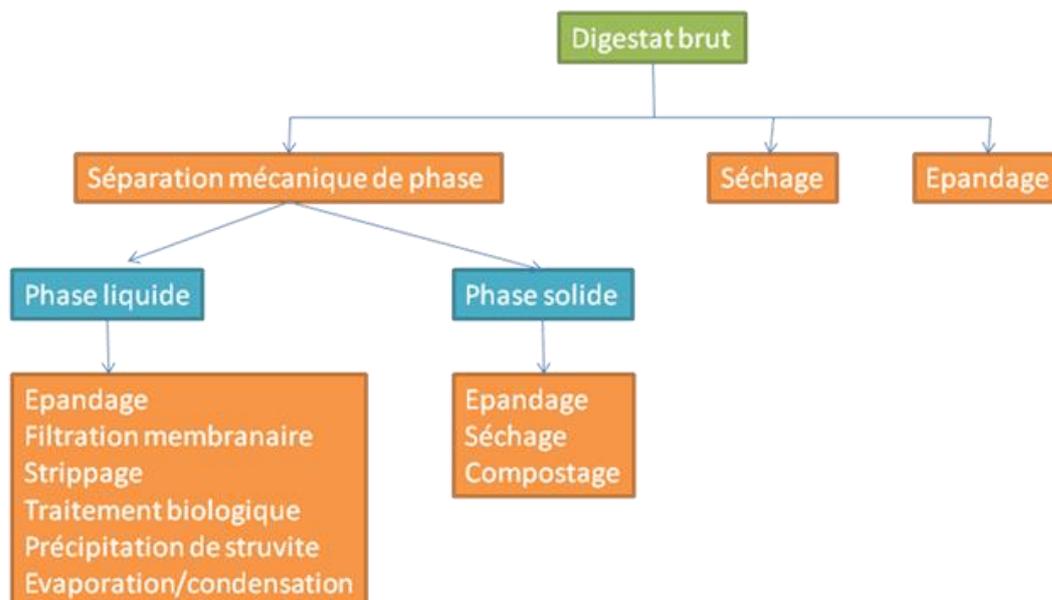
Le traitement mécano-biologique des déchets – Les avis de l'ADEME, mai 2010.

### **3.3.1.2 Les traitements du digestat**

Le digestat peut nécessiter des traitements préalables pour faciliter sa valorisation ou son retour au sol. Les buts d'un traitement du digestat sont :

- \* Réduction du volume à épandre.
- \* Réduction des coûts de stockage et de l'épandage.
- \* Préparer le digestat à être «exporté» des zones d'excédents. Dans ce cadre-là, le but du traitement est plutôt la réduction du contenu en eau (sans fertilisants) pour réduire les transports et donc les coûts liés à celui-ci.
- \* Éliminer la quantité de fertilisants afin que le solide puisse être épandu à proximité de l'installation.
- \* Améliorer la qualité du produit afin d'élargir les destinations des produits sortants.

La Figure 26 suivante recense les différentes techniques de traitement de digestat.



**Figure 26: Vue des techniques de traitement du digestat [adapté de Lemmens].  
(Source EREP 2009)**

Ici, chaque technique est simplement présentée par rapport à son utilité.

Les principes de ces techniques, les équipements utilisés, leurs avantages et inconvénients sont décrits plus en détail dans le document suivant :

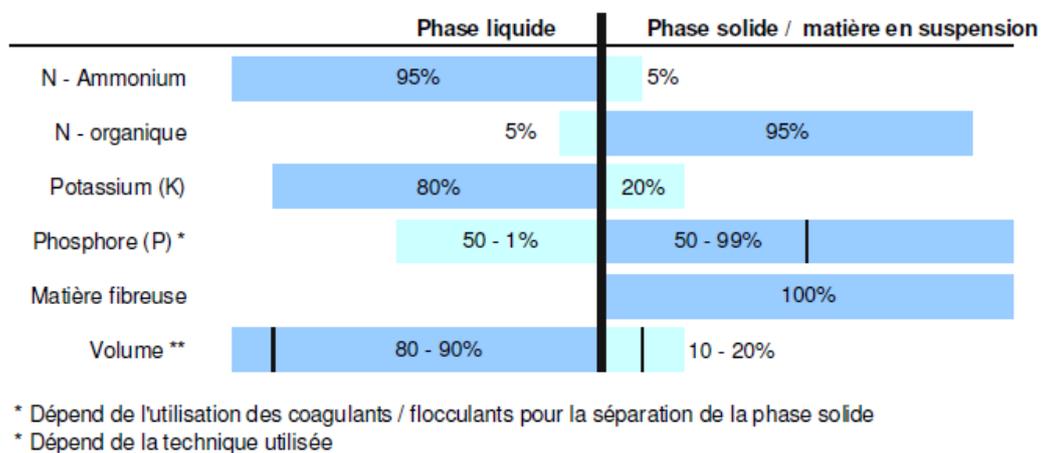
État de l'art des méthodes (rentables) pour l'élimination, la concentration ou la transformation de l'azote pour les installations de biogaz agricoles de taille petite/moyenne, OFEN - DETEC, SUISSE, septembre 2009.

### A- Séparation de phase

La séparation de phase mécanique est le traitement le plus courant du digestat. Elle permet de séparer les fractions liquide et solide. La fraction solide est plus aisée à transporter et se prête donc plus facilement à une valorisation loin du lieu de production.

Pour la séparation mécanique, il existe de nombreuses techniques, mais les plus couramment utilisées sont la presse à vis et la centrifugeuse. (Voir description dans l'Etat de l'art évoqué ci-dessus.

La Figure 27 suivante montre la répartition des éléments fertilisants entre la fraction solide et liquide du digestat.



**Figure 27: répartition des composants fertilisants dans le digestat liquide et solide [adapté IBBK] (Source : État de l'art des méthodes (rentables) pour l'élimination, la concentration ou la transformation de l'azote pour les installations de biogaz agricoles de taille petite/moyenne, OFEN - DETEC, SUISSE, septembre 2009).**

Les deux fractions sont donc complémentaires d'un point de vue agronomique : la fraction liquide riche en azote minéral et en potasse a une valeur fertilisante. La fraction solide riche en azote organique et en matière fibreuse a une valeur amendante, comme l'humus. Chaque fraction peut donc être utilisée en meilleure adéquation avec les besoins agronomiques.

### B- Le séchage thermique

Cette technique permet d'éliminer l'eau résiduelle qui se trouve dans la fraction solide après une séparation mécanique des phases. Plus la matière entrante est sèche, moins la consommation d'énergie thermique sera élevée.

La matière est séchée soit par convection, soit par conduction. Dans le premier cas, l'air chaud est mis en contact directement avec la matière, tandis que dans le deuxième cas

Le transfert se fait par contact via un échangeur de chaleur. Le séchage par convection est le plus aisé à mettre en œuvre.

Le séchage est un bon moyen de valoriser la chaleur excédentaire après chauffage du digesteur.

L'air sortant peut contenir des quantités élevées d'ammoniac, ce qui nécessite donc assez souvent un traitement supplémentaire, par lavage acide par exemple.

Le principe des techniques de séchage ainsi que les équipements utilisés sont décrits dans : *État de l'art des méthodes (rentables) pour l'élimination, la concentration ou la transformation de l'azote pour les installations de bioqaz agricoles de taille petite/moyenne*, OFEN - DETEC, SUISSE, septembre 2009).

### C- La filtration membranaire

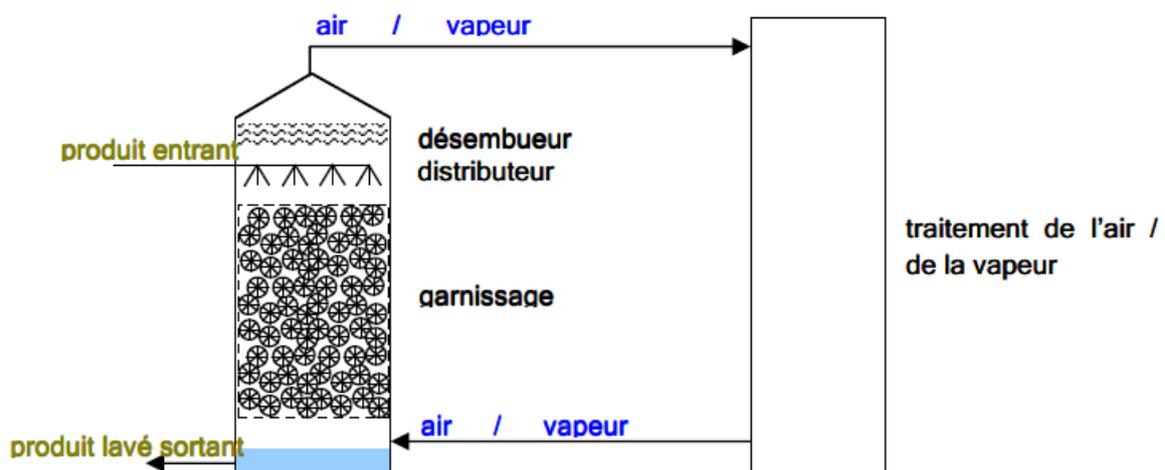
Le but de la filtration membranaire est, après la séparation entre une phase solide et liquide, une concentration supplémentaire de la phase liquide entre une phase liquide contenant toute matière en suspension et des composants fertilisants concentrés et une phase liquide contenant seulement de l'eau.

Seule l'osmose inverse permet d'effectuer une séparation entre l'eau et les ions dissous, comme l'ammonium et d'autres composants fertilisants dissous.

### D- Le stripping ou stripping

Le stripping est l'évacuation des composants volatils d'une solution à l'aide de gaz. Par la diminution de la pression partielle le composant volatil se transfère dans la phase gazeuse, diminuant ainsi sa concentration dans la solution. Le but est l'élimination de l'ammonium/ammoniac. La volatilisation de l'ammonium (ion dissous en solution) vers l'ammoniac gazeux est provoquée par l'augmentation de la température et du pH de la solution jusqu'à 10, déplaçant l'équilibre  $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$  à 100% vers l'ammoniac.

Le traitement se fait dans une colonne de stripping, remplie avec du garnissage ou des plateaux, comme l'indique la [Figure 28](#) suivante.



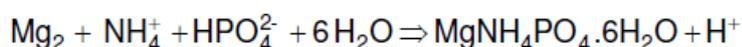
**Figure 28: Principe d'une colonne de stripping (Source : EREP).**

### **E- Le traitement biologique**

Le procédé de traitement biologique traditionnel de l'azote sous forme d'ammonium est celui de la nitrification / dénitrification (NDN). Dans un réacteur qui contient des boues activées (masse bactérienne ou biomasse), des phases aérobies et anoxiques sont créées afin de réaliser respectivement la nitrification, donc la transformation de l'ammonium en nitrate à l'aide d'une biomasse utilisant l'oxygène pour la respiration (l'oxydation), et la dénitrification, où le nitrate produit est réduit (sous consommation de substance organique biodégradable) en azote gazeux qui est rejeté dans l'atmosphère.

### **F- La précipitation de struvite**

Ce procédé est réalisé dans un réacteur dans lequel sont créées des conditions permettant la co-précipitation de l'ammonium et du phosphate et la formation de struvite (ou magnésium-ammoniumphosphate MAP), selon l'équation suivante :



### **G- L'évaporation/condensation**

La technique d'évaporation permet une évacuation de l'eau propre et ainsi une concentration de la solution restante ; il s'agit donc d'un procédé de type séparation / concentration. Elle est déjà utilisée dans le traitement des lisiers.

L'évaporation est provoquée par chauffage du digestat. Le digestat s'épaissit mais reste liquide (MS max 25%). En travaillant à une pression sous vide on peut diminuer la température de cuisson, qui sous pression atmosphérique est de 100 °C. L'évaporation est provoquée à une température élevée (55 – 65 °C) sous un vide relatif de 200 mbar.

Pour éviter la volatilisation de l'azote ammoniacal, le pH doit être diminué par l'addition d'acide afin de déplacer l'équilibre entre N-ammoniacal (volatil) et N-ammonium en direction de la forme ammonium.

### 3.3.1.3 Les bonnes pratiques d'épandage

Bien que la digestion réduise nettement les émissions de GES des substrats, la phase d'épandage peut être source de différentes émissions, dans l'air ou le sol.

- \* Les principales émissions dans l'air sont l'ammoniac  $\text{NH}_3$ , le protoxyde d'azote  $\text{N}_2\text{O}$  (effet de serre 310 fois plus important que le  $\text{CO}_2$ ) et le méthane  $\text{CH}_4$  (effet de serre 25 fois plus important que le  $\text{CO}_2$ ).
- \* Les émissions dans le sol et les eaux sont les micropolluants et métaux lourds. L'importance de ces émissions dépend de la qualité des intrants méthanisés.

#### **Remarque**

Notons que le simple stockage du digestat à l'air libre est aussi source d'émission d'ammoniac. Il faut donc recouvrir la fosse à digestat par une bâche ou mieux, le stocker dans un post-digesteur.

#### **A- Techniques d'épandage**

Premièrement, une incorporation rapide du digestat dans le sol après épandage permet de limiter fortement les émissions de  $\text{NH}_3$ . En effet, une étude (Huijsmans et al., 1999) a montré que si le digestat est incorporé (par une charrue par exemple) au plus 6 heures après l'épandage, la volatilisation de l'ammoniac peut être réduite de 50% environ.

La technique de l'épandage a également une très forte influence sur la volatilisation de l'ammoniac. Les techniques les plus adaptées pour permettre la réduction des émissions sont celles qui épandent directement sur ou dans le sol. Ces techniques minimisent du même coup les émissions éventuelles d'odeurs lors de l'épandage.

- \* **La rampe à pendillards**



**Figure 29: rampe à pendillards (Source : Joskin)**

La rampe à pendillards, en déposant le lisier au ras du sol, réduit considérablement la dérive de lisier par le vent vers les fossés. Elle permet aussi un épandage plus égal et, donc une fertilisation et une croissance des plantes plus uniformes, générant ainsi de meilleurs rendements.

Elle n'est pas la meilleure technique vis-à-vis de la réduction de volatilisation d'ammoniac, mais elle présente le meilleur compromis entre réduction d'ammoniac et facilité de la technique.

L'utilisation de la rampe à pendillards est recommandée pour l'épandage du digestat liquide. Pour prévenir les blocages dans cette rampe, le taux de matière sèche du produit à épandre doit être d'environ 8% au maximum.

#### \* **L'enfouisseur à disques**

Comme son nom l'indique, il permet d'enfouir le digestat au ras du sol.



**Figure 30: enfouisseur à disques (Source : [www.jeantil.com](http://www.jeantil.com))**

La rampe à pendillards est préférée à l'enfouisseur pour son coût, sa largeur de travail et son moindre besoin de puissance.

### **B- Périodes d'épandage**

Pour éviter que les sols soient lessivés et donc perdent leurs éléments fertilisants, l'épandage doit être réalisé au plus près des besoins des cultures ou en fin d'hiver/début de printemps après la période des fortes pluies. Les apports doivent être si besoin fractionnés tout au long de la croissance des cultures.

L'épandage se fera lorsque la météo est favorable c'est-à-dire par temps frais et nuageux. Les temps ensoleillés, secs ou venteux augmentent considérablement les pertes d'azote et diminuent donc son efficacité.

Par ailleurs, certaines régions, comme l'Aisne par exemple ont élaboré des calendriers d'interdiction d'épandage selon la culture suivante et selon le type de fertilisant → [Exemple](#).

Renseignez-vous auprès des Chambres d'agriculture sur l'existence de tels calendriers d'épandage ou d'interdiction d'épandage.

### 3.3.2 Mise en place des CIVE et autres cultures dérochées

Il est parfois nécessaire d'associer aux substrats des cultures énergétiques pour la rentabilité des projets à la ferme, surtout en cas de méthanisation d'effluents d'élevage. Mais l'utilisation de cultures dédiées à des fins énergétiques pose non seulement des problèmes environnementaux liés notamment à l'utilisation d'intrants chimiques ou au travail intensif du sol, mais aussi et surtout crée une compétition directe par rapport à l'alimentation.

Comme cultures énergétiques, on trouve dans la bibliographie le maïs (ensilage surtout), le sorgho (grain et fourrage), des céréales à paille en ensilage de plante entière ou uniquement les pailles (blé, orge, triticale, seigle, etc.), des plantes industrielles (betterave à sucre et pomme de terre), des oléoprotéagineux (tournesol, colza, pois, féverole).

Ce paragraphe propose des voies de solutions pour une utilisation plus rationnelle de la terre et des cultures de façon à ne pas concurrencer l'alimentation et à préserver la qualité des sols.

#### 3.3.2.1 Le contexte français relatif à l'utilisation des cultures énergétiques

Le modèle allemand repose sur une utilisation importante de cultures énergétiques, mais le problème est que de nombreux agriculteurs se détournent de la culture alimentaire pour produire uniquement du maïs par exemple en culture dédiée.

Mais en France, comme le rappelle l'article 31 de la [loi du 3 août 2009 \(loi dite Grenelle 1\)](#), « *La vocation première et prioritaire de l'agriculture est de répondre aux besoins alimentaires de la population, et ce, de façon accentuée pour les décennies à venir. Le changement climatique, avec ses aléas et sa rapidité, impose à l'agriculture de s'adapter, de se diversifier et de contribuer à la réduction mondiale des émissions de gaz à effet de serre. Pour cela, il est indispensable de préserver les surfaces agricoles, notamment en limitant leur consommation et leur artificialisation* ». Ces préoccupations avaient été exprimées dans le cadre des comités opérationnels du Grenelle de l'environnement et synthétisées sous la forme d'un engagement à respecter la « hiérarchie des usages ». Ainsi, la biomasse agricole doit être principalement orientée vers les usages alimentaires, puis vers les usages des bio-matériaux et de la chimie bio-sourcée et, enfin, vers les usages énergétiques. La biomasse forestière, quant à elle, satisfera d'abord les usages du type « bois d'œuvre », puis les usages « bois industrie » et, enfin, les usages énergétiques.

Cette hiérarchie des usages peut s'appliquer à des choix d'affectation des sols, mais elle peut aussi se décliner pour une même matière première, qui, dans le cadre d'une gestion optimisée de son cycle, sera d'abord utilisée pour les usages les plus nobles, pour, en fin de vie, être orientée vers des usages énergétiques, en production d'énergie directe (chaleur, biocarburants, biogaz, électricité) ou indirecte, via le retour au sol de la matière organique ou des éléments minéraux.

On retrouve une telle hiérarchie des usages à l'article 4 de la [directive du 19 novembre 2008](#) relative aux déchets dont certains constituent des gisements de biomasse. En effet, conformément à cet article, afin de protéger au mieux l'environnement, les États membres prennent des mesures pour le traitement de leurs déchets conformément à la hiérarchie suivante qui s'applique par ordre de priorités : prévention, préparation en vue du réemploi, recyclage, autre valorisation notamment énergétique, et enfin, élimination. Là encore, l'usage de matériaux via le réemploi ou le recyclage est privilégié.

En conclusion, pour l’heure, **l’usage des cultures énergétiques dédiées n’est pas soutenu en France. Les subventions sont d’ailleurs généralement conditionnées par un pourcentage de cultures énergétiques inférieur à 20 ou 25%.**

### 3.3.2.2 Le potentiel des cultures intermédiaires ou dérobées.

**On peut utiliser des cultures pour produire de l’énergie (du biogaz notamment) sans être en concurrence avec l’alimentation.**

Auparavant, sur une parcelle, le sol restait nu pendant une partie de l’année entre deux cultures principales. Cela favorisait le lessivage du sol et impliquait donc souvent l’utilisation d’engrais artificiels pour la culture suivante car le sol avait perdu ses minéraux dans l’intervalle.

Aujourd’hui, tout en cultivant normalement ces deux cultures principales, on peut introduire pendant la période habituellement creuse, une culture à croissance rapide ou à court cycle de végétation que l’on utiliserait en méthanisation. **Une telle culture est qualifiée d’intermédiaire ou de dérobée.** Utilisée en méthanisation, une telle culture non seulement protège le sol du lessivage, mais en plus permet de restituer les éléments nutritifs du sol (non lessivés et récupérés par la plante) par épandage des digestats produits après méthanisation. De cette façon, non seulement on produit de l’énergie sans concurrencer l’alimentation, mais en plus on limite l’utilisation d’engrais artificiels pour la culture qui venait habituellement après la période de sol nu.

Exemple de rotation culturale maïs/blé classique avec introduction d’une culture intermédiaire :

Année	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
1	Blé d’hiver ou blé de printemps semé en Avril						Culture					
2	intermédiaire			Maïs ensilage					Blé d’hiver			

Ces cultures intermédiaires peuvent être de simples couverts environnementaux comme les prairies ou les bandes enherbées, ou des Cultures Intermédiaires Pièges À Nitrates (CIPAN), ou encore des Cultures Intermédiaires à Vocation Énergétique (CIVE).

#### \* Les CIPAN (Cultures Intermédiaires Pièges À Nitrates)

Il s’agit de cultures intermédiaires implantées dans le but de prélever et stocker les nitrates se trouvant dans le sol, pour limiter leur lessivage et ensuite les restituer à la culture suivante. Elles vont aussi limiter l’érosion, protéger et améliorer la structure du sol grâce à leur enracinement et à la production d’humus.

Les CIPAN ont été introduites dans le cadre de la [Directive Européenne Nitrate](#) du 12 Novembre 1991 (91/676/CEE) qui a donné comme objectif de réduire la pollution des eaux provoquée ou induite par les nitrates à partir des sources agricoles et de prévenir toute nouvelle pollution de ce type. L’application de l’article 6 nécessite le maintien d’une quantité minimale de couverture végétale au cours des périodes critiques (pluvieuses et hivernales), en particulier l’implantation d’une couverture automnale et hivernale sur toutes les parcelles situées en Zone d’Action Complémentaire. Les ZAC sont les zones dans les bassins versants situées en amont de prises d’eau superficielles destinées à la consommation humaine.

Au sein de ce type de culture, on trouve dans la littérature sur la méthanisation des espèces telles que la luzerne, le ray-grass, le trèfle (prairies et bandes enherbées), le ray-grass italien, l’avoine diploïde, la phacélie, le trèfle d’Alexandrie, la moutarde, le radis oléagineux, la féverole, etc.

Le choix d'une culture intermédiaire piège à nitrate ou CIPAN doit se faire en fonction :

- De son efficacité à piéger l'azote,
- De sa capacité à limiter le développement des adventices,
- Du bénéfice agronomique possible pour la culture suivante,
- De la culture qui suivra la CIPAN.

Tout ceci pour un coût qui doit rester raisonnable.

De multiples solutions existent, mais elles ne sont pas équivalentes sur tous les points et peuvent varier selon les régions et les conditions pédoclimatiques.

Pour identifier les solutions disponibles, se renseigner auprès des Chambres d'agriculture.

### **Pour aller plus loin**

Sur les caractéristiques des principales CIPAN : *Guide de mise en place des CIPAN*.  
Chambre d'agriculture du Puy de Dôme. décembre 2010.

Sur les cultures intermédiaires utilisables en codigestion et les rotations possibles.  
*Méthanisation agricole et utilisation de cultures énergétiques en codigestion – Avantages et inconvénients*. Etude ADEME, décembre 2009.

L'utilisation des CIPAN en méthanisation permet donc aux agriculteurs de valoriser les couverts environnementaux en produisant de l'énergie. Sachant qu'en méthanisation on utilise la plante entière, et sachant que la quantité globale d'azote stockée est conservée par méthanisation, le retour au sol du digestat issu de la méthanisation de telles cultures permet le retour au sol des nitrates pour les cultures suivantes après en avoir extrait de l'énergie.

Le problème des CIPAN est que pour être rentables en méthanisation, la production de méthane et les revenus liés doivent au minimum compenser le coût énergétique de leur production. Mais en général, le rendement à l'hectare de ces cultures n'est pas suffisant pour la méthanisation.

Tout d'abord, elles sont semées après des cultures qui épuisent une bonne partie des N, P, K dans le sol et sans apport supplémentaire de ces minéraux, le rendement est inférieur à celui d'une culture classique.

Ensuite, la biomasse utilisée en méthanisation est intéressante si elle a un potentiel méthanogène élevé, ou encore un taux de matière sèche à l'hectare élevé. Cela n'est pas le cas des couverts végétaux habituels tels que la moutarde par exemple : 20 tonnes de matière brute à 13% de matière sèche fournissent 2,6 tonnes de matière sèche/ha. Le rendement commence à être intéressant à partir de 3-4 tonnes de matière sèche/ha.

Donc pour produire de la biomasse en quantité suffisante pour la méthanisation, sans concurrencer l'alimentation, il faut choisir judicieusement la culture intermédiaire et adapter les rotations culturales, d'où l'introduction du concept de Culture Intermédiaire à Vocation Énergétique CIVE.

### **\* Les CIVE (Cultures Intermédiaires à Vocation Énergétique)**

Les CIVE sont des cultures intermédiaires au même titre que les CIPAN, mais conçues pour produire le plus possible de biomasse pour que ce soit énergétiquement rentable de récolter la culture, tout en apportant les avantages des CIPAN (couverture, piège à nitrates).

Ces cultures représentent une nouvelle façon de raisonner pour fixer de la photosynthèse toute l'année, diversifier des assolements et permettre de produire de l'énergie sans concurrencer l'alimentation.

Par exemple, pour des cultures principales destinées à l'élevage, une rotation de cultures classique est :

Année	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
1	Blé (aliment)						Culture					
2	intermédiaire			Maïs ensilage (unité fourragère)				Blé d'hiver				

Une culture intermédiaire intéressante du point de vue de la quantité de biomasse produite et de la teneur en matière sèche/ha est le sorgho. En effet, le sorgho est une plante en C4 comme le maïs : autrement dit, il s'agit d'une plante qui a un très bon rendement de concentration en son sein du CO<sub>2</sub> atmosphérique (et donc du carbone) par photosynthèse. Ce qui implique qu'elle a un potentiel méthanogène important. Par ailleurs, la quantité de biomasse méthanisable (rappelons qu'on utilise la plante entière) produite à l'hectare est également importante : les plants atteignent 2 mètres de haut. (voir [Figure 31](#)). Par ailleurs, le sorgho consomme moins d'eau et de pesticides que le maïs par exemple.



**Figure 31: Plants de sorgho**

En introduisant comme culture intermédiaire le sorgho, une rotation possible serait :

Année	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
1											Blé + triticale (ou seigle)	
2	Blé + triticale (ou seigle) récolté immature pour <b>fourrage</b>					Sorgho biomasse pour <b>l'énergie</b>					Blé tendre pour <b>alimentation</b>	

Des essais réalisés avec un semis du sorgho le 4 juin, donnent des rendements allant de 4,5 à 5,5 tonnes/ha ou encore avec un semis le 22 juin 6 à 7,2 tonnes/ha (Source Chambre d'agriculture de Lorraine).

Il n'existe évidemment de schéma de rotation fixe. Il faut adapter le choix de la CIVE aux conditions pédoclimatiques et aux cultures principales. Les saisons pouvant varier d'une année à l'autre, il faut également s'y adapter.

Dans l'ensemble il s'agit de techniques assez nouvelles, qui donnent des résultats prometteurs, mais pour lesquelles il faut faire encore plusieurs essais.

#### **Note**

Le Club Biogaz a commandité auprès d'AgroParistech, une étude sur le potentiel de la « menue paille » comme substrat valorisable en méthanisation.

La « menue paille » est composée de débris de paille, des enveloppes qui entourent les graines de céréales, de parties (tiges, graines...) de mauvaises herbes. Autrefois les agriculteurs la récupéraient après un battage des gerbes de céréales et un vannage, assez coûteux en temps et en main-d'œuvre. A l'heure actuelle, la menue paille est laissée au sol après la moisson des céréales. Elle est ensuite mélangée à la terre par le labour avant les semis suivants. Suite à cet enfouissement, les graines de mauvaises herbes qu'elle contient germent, ce qui entraîne souvent des traitements herbicides. La méthanisation de cette menue paille réduirait considérablement les germes d'adventices, et donc l'épandage du digestat permettrait de nourrir le sol tout en limitant la repousse des mauvaises herbes et l'usage des pesticides.

### **3.3.3 Les nouveaux modes cultureux**

Les nouveaux modes cultureux présentés ici, tels que le Semis sous Couvert Végétal SCV, associé à la rotation des cultures permettent d'atteindre pleinement l'objectif de nourrir une fois les hommes, une fois l'énergie, et une fois le sol vivant.

Ces nouveaux modes cultureux sont principalement des techniques intégrant la conservation des sols avec l'abandon systématique du travail intensif du sol et la construction d'une rotation améliorante avec l'objectif d'une couverture permanente des sols et d'un apport suffisant de matière organique au sol. Il s'agit d'alimenter le cycle de matière organique du sol et de nourrir l'activité biologique pour qu'elle recycle le plus possible d'éléments minéraux.

En effet, l'élaboration de ces modes cultureux part de l'hypothèse qu'un sol sans plante est un sol qui meurt, et que le travail du sol est la principale cause de dégradation des systèmes agricoles, car il détruit les habitats et enlève la matière organique nécessaire à la nutrition de la biodiversité. Ces hypothèses sont en cours de vérification, notamment grâce au travail de l'IAD (Institut de l'Agriculture Durable : <http://www.institut-agriculture-durable.fr/> ). Le principe consiste à copier les méthodes naturelles de l'écosystème à savoir la couverture permanente des sols, l'intervention minimale sur le sol et le recyclage maximum du carbone.

### \* Le Semis sous Couvert Végétal SCV

Le Semis sous Couvert Végétal permet une grande ouverture sur l'utilisation du végétal dans les systèmes agricoles. Le sol doit être toujours couvert. Le semis direct permet un semis dans un couvert végétal, celui-ci, en se dégradant, va nourrir le sol et la culture principale va couvrir à nouveau le sol. La couverture s'obtient soit par une succession rapide des cultures et intercultures, soit par des cultures associées. Cette pratique peut désigner le fait de semer une ou un mélange d'espèces entre les rangs d'une culture déjà en place, dans l'idée de copier la prairie ou la forêt par exemple. L'objectif est de récolter deux cultures pendant la même campagne et donc de gagner du temps sur le cycle végétatif. Le terme SCV désigne aussi le fait d'implanter une culture en semis direct, sans travail du sol préalable, dans un couvert implanté en interculture, détruit ou non. La finalité de cette technique est d'aller jusqu'à une couverture permanente du sol sans travailler le sol. Cette technique SCV fait partie des connaissances agronomiques issues de « l'agriculture de conservation ». En ne laissant jamais le sol nu, on intensifie aussi la



captation du CO<sub>2</sub> par photosynthèse. Une partie de cette biomasse issue de l'énergie renouvelable (le soleil) devient utilisable pour l'énergie renouvelable humaine.

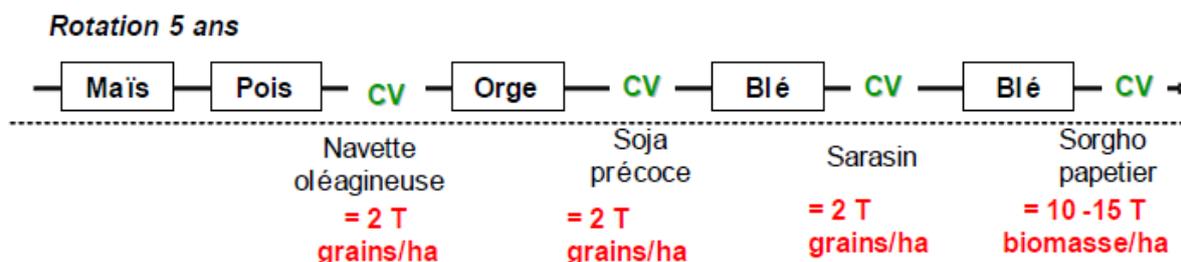
**Figure 32: luzerne sous couvert de blé. (Source : [www.agriculture-de-conservation.com](http://www.agriculture-de-conservation.com)).**

### \* Les techniques culturales simplifiées TCS

Elles consistent en une absence de labour associée à une rotation de culture performante. Les plantes semées en interculture (phacélie, moutarde, graminées, navette, légumineuses) sont des espèces capables de fertiliser et décompacter les sols, de leur rendre une vie organique, de les protéger de la pluie, d'étouffer les « mauvaises » herbes. Le résultat, est que le sol retrouve petit à petit ses qualités après une exploitation intensive avec labour : vie organique, décompaction, couche d'humus à la surface. Quelques années sont nécessaires pour que le sol retrouve une qualité optimale, mais assez rapidement les rendements obtenus se rapprochent de ceux de l'agriculture de labour, avec une dépense en énergie et en temps de travail divisée globalement par deux.

Exemple de rotation culturale performante :

CV = Couvert Végétal



**Figure 33: exemple de rotation culturale performante en TCS. (Source : Konrad Schreiber – BASE).**

Cette succession culturale se comprend de la manière suivante : le couvert végétal traditionnel (CV) est remplacé par une autre plante, une 2<sup>e</sup> culture de cycle court plus performante qu'un CIPAN. Cette succession permet de laisser de la paille au sol avec la culture principale, de récolter du grain avec la culture secondaire (biocarburant possible) et de laisser à nouveau de la paille au sol. Ainsi, dans une succession de 5 ans, en ayant 5 cultures principales et 4 cultures secondaires, le sol est régulièrement alimenté en paille (5 cultures principales et 3 cultures secondaires), facteur d'amélioration environnemental et puits de carbone. Il n'y a dès lors aucun problème pour exporter une fois en 5 ans une très grande biomasse en 2<sup>e</sup> culture (ici, le sorgho papetier). Cette culture permet la production d'énergie par la méthanisation. On arrive ainsi à dégager en 5 ans, 3 tonnes/ha/an de biomasse utilisable à des fins énergétiques, tout en ayant nourri le sol et les hommes. Une telle agriculture améliore la fertilité des sols, facteur de durabilité, et permet de produire tous les services écologiques dont la société a besoin : eau propre, séquestration de carbone, production alimentaire, énergétique, paysages, biodiversité, par d'émissions de N<sub>2</sub>O, carburants, biomatériaux...

Encore une fois, les rotations culturales sont à adapter aux conditions pédoclimatiques. De nombreuses cultures sont envisageables et la sélection variétale en développera les rendements.

Se renseigner auprès des Chambres d'agriculture, ou des associations d'agriculteurs et agronomes qui expérimentent ces techniques : Trame, AAMF (Association des Agriculteurs Méthaniseurs de France), BASE, APAD (Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable) et l'IAD (Institut de l'Agriculture Durable).

## 3.4. Intégration paysagère et préservation de l'intégrité de la faune et de la flore

### 3.4.1 Que dit la réglementation ICPE ?

#### 3.4.1.1 Règles d'implantation communes à tout type d'installation

##### A- Implantation

[...] les lieux d'implantation de l'aire ou des équipements de stockage des matières entrantes et des digestats satisfont les dispositions suivantes :

- \* Ils ne sont pas situés dans le périmètre de protection rapprochée d'un captage d'eau destinée à la consommation humaine ;
- \* Ils sont distants d'au moins 35 mètres des puits et forages de captage d'eau extérieurs au site, des sources, des aqueducs en écoulement libre, des rivages et des berges des cours d'eau, de toute installation souterraine ou semi-enterrée utilisée pour le stockage des eaux destinées à l'alimentation en eau potable, à des industries agroalimentaires ou à l'arrosage des cultures maraîchères ou hydroponiques ; la distance de 35 mètres des rivages et des berges des cours d'eau peut toutefois être réduite en cas de transport par voie d'eau ;
- \* Les digesteurs sont implantés à plus de 50 mètres des habitations occupées par des tiers, à l'exception des logements occupés par des personnels de l'installation et des logements dont l'exploitant ou le fournisseur de substrats de méthanisation ou l'utilisateur de la chaleur produite a la jouissance.

Le dossier de déclaration ou d'enregistrement (dans les cas des régimes déclaration et enregistrement) ou l'arrêté préfectoral (régime d'autorisation) mentionne la distance d'implantation de l'installation et de ses différents composants par rapport aux habitations occupées par des tiers, stades ou terrains de camping agréés ainsi que des zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers et établissements recevant du public.

##### B- Interdiction d'occupation par des tiers

Les planchers supérieurs des bâtiments abritant les installations de méthanisation et, le cas échéant, d'épuration, de compression, de stockage ou de valorisation du biogaz ne peuvent pas accueillir de locaux habités, occupés par des tiers ou à usage de bureaux, à l'exception de locaux techniques nécessaires au fonctionnement de l'installation.

##### C- Propreté et entretien du site

L'ensemble du site et des voies de circulation internes au site est maintenu propre et les bâtiments et installations entretenus. Lorsqu'ils relèvent de la responsabilité de l'exploitant, les abords de l'installation, par exemple l'entrée du site ou d'éventuels émissaires de rejets, font l'objet d'une maintenance régulière.

#### 3.4.1.2 Intégration dans le paysage et entretien

##### \* Régime de déclaration

Le dossier de déclaration inclut un volet relatif au choix de l'implantation de l'installation par rapport à son intégration dans le paysage.

#### \* Régime d'enregistrement

L'installation est implantée, réalisée et exploitée conformément aux plans et autres documents joints à la demande d'enregistrement. L'exploitant énumère et justifie en tant que de besoin toutes les dispositions prises pour la conception, la construction et l'exploitation des installations afin de respecter les prescriptions de l'arrêté du 12 août 2010 relatif aux conditions générales applicables aux installations soumises à enregistrement.

#### \* Régime d'autorisation

L'installation est implantée et réalisée conformément aux plans joints à la demande d'autorisation. Le plan détaillé précisant les emplacements des différents équipements et les dispositifs associés ainsi que les adaptations réalisées est mis à jour chaque fois que nécessaire.

Le choix du site d'implantation est fait de telle manière qu'il ne porte pas atteinte à l'environnement, au paysage ou à la santé, notamment en ce qui concerne la proximité d'immeubles d'habitation ou de zones fréquentées par des tiers.

### 3.4.2 Choix de l'implantation

Trois catégories de contraintes sont à prendre en compte pour le choix de l'implantation :

- \* La réglementation qui impose une étude d'impact et une implantation en conséquence.
- \* L'acceptabilité sociale.
- \* Les contraintes techniques liées au montage du projet.

#### 3.4.2.1 Importance de l'étude d'impact

L'importance de l'étude d'impact se révèle encore une fois pour ce qui est de l'implantation.

L'étude d'impact environnemental inclut donc l'état des lieux ou zones protégés, des ressources (sols, eau), des êtres vivants (y compris les humains) et des interactions qui existent entre ces entités. Elle doit permettre également de faire le choix du lieu d'implantation en conséquence.

Pour se conformer à la réglementation, l'étude d'impact environnemental doit déterminer lesquelles de vos activités auront un impact, quelles entités seront impactées, et l'importance de cet impact. Elle doit permettre également de faire le choix du lieu d'implantation en conséquence : un exemple déjà évoqué dans la partie 3.2.3.3 sur la prévention des nuisances odorantes est le positionnement en tenant compte des vents dominants, paramètre que peut déterminer l'étude d'impact.

#### 3.4.2.2 Choix d'un emplacement non polémique

Au-delà du respect de la réglementation, pour l'aspect acceptabilité, il faut bien réfléchir dès le départ au choix un emplacement non polémique :

La question ne se pose pas quand il s'agit d'une installation à la ferme ou sur un site industriel déjà existant. Le sujet est plus délicat lorsqu'il s'agit d'un projet collectif.

La première contrainte à considérer est la proximité des riverains. Au-delà de la réglementation, on cherchera autant que le permettent les contraintes techniques (par exemple l'alimentation d'un réseau qui nécessite une proximité de l'utilisation de la chaleur) à s'éloigner le plus possible des lieux de vie.

Avant toute demande d'autorisation, consultez également le plan local d'urbanisme, qui sera de toute façon consulté par la mairie pour vous autoriser. Est-ce un site naturel classé ou protégé ? D'un intérêt touristique ou écologique particulier ? Il est évident que dans ces cas l'implantation sera quasiment impossible : d'une part, ces sites sont non constructibles, sauf exception. Les déclarations de travaux relèvent du préfet, après avis de l'architecte des bâtiments de France (ABF). Les permis de construire ou de démolir relèvent du ministre chargé de l'Environnement, après qu'ils ont été soumis pour avis à la Commission départementale des sites, perspectives et paysages. Les aménagements peuvent être autorisés dans la mesure où ils s'intègrent harmonieusement au site. D'autre part, même avec l'accord du préfet, cette implantation ne manquera pas de soulever l'opposition des riverains et associations environnementales.

N'oubliez pas que l'emplacement est une condition première de l'acceptabilité sociale, mais il n'en constitue pas pour autant une condition suffisante. C'est-à-dire que malgré toute la pertinence que peut avoir un site, celui-ci sera toujours contesté si les nuisances (odeurs, bruits, poussières) sont importantes.

### 3.4.2.3 Contraintes relatives au montage technique du projet

Le lieu d'implantation, dans l'idéal, optimise les paramètres :

- \* Proximité des lieux de provenance des déchets : cela pose moins problème lorsqu'il s'agit d'effluents d'industries agroalimentaires qui sont généralement méthanisés sur le site industriel. Cette question se pose surtout dans le cas de projets collectifs territoriaux ou de centres de traitements d'ordures ménagères. Dans l'idéal, pour les projets territoriaux, privilégier un apport de déchets dans un rayon de 30km autour du lieu d'implantation.
- \* Proximité du site de valorisation de la chaleur produite le cas échéant.
- \* Proximité du lieu d'épandage des digestats le cas échéant.
- \* Proximité d'infrastructures routières adaptées au passage de camions.

### 3.4.3 Intégration dans le paysage géographique

Rappelons que l'impact visuel d'un digesteur ou d'une cuve de stockage de digesteur est l'une des objections formulées par les riverains d'une installation de méthanisation. Il faut donc accorder une attention à l'intégration dans le paysage pour préserver un cadre de vie agréable et accueillant.

On pourra recourir à un architecte, comme pour le projet Agrivalor Énergie :



**Figure 34: Vue architecturale de l'installation Agrivalor Énergie**

Compte tenu de la diversité des paysages, il n'existe pas de modèle type d'insertion paysagère. Mais à défaut de recourir à un architecte, quelques principes peuvent être pris en compte par les constructeurs.

### 3.4.3.1 Exploitation de la géographie du paysage

Il faut :

- \* Identifier préalablement le paysage : ses lignes principales, les éléments paysagers remarquables, les volumes des constructions ou des bâtiments existants, les couleurs dominantes,
- \* Identifier la parcelle :
  - choisir une parcelle suffisamment vaste pour permettre l'évolution future de l'activité ou de l'exploitation
  - implanter le bâtiment pour permettre un développement ultérieur et éviter les constructions en ligne
  - ne pas construire en ligne de crête
  - mettre à profit le dénivelé du terrain et construire si possible perpendiculairement à la ligne de pente pour éviter les remblais et les déblais trop importants.

### 3.4.3.2 Conception du bâtiment

Le bâtiment doit être adapté à sa fonction. Pour favoriser son intégration, il conviendra de :

- \* Prévoir son évolution ultérieure (agrandissement, adjonction d'annexes, pentes de toiture, etc).
- \* Il peut être également utile de dessiner le résultat et vérifier l'harmonie avec le reste du paysage.



**Figure 35: Vue architecturale TIPER Méthanisation.**

### 3.4.3.3 Choix des couleurs et des matériaux

- \* Tenir compte de l'environnement existant bâti ou non.
- \* Concentrer les efforts sur une ou deux façades stratégiques (vue de la route ou du village),
- \* Rechercher un bon équilibre, bardage-maçonnerie, vide-plein (choisir si possible des façades semi-ouvertes).
- \* Éviter les couleurs claires ou brillantes, privilégier les teintes sombres, pastels ou couleur terre, adaptées aux cultures et milieux environnants.
- \* Éviter les collages de matériaux différents et le bariolage de couleurs.
- \* Essayer autant que possible d'utiliser le même matériau ou la même couleur sur l'ensemble de l'exploitation.
- \* Privilégier le bardage en bois.



SCEA des 3 chaînes (Nord Pas de Calais)



Source : [www.couste-solutions.com](http://www.couste-solutions.com)

### 3.4.3.4 Utiliser la végétalisation

Si pour les nouveaux bâtiments la végétalisation est à utiliser en complément des autres moyens d'intégration, elle reste souvent le seul mode d'intégration pour les bâtiments existants :

- \* tenir compte de la végétation en place,
- \* éviter les haies de conifères ou d'espèces exotiques,
- \* privilégier les espèces autochtones et les arbres-tiges,
- \* rétablir la couverture végétale là où elle a disparu après travaux (terrassment).

### 3.4.3.5 Aménager les abords

- \* dissocier et valoriser les accès,
- \* entretenir les abords,
- \* camoufler les stockages dévalorisants.

Cette approche nécessite souvent l'apport d'un regard extérieur. Il ne s'agit pas simplement d'un problème d'embellissement mais d'une réflexion sur l'évolution de l'exploitation à moyen terme, voire à long terme. Cette approche vient compléter l'approche économique du système d'exploitation indispensable pour vérifier la nécessité d'un nouveau bâtiment.

### 3.4.3.6 Quelques exemples d'aménagement

#### \* Digesteurs enterrés



Source : www.tve.org



Métha Bel Air

#### \* Digesteurs cachés par une haie d'arbres



Installation de méthanisation à la ferme de M. Albert Schlafer à Falkenstein en Allemagne.



Installation de méthanisation de la fraction fermentescible des ordures ménagères Amt für Abfallwirtschaft à Karlsruhe en Allemagne.

**Remarque** : la végétation peut jouer un rôle sur la pollution du milieu, notamment les odeurs.

#### \* Digesteurs horizontaux



Installation de méthanisation de déchets alimentaires par Bauer Kompost GmbH à Fraunhofer.

#### \* Digesteurs en fermentation sèche, ressemblant à des bâtiments agricoles « classiques ».



Installation de méthanisation à la ferme de M. Siegfried Schneider à Kussel.

### 3.4.4 Intégration écologique

L'étude d'impact environnemental inclut une expertise faune-flore dont le but est de choisir la solution qui concilie le mieux l'opportunité du projet avec la préservation de l'environnement. Le contenu de cette expertise est détaillé sur le site des installations classées :

<http://installationsclassees.ecologie.gouv.fr> > Accueil > Généralités > L'étude d'impact > Le volet faune / flore milieux naturels.

Renseignez-vous auprès des Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement DREAL, ou auprès du cabinet d'études qui vous assiste le cas échéant pour vous aider à réaliser une étude d'impact.

L'emplacement pressenti implique-t-il la destruction de l'habitat de certaines espèces (végétaux, insectes, rongeurs ou oiseaux) ? Sont-ce des espèces protégées ou menacées ?

Si l'emplacement ne peut être modifié, vous pourrez prévoir par exemple dans une partie du domaine occupé, la préservation ou la réhabilitation de cet habitat détruit ou agressé. Cela peut consister en un petit espace préservé pendant la construction ou spécialement aménagé comme un habitat naturel pour certaines espèces animales (papillons ou abeilles par exemple). Il peut s'agir d'un parterre de fleurs. Les espèces végétales choisies pour les haies sont des espèces autochtones ou en disparition dans le milieu.

## 3.5. Gestion du transport

### 3.5.1 Etude optimisée du gisement de matières premières

Une telle étude permet de réduire autant que possible les distances de transport dans le but de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> d'origine fossile dues au transport. Elle permettra également de comparer grossièrement les quantités d'énergie produite à partir de ces matières premières et les quantités d'énergie consommées pendant leur transport.

SOLAGRO a réalisé un calcul d'optimisation du rayon de collecte des substrats en tenant compte de la distance et du potentiel méthanogène. En voici un exemple :

On peut se définir un rayon de collecte tel que le rapport entre l'énergie produite grâce à la matière collectée et l'énergie consommée pour la transporter est supérieur à une certaine valeur fixée (évidemment bien supérieure à 1 pour que la collecte ait un intérêt). **Dans cet exemple, on estimera le rayon maximal de collecte pour des rapports valant 5 ou 10.**

On estime la consommation de carburant (gazole) à **40L/100km pour 20t** de matière première transportée, soit **0,02L/km/t**. Le gazole ayant un PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) d'environ 10kWh/L, **la consommation d'énergie pour le transport est donc de 0,2 kWh/km/t.**

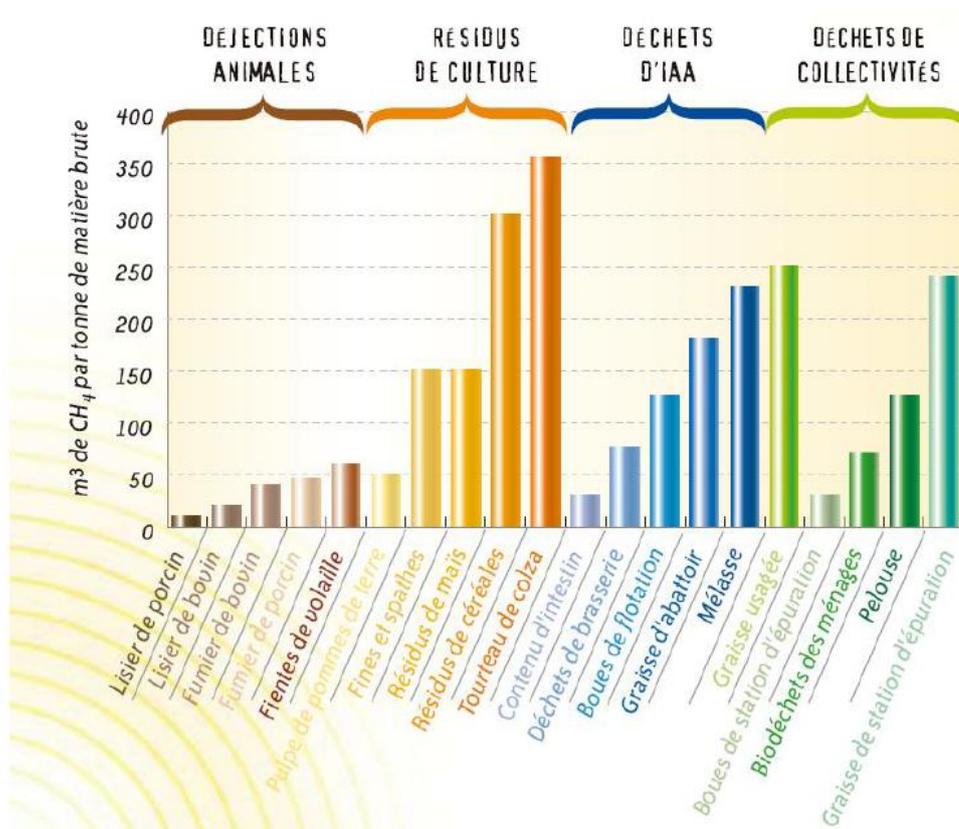
Soit PM le potentiel méthanogène (Nm<sup>3</sup>/t). Le PCI du méthane vaut 35800 kJ/Nm<sup>3</sup> = 10 kWh/Nm<sup>3</sup> et le rendement réel moyen d'un moteur de cogénération est de 30%. **La relation entre le potentiel méthanogène PM et l'énergie électrique produite EP par tonne de substrat est : EP (kWh/t) = PM (Nm<sup>3</sup>/t) x 10 kWh/Nm<sup>3</sup> x 0,3.** Notons que cette formule ne tient pas compte du potentiel méthanogène réel en codigestion qui peut être différent de celui du substrat méthanisé seul.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Taux de MS (%)	PM (kWh/m <sup>3</sup> )	EP (kWh/t)	Rayon de collecte (km)						Rayon limite	
			15	30	60	150	250	400	Critère EP/EC = 5	Critère EP/EC = 10
			Rapport Energie produite EP/Energie consommée EC							
5%	10	30	10	5	2,5	1	0,6	0,38	30	15
10%	20	60	20	10	5	2	1,2	0,75	60	30
20%	40	120	40	20	10	4	2,4	1,50	120	60
50%	100	300	100	50	25	10	6	3,75	300	150
80%	160	480	160	80	40	16	10	6	500	250
50%	270	810	270	135	68	27	16	10	810	405
90%	486	1458	486	243	122	49	29	18	1458	729

**Tableau 8: Détermination du rayon limite de collecte des matières premières en fonction du potentiel méthanogène.**

Quelques valeurs de potentiel méthanogène à titre indicatif :



**Figure 36: Rappel du potentiel méthanogène de quelques substrats**

### 3.5.2 Adaptation des itinéraires et horaires

Il ne suffit pas de réduire les distances de transport. Encore faut-il adapter les itinéraires de façon à traverser le moins possible des zones de vie. Ainsi, on préférera dans la mesure du possible les voies périphériques ou les moins fréquentées par d'autres véhicules ou des riverains.

Les trajets des camions seront conçus de façon à éviter autant que possible la circulation dans les agglomérations. De même, dans la mesure du possible, les horaires de circulation sont adaptés pour limiter le transport pendant les heures de grande fréquentation des lieux de vie voisins. Si ces derniers sont surtout des habitations par exemple, la circulation se fera de préférence en milieu de matinée ou d'après-midi au moment où les habitants sont pour la plupart au travail et sont donc le moins susceptibles d'être dérangés.

Enfin, pour l'optimisation des trajets, chaque camion qui fournit l'installation en matière entrante peut recharger de la matière sortante par exemple.

### 3.5.3 Respect des règles de circulation et entretien des infrastructures routières

La circulation des camions doit se faire dans le respect des règles de circulation sur la voie publique.

Il est parfois nécessaire de prévoir des travaux de renforcement des routes déjà existantes pour les adapter au transport des camions. Etudier si possible l'impact d'un passage quotidien de camions sur la route à court et moyen terme et anticiper soit en prévoyant un budget pour d'éventuels réparations en cas de dégradation de la route par les camions, soit prévoir un renforcement de la route avant le démarrage des activités de l'installation.

### 3.5.4 Propreté et entretien des camions

Les camions doivent faire l'objet d'un entretien régulier. Ils seront notamment au moins rincés à chaque livraison, ou lavés au moins une fois par semaine. Cela permet de les débarrasser de débris de matière organique qui pourraient être sources d'odeurs pendant le transport (rendant ainsi le camion moins discret lors de son passage).

## 3.6. Prévention et limitation du bruit

### 3.6.1 Prévention du bruit lors du transport

#### Que dit la réglementation ?

Pour tout type d'installation, quel que soit le régime :

« Les véhicules de transport, les matériels de manutention et les engins de chantier utilisés à l'intérieur de l'installation sont conformes aux dispositions en vigueur en matière de limitation de leurs émissions sonores.

L'usage de tous appareils de communication par voie acoustique (sirènes, avertisseurs, haut-parleurs, etc.), gênant pour le voisinage, est interdit, sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention et au signalement d'incidents graves ou d'accidents. »

Comme le précise la réglementation, les camions de transport respecteront l'interdiction de l'utilisation de sirènes, avertisseurs, haut-parleurs gênants pour le voisinage, sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention et au signalement d'incidents graves ou d'accidents.

Un entretien régulier des moteurs permettra d'en limiter le bruit. En cas de production de biométhane, des camions au GNV (Gaz Naturel pour Véhicules) pourront être utilisés, en remplaçant le gaz naturel par du biométhane. Ces poids lourds au GNV offrent une motorisation moins polluante (émissions de particules et composés organiques volatils, encore plus réduites en cas d'utilisation du biométhane.) et nettement moins bruyante que le gazole. Ils ne produisent ni fumée, ni odeur. Qui plus est, une telle démarche est un atout pour la communication : n'hésitez pas à mentionner sur le camion qu'il roule au biométhane produit localement à partir de déchets organiques.

## 3.6.2 Prévention du bruit sur site

Les sources principales de bruit sont les moteurs de cogénération ou les turbines à gaz.

La réglementation qui s'applique aux cogénérations est l'arrêté du 25 juillet 1997, relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement, soumises à déclaration sous la rubrique n°2910 (combustion).

### 3.6.2.1 Que dit la réglementation ICPE 2781 ?

#### A- Définition des zones à émergence réglementée :

L'émergence est définie comme la différence entre le niveau sonore de l'installation à l'arrêt et celui de l'installation en fonctionnement.

Selon la réglementation ICPE,

« Les zones à émergence réglementée sont :

- \* L'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers, existant à la date du dépôt du dossier d'enregistrement, et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse), à l'exclusion de celles des immeubles implantés dans les zones destinées à recevoir des activités artisanales ou industrielles ;
- \* Les zones constructibles définies par des documents d'urbanisme opposables aux tiers et publiés à la date du dépôt du dossier d'enregistrement ;
- \* L'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers qui ont été implantés après la date du dépôt du dossier d'enregistrement dans les zones constructibles définies ci-dessus et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches, à l'exclusion de celles des immeubles implantés dans les zones destinées à recevoir des activités artisanales ou industrielles »

#### B- Valeurs limites de bruit dans les zones à émergence réglementée

**Pour tout type d'installation, quel que soit le régime :**

« Les émissions sonores de l'installation ne sont pas à l'origine, dans les zones à émergence réglementée, d'une émergence supérieure aux valeurs admissibles définies dans le tableau suivant :

Niveau de bruit ambiant existant dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'établissement	Emergence admissible pour la période allant de 7 heures à 22 heures sauf dimanches et jours fériés	Emergence admissible pour la période allant de 22 heures à 7 heures ainsi que les dimanches et jours fériés
Sup à 35 dB(A) et inf ou égal à 45 dB(A)	6 dB(A)	4 dB(A)
Supérieur à 45 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

De plus, le niveau de bruit en limite de propriété de l'installation ne dépasse pas, lorsqu'elle est en fonctionnement, 70 dB(A) pour la période de jour et 60 dB(A) pour la période de nuit, sauf si le bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à cette limite. »

Ces valeurs sont définies dans l'arrêté du 23 janvier 1997 (modifié par l'arrêté du 26 août 2011) relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement.

## C- Limitation des nuisances dues aux vibrations

### Pour tout type d'installation, quel que soit le régime :

« L'installation est construite, équipée et exploitée afin que son fonctionnement ne soit pas à l'origine de vibrations dans les constructions avoisinantes susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage ou de constituer une nuisance pour celui-ci ».

### 3.6.2.2 Démarche globale de prévention et d'atténuation du bruit

#### A- Etude acoustique

Le respect des critères d'émergence et de niveau sonore suppose la connaissance du niveau sonore avant implantation de la source de bruit. Une étude acoustique préalable permettra de faire une mesure avant implantation des sources de bruit (cogénération en général), de déterminer le niveau sonore que ne doivent pas dépasser ces sources de bruits et les mesures d'atténuation et de limitation du bruit. Cette étude est d'autant plus utile si l'installation a des voisins proches (entre 100 et 200m).

Des entreprises spécialisées pourront vous accompagner.

#### \* Détermination du niveau sonore avant implantation

Cela consiste en une mesure du bruit sur le site avant implantation pour connaître l'impact acoustique de la cogénération. Cette mesure doit être réalisée dans les zones à émergence réglementée (riverains à l'intérieur de l'habitation ou dans l'espace extérieur proches, exemple : terrasse, jardin, cour ou zones constructibles) sur une durée représentative de l'activité normale du site.

#### \* Identification des sources internes et externes

Les différents équipements bruyants sont répertoriés avec leur mode de fonctionnement (permanent ou transitoire) et leurs niveaux de puissance. Si ces niveaux ne sont pas disponibles auprès des constructeurs, des mesures peuvent être réalisées, sur des installations similaires, sur site ou chez le constructeur. Des estimations peuvent être faites à partir d'une banque de données expérimentales.

#### \* Détermination des lois de propagation solidienne

Lorsque les bâtiments des riverains tiers sont proches de l'installation, les transferts par voie solidienne peuvent générer des vibrations et régénérer du bruit à l'extérieur et à l'intérieur des habitations. Cela implique la nécessité d'une mesure du transfert vibratoire sur site entre le lieu d'implantation et les riverains.

#### \* Connaissance du local

Les modèles de calcul des intensités sonores dans les locaux nécessitent de connaître les dimensions des différents locaux, leur nature, l'implantation des machines cotées, le coefficient d'absorption Sabine (a) et l'indice d'affaiblissement 'R' des matériaux utilisés.

#### \* Calcul des niveaux sonores à l'intérieur des locaux

A partir des données précédentes une modélisation informatique des locaux est réalisée sans traitement préalable. Un niveau de bruit prévisionnel est calculé en champ confiné à proximité des différentes parois du bâtiment.

## B- Mesures de prévention ou d'atténuation

En fonction des résultats de l'étude acoustique, plusieurs solutions sont envisageables :

Le module de cogénération est enfermé dans un caisson insonorisé. L'emplacement sera déterminé par l'étude des lois de propagation pour limiter les vibrations.

Notons que la plupart des constructeurs fournissent des modules directement dans un conteneur insonorisé qui permet une atténuation du bruit du moteur à 65 dB à 10 m du conteneur. Ainsi dans les zones à émergence réglementées, situées à au moins 50 m de la source, le niveau maximal de bruit dû à la cogénération ne sera plus que de 51 dB, soit le niveau sonore d'une machine à laver par exemple.

Dans le cas où le module est stocké dans un local, il est possible d'atténuer le bruit grâce à un bon choix des matériaux isolants et au dimensionnement adéquat du local.

Ces matériaux peuvent être des panneaux absorbants en mousse par exemple. Les fabricants spécialistes de la correction acoustique proposent une large gamme de matériaux absorbants, isolants ou atténuants pour aussi bien le bruit que les vibrations, en fonction du niveau sonore exigé. Le liège par exemple est très utilisé et efficace sur les planchers. Une épaisseur de 5 cm de liège peut diminuer de 25 à 45 dB le bruit.

Dans tous les cas, privilégier des matériaux isolants naturels. En plus de donner une bonne isolation phonique, ils laissent respirer les murs et offrent en complément une bonne isolation thermique.

**ATTENTION** : Veiller à choisir des matériaux résistants au feu. Il en existe même dans la gamme des mousses.

Les murs de clôture de l'installation peuvent également servir d'écran.

Des spécialistes pourront vous conseiller sur les meilleures solutions à adopter.

### 3.6.2.3 Surveillance et mesure du bruit

La surveillance du bruit sur site est également une obligation réglementaire.

#### \* Installation soumise à déclaration

« Les mesures de bruit sont effectuées selon la méthode définie aux points 2.1, 2.2 et 2.3 de l'arrêté du 20 août 1985 (relatif aux bruits aériens émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement). Ces mesures sont effectuées dans des conditions représentatives du fonctionnement de l'installation sur une durée d'une demi-heure au moins. Une mesure du niveau de bruit et de l'émergence doit être effectuée au moins tous les trois ans. »

Les résultats des dernières mesures sont conservés dans le dossier d'installation classée.

#### \* Installation soumise à enregistrement

« L'exploitant met en place une surveillance des émissions sonores de l'installation permettant d'estimer la valeur de l'émergence générée dans les zones à émergence réglementée. Les mesures sont effectuées selon la méthode définie en annexe de l'arrêté du 23 janvier 1997 modifié par l'arrêté du 26 Août 2011. Ces mesures sont effectuées dans des conditions représentatives du fonctionnement de l'installation sur une durée d'une demi-heure au moins. »

« Une mesure du niveau de bruit et de l'émergence doit être effectuée au moins tous les trois ans par une personne ou un organisme qualifié, la première mesure étant effectuée dans l'année qui suit le démarrage de l'installation ».

Les résultats des mesures sur les cinq dernières années sont conservés dans le dossier d'installation classée.

\* **Installation soumise à autorisation**

Les prescriptions sont définies par arrêté préfectoral.

Ainsi un organisme qualifié sera sollicité pour réaliser les mesures de bruit tous les 3 ans au moins pour les installations soumises à déclaration et à enregistrement.

## **4. Charte des bonnes pratiques**

Nous vous proposons ci-après une charte de bonnes pratiques, qui peut être reprise dans les projets, telle quelle ou avec une personnalisation. Il s'agit bien sûr d'un document n'ayant aucune portée réglementaire, mais que le Club Biogaz a souhaité créer dans le cadre de la structuration de la filière.

En adoptant la présente charte, les porteurs de projet s'engagent à adopter les bonnes pratiques favorisant une meilleure connaissance et une meilleure acceptation de la filière. Cette charte se veut un gage de qualité et pourra servir de repère tout au long de la vie du projet ou de l'installation.

L'adoption d'une telle charte serait bénéfique en matière de communication car elle démontre le sérieux et l'ouverture du porteur de projet et instaure la confiance.

## CHARTRE DES BONNES PRATIQUES POUR LES PROJETS DE METHANISATION

En tant que porteur d'un projet méthanisation, en adhérant à la présente charte je m'engage à adopter les bonnes pratiques suivantes :

### COMMUNICATION ET CONCERTATION

- ✚ Je communique cette charte et ses engagements à la collectivité et aux riverains concernés par le projet.
- ✚ J'organise des réunions publiques pendant les études de faisabilité et avant l'enquête publique, pour associer les populations concernées par le projet au processus de décision.
- ✚ Les thématiques dont les décisions seront prises en concertation concernent :
  - Le lieu d'implantation
  - L'impact paysager
  - L'organisation sur le site
  - Les modalités de livraisons
  - Le type d'intrants
  - La valorisation de l'énergie produite
- ✚ Je communique en toute transparence et sans cacher d'informations : je rends les informations concernant le projet disponibles pour le grand public à travers des plaquettes, un site internet, ou des articles dans la presse.
- ✚ J'organise une visite préalable du site du projet avec les riverains.
- ✚ J'organise une visite de chantier avec les riverains.
- ✚ J'organise une visite annuelle avec les riverains une fois l'installation existante.
- ✚ Je cherche à comprendre les craintes et préoccupations des riverains, j'apporte des réponses claires et honnêtes à leurs questions.
- ✚ Je publie les résultats de l'installation annuellement : qui comprennent les performances de l'installation (bénéfices pour l'environnement) et les difficultés rencontrées.
- ✚ J'informe les riverains des nouveautés sur l'installation.
- ✚ Une fois le site en fonctionnement, je suis à l'écoute des plaintes éventuelles et j'organise des réunions de décision avec les riverains pour résoudre les problèmes.
- ✚ Je contribue à améliorer la connaissance de la méthanisation par le grand public en permettant des visites de mon site ou en organisant des événements sur l'installation ou sur la méthanisation.
- ✚ J'échange avec les autres porteurs de projets pour les faire bénéficier de mes expériences.

## TECHNIQUE

- ✚ Pour prévenir et limiter les mauvaises odeurs :
  - Je réalise ou je fais réaliser une étude d'impact odorant de l'installation sur les riverains : cette étude sera rendue publique en réunion avec les riverains.
  - Je m'engage à investir dans les techniques supprimant le mieux les nuisances odorantes en concertation avec les riverains en se basant sur l'étude d'impact odeur et l'étude de faisabilité.
  - Je m'engage à conduire l'installation de manière à réduire au minimum les émissions, les rejets et les bruits.
  - Je mets en place les équipements de désodorisation adéquats pour traiter les émissions odorantes résiduelles.
  - J'interviens au maximum dans les 24 heures en cas de nuisances signalées et avérées dans le voisinage.
- ✚ Je m'engage à refuser des intrants dont la qualité n'est pas acceptable.
- ✚ Je m'assure de la bonne qualité des matières méthanisées en vue d'obtenir un digestat de bonne qualité.
- ✚ Je m'engage à améliorer la performance de l'installation et je partage l'information avec les riverains dans le compte-rendu annuel.
- ✚ Je m'assure de la compatibilité du digestat produit avec les besoins des sols où l'épandage est réalisé.
- ✚ Je réalise le cas échéant les traitements adéquats sur le digestat pour en faciliter le retour au sol.
- ✚ Je réalise les épandages de digestat au plus près des besoins des cultures.
- ✚ Je mets en place des pratiques d'épandage favorisant une pénétration rapide des éléments minéraux dans le sol et limitant les émissions d'ammoniac gazeux vers l'atmosphère (en employant les équipements appropriés).
- ✚ Je mets en œuvre des méthodes d'intégration de l'installation dans le paysage de façon à maintenir un cadre de vie agréable.

## SÉCURITÉ

- ✚ Je respecte rigoureusement les normes et mesures de sécurité prévues par la réglementation :
- ✚ J'assure une bonne formation du personnel.

## EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

- ✚ Je mets en place les technologies et solutions nécessaires pour valoriser au mieux la chaleur produite grâce au biogaz ou en faire bénéficier des personnes tierces (en créant par exemple un réseau de chaleur si possible).

## APPLICATION DE LA PRÉSENTE CHARTE

- ✚ En appliquant la présente charte, je me fixe des objectifs au-delà de la réglementation et j'adopte une démarche d'amélioration continue.

## 5. Bibliographie thématique

### L'acceptabilité sociale et la communication autour d'un projet de méthanisation

1. IFIP. « Méthanisation à la ferme : leviers de rentabilité en élevage porcin ».- *TechniPorc - la revue technique de l'IFIP*, 2007, Vol. 30, N°5.
2. ADEME. *Le cadre réglementaire et juridique des activités agricoles de méthanisation et de compostage - Guide pratique*, août 2010.
3. Portail du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie : <http://www.minefe.gouv.fr> (consulté le 21/06/2011)
4. « Comment mener à bien un projet de méthanisation »: présentation de Maxime Viaut- 30 et 31 janvier 2011; Serres horticoles et énergie, quel avenir ?
5. P. BUFFIERE, M. CARRERE, O. LEMAIRE, J. VASQUEZ. *Guide méthodologique pour l'exploitation d'unités de méthanisation de déchets solides*. Projet Methapi expertise, juillet 2007.
6. ADEME, SOLAGRO, EREP, PSPC, SOGREA, PERI-G. *Expertise de la rentabilité des projets de méthanisation rurale - Rapport final*, février 2010.
7. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Canada. *Lignes directrices pour l'encadrement des activités de biométhanisation*, juillet 2010.
8. Rhônalpénergie Environnement. *Guide des démarches administratives pour la réalisation d'une unité de méthanisation agricole*, septembre 2010.
9. RECORD. *Techniques de production d'électricité à partir de biogaz et de gaz de synthèse*. Etude RECORD N° 07-0226/1A, janvier 2009.
10. APESA, BIOMASSE NORMANDIE. *Guide méthodologique pour le suivi d'une installation de méthanisation*, Etude ADEME, juillet 2009.
11. Oréade-Brèche, APESA. *Méthanisation agricole et utilisation de cultures énergétiques en codigestion - Avantages et inconvénients*, Etude ADEME, décembre 2009.
12. A. FEMENIAS, M. BOUVIER, P. BALNY, J. JAUJAY. *Évaluation des conditions de développement d'une filière de méthanisation « à la ferme » des effluents d'élevage*. Etude MEDAD MAAP France, février 2008.
13. Rhônalpénergie Environnement, Biogas Regions. *Savoir communiquer sur son projet de méthanisation*, février 2010.
14. ADEME. « La méthanisation des déchets ménagers et industriels ». *Les Avis de l'ADEME*, mai 2010.
15. Dossier de presse projet Geotexia, juin 2011.
16. Transfert Environnement. *Étude sur les facteurs pouvant influencer l'acceptabilité sociale des équipements de traitement des matières résiduelles*. Communauté métropolitaine de Montréal, novembre 2010.
17. Jean-Claude Guibet, *Carburants et moteurs: technologies, énergie, environnement; Publications de l'Institut Français du Pétrole*, vol. 2, Technip, 1997, 830 p.
18. [www.global-chance.org](http://www.global-chance.org)
19. [www.methanisation.info](http://www.methanisation.info)

### Prévention et limitation des nuisances odorantes

20. Club Biogaz. « Odeur et Nuisances olfactives », Contribution Biomasse Normandie, avril 2010.

21. FNDAE. *Lutte contre les odeurs de l'assainissement-document technique FNDAE n°13*, juillet 2004.
22. Réseau environnement. *Guide de gestion des odeurs*. Québec, mars 2010.
23. RECORD. *Méthanisation des déchets organiques, Etude bibliographique*. Etude RECORD N° 01- 0408/1A, février 2003.
24. RECORD. *Techniques de production d'électricité à partir de biogaz et de gaz de synthèse*. Etude RECORD N° 07-0226/1A, janvier 2009.
25. ADEME. *Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets – bilan des connaissances*. ADEME, 2005.
26. Arrêté du 12 août 2010 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de méthanisation relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 2781-1 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.
27. Arrêté du 10 novembre 2009 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de méthanisation soumises à déclaration sous la rubrique n° 2781-1.
28. Arrêté du 10 novembre 2009 fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de méthanisation soumises à autorisation en application du titre I<sup>er</sup> du livre V du code de l'environnement.
29. ODOTTECH. *Blogue gestion / management des odeurs*. Disponible sur <<http://blog.odotech.com/fr>>.
30. *L'eau, l'industrie, les nuisances*. mai 2011, N° 342.
31. *L'eau, l'industrie, les nuisances*. juillet 2006, N° 292.
32. J-N. JAUBERT. « Surveiller la qualité odorante de l'air ». *Pollution Atmosphérique*, janvier-mars 2010, N° 205.
33. J-N. JAUBERT. « La gêne olfactive : composantes-moyens d'appréciation ». *Pollution Atmosphérique*, octobre-décembre 2010, N° 208
34. « Les mauvaises odeurs », *Sciences et Techniques Avicoles*, hors-série, septembre 2001.
35. B. MORTGAT. « Traitement biologique des odeurs et COV ». *Environnement et Technique*. janvier-février 2001, N°203.
36. [www2.ademe.fr](http://www2.ademe.fr)
37. MPVP. « Nez humains ou électroniques pour pressentir les nuisances olfactives ». *MESURES*, décembre 2005, N°780.
38. Agglomération de Montréal, ODOTTECH, SOLINOV. *Projet de recherche et de démonstration sur la mesure, la prévention et le contrôle, la prévision, la surveillance et la détection des odeurs liées aux opérations de compostage – rapport final*, février 2004.
39. INERIS. *Règles de sécurité des installations de méthanisation agricole*, Ministère de l'agriculture et de la pêche, 2009.
40. MPVP. « Nez humains ou électroniques pour pressentir les nuisances olfactives ». *MESURES*, décembre 2005, N°780.

### **Autres polluants, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, siloxanes, etc.**

41. INERIS. *Etude de la composition du biogaz de méthanisation agricole et des émissions en sortie des moteurs de valorisation*, 2009.
42. INERIS. *Etude comparative des dangers et risques liés au biogaz et au gaz naturel*, 2006.
43. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Canada. *Lignes directrices pour l'encadrement des activités de biométhanisation*, juillet 2010.
44. K. MCKAGUE, K. REID, H. SIMPSON. *Répercussions environnementales de l'utilisation d'azote en agriculture*, Fiche technique du Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales du Canada, novembre 2005.

45. FNDAE. *Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités - Document Technique FNDAE N° 25*, Ministère de l'Agriculture et de la pêche, 2001.
46. D. RICAURTE ORTEGA. *Etude du traitement des siloxanes par adsorption sur matériaux poreux : application au traitement des biogaz*. Thèse sciences de l'ingénieur. Nantes : Ecole des Mines de Nantes, 2009, 164p.
47. MEEDDM, MEIE. *Le méthane, un gaz à effet de serre : mesures de réduction et de valorisation des émissions anthropiques*. France, mars 2010.

### **Préservation du sol et des ressources en eau**

48. T. BAKX, Y. MEMBREZ, A. MOTTET, A. JOSS, M. BOEHLER. *Etat de l'art des méthodes (rentables) pour l'élimination, la concentration ou la transformation de l'azote pour les installations de biogaz agricoles de taille petite/moyenne*, Office fédéral de l'énergie OFEN - Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC, SUISSE, septembre 2009.
49. S. DEFAYE, D. PLUMAIL, E. VITRÉ (Biomasse Normandie). « Les boues d'épuration comportent-elles un risque de pollution des sols ? », *Environnement et Technique*, juin 1998, N°177.
50. *Utilisation du digestat comme fertilisant en agriculture*. VALBIOM, août 2009.
51. SOLAGRO. *La qualité agronomique des digestats - rapport final*, ADEME, décembre 2004.
52. *Cultures intermédiaires et zones vulnérables*. Cahier Technique Chambre d'agriculture de la Somme, juillet 2009.
53. *Guide de mise en place des CIPAN (Cultures Intermédiaires Pièges à Nitrates)*. Chambre d'agriculture du Puy de Dôme.

### **Intégration paysagère et préservation de l'intégrité de la faune et de la flore**

54. J-Y. BLANCHIN et al. *Bâtiments d'élevage, paysage, architecture et couleur*. Institut de l'élevage, 2003.
55. J-Y. BLANCHIN et al. *Paysages d'élevages, paysages d'éleveurs*. Institut de l'élevage, 2006.
56. R. JANIN, P. JANIN, J-Y. BLANCHIN. *Bâtiments et paysages agricoles - positionnement dans l'espace paysager des bâtiments agricoles*. Institut de l'élevage, 2010.
57. *Guide de la gestion différenciée*, NatureParif, ANVL, 2011.
58. [www.meurthe-et-moselle.chambagri.fr](http://www.meurthe-et-moselle.chambagri.fr)

### **Gestion du transport**

59. *Poids lourds au gaz naturel: atouts et impacts au regard du développement durable*, ARENE Ile de France.
60. *Bilan énergie et transport de matières*, Solagro.