

Nuisances odorantes, centre de compostage et centre de biométhanisation : Etat de la question

Rapport juin 2008

Table des matières

1.	Introduction.....	3
1.1.	L'olfaction.....	3
1.2.	Les molécules odorantes	3
2.	Méthodologies.....	4
2.1.	Analyses physico-chimiques.....	4
2.1.1.	Dosage semi-quantitatif	4
2.1.2.	Chromatographie.....	4
2.1.3.	Nez électroniques.....	5
2.2.	Analyses sensorielles	5
2.2.1.	Olfactométrie dynamique.....	5
2.2.2.	Olfactométrie de terrain	6
2.2.3.	Analyse olfactive basée sur le « Champ des odeurs® »	6
2.2.4.	Evaluation de l'hédonicité	7
2.2.5.	Evaluation de la sensibilité du panel de nez	8
3.	Traitement des déchets et émissions odorantes : compostage de déchets verts et biométhanisation	8
3.1.	Principe de ces deux procédés	8
3.2.	Emissions de molécules odorantes.....	9
4.	Mesures à prendre en matière de nuisances odorantes	10
4.1.	Installation existante	10
4.1.1.	Dispositifs de confinement	10
4.1.2.	Arrosage des andains	11
4.1.3.	Opérations de déplacement et retournement des andains	11
4.1.4.	Quantité et stockage des déchets.....	12
4.2.	Nouvelle installation	12
4.3.	Quelques méthodes pour réduire la perception négative des émissions odorantes.....	13
4.4.	Implication des riverains.....	13
5.	Ressources.....	14
6.	Références bibliographiques	15

1. Introduction

Afin de comprendre pourquoi il est difficile de développer des méthodes d'analyse des odeurs, il faut rappeler les quelques notions de base liées au mécanisme complexe de l'olfaction (ou odorat).

1.1. L'olfaction

Le processus de l'olfaction constitue en réalité, une analyse chimio-sensorielle de l'environnement, au même titre que le goût. Précisons qu'il s'agit d'une perception directe.

Ce qui différencie l'organe olfactif des autres organes sensoriels basés sur les sens chimiques, c'est sa capacité à pouvoir être stimulé par des quantités de matières odorantes extrêmement faibles (sensibilité moléculaire).

On peut ainsi définir deux types de seuils olfactifs, exprimés soit en ppm, soit en mg/m³ ou encore en µg/m³ :

- Le seuil de détection (ou de perception) olfactive : concentration seuil pour laquelle l'effluent est **perçu** comme odorant par 50% des membres d'un jury constituant un échantillon de population. Par définition, cette concentration vaut 1 uo/m³ (*unité d'odeur par mètre cube*), on précise parfois 1 uo/Nm³ où N signifie « dans les conditions normales de température et de pression ». Ici, la concentration est insuffisante pour pouvoir identifier l'odeur ou la reconnaître, le sujet peut juste dire qu'il a une sensation olfactive.
- Le seuil de reconnaissance olfactive : concentration seuil pour laquelle l'effluent est **reconnu** comme odorant par 50% des membres d'un jury constituant un échantillon de population. Il vaut généralement 2 à 3 fois la concentration du seuil de détection. Dans ce cas-ci, la concentration est suffisante pour identifier ou reconnaître l'odeur qui est perçue.

Il est important de nuancer ces deux paramètres car dans la littérature, la distinction entre les deux notions n'est pas toujours explicite et peut mener à confondre les deux valeurs de seuils.

Non seulement les données de la littérature en matière de seuils olfactifs de différentes substances ne précisent pas toujours le type de seuil dont il s'agit, mais elles n'indiquent pas non plus la manière dont les analyses sensorielles ont été réalisées, ni si la valeur seuil correspond à une valeur individuelle ou moyennée sur un panel de nez. De plus, elles sont généralement exprimées par rapport à la phase gazeuse, mais parfois elles le sont en phase liquide. Dès lors, il n'est pas étonnant de trouver des seuils olfactifs pour une même substance variant parfois de plusieurs ordres de grandeur (*Tableau 1*).

1.2. Les molécules odorantes

L'« odeur » est également un terme qui prête à confusion et qui est souvent mal utilisé.

On définit l'odeur comme : « l'interprétation par le cerveau (c'est-à-dire la perception) des signaux fournis par les récepteurs olfactifs (situés dans le nez) lors de leur stimulation par des substances (potentiellement) odorantes » [1]. L'odeur n'est pas un stimulus mais une réponse perceptive.

Les molécules potentiellement odorantes peuvent appartenir à pratiquement toutes les familles de composés chimiques :

- inorganiques : acide chlorhydrique, acide sulfurique, acide nitrique, ammoniac, sulfure d'hydrogène, ...
- organiques : hydrocarbures aliphatiques ou aromatiques, alcools, cétones, aldéhydes, acides carboxyliques, esters, éthers, composés organiques soufrés et azotés, ...

Leur pouvoir odorant est lié à certaines propriétés physico-chimiques telles que la volatilité, le volume moléculaire, la présence de certains groupements d'atomes dans la structure moléculaire, ...

Les mélanges odorants sont généralement caractérisés par différents paramètres tels que la concentration (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et/ou l'intensité (exprimant la force de perception de l'odeur), l'hédonicité (liée au caractère agréable ou désagréable de l'odeur perçue), la qualité (qui se réfère à la façon d'identifier l'odeur comme par exemple : « odeur de fumier », « odeur chimique »).

Tableau 1 : Quelques exemples de seuils olfactifs exprimés en ppm ou en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ provenant de la littérature pour les molécules odorantes rencontrées dans un centre de compostage.

Composé chimique	Formule	Seuil olfactif (ppm)	Seuil olfactif ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Isobutylamine	$\text{C}_4\text{H}_9\text{NH}_2$	0,12 [2]	500 [3]
Ammoniac	NH_3	0,5 [4]	30000 [4] ; 5000 [3] ; 27 à 39600 [5] ; 100000 à 11600000 [6]
Disulfure de diméthyle	$(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$	0,00078 [2]	50 [3] ; 0,1 à 346 [5] ; 1100 à 46000 [6]
H_2S	H_2S	0,00810 [2] ; 0,0011 à 0,0081 [7]	10 [4] ; 1 à 5 [3] ; 0,7 à 14 [5] ; 760 [6]
alpha-pinène	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	0,01 [7]	
Phénol	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$	0,04 [2] ; 0,65 à 5 [7]	178 à 2240 [5]
Scatole (3-méthyl indole)	$\text{C}_9\text{H}_8\text{NH}$	0,000000075 à 0,019 [7]	0,00004 à 268 [5] ; 12 à 350 [6]
Acide butyrique	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$	0,001 [2] ; 0,00028 à 0,00056 [7]	4 [4] ; 4 à 50 [3] ; 1 à 9000 [5] ; 350 à 86000 [6]

2. Méthodologies

Il existe différentes approches pour aborder la problématique des émissions odorantes et qui dépendent de plusieurs paramètres.

- Information recherchée : identification d'une source émettrice d'effluent odorant, suivi d'un effluent connu, mesure de perception olfactive, impact sur la santé et la qualité de vie, détermination de substances toxiques, ...
- Type de réponse attendue : données qualitatives et/ou quantitatives.
- Domaine dans lequel elles se produisent : domaine public ou privé, milieu professionnel ou de particuliers, environnement intérieur ou extérieur, milieu rural ou urbain.

2.1. Analyses physico-chimiques

2.1.1. Dosage semi-quantitatif

Il s'agit d'utiliser des tubes colorimétriques, tels que ceux proposés par la Société Dräger [8]. Le principe est d'aspirer un volume de gaz à travers un tube contenant un produit qui réagit spécifiquement avec le gaz polluant recherché. La réaction étant colorée, on peut déduire la concentration de la position de la zone colorée dans le tube. Cette méthode est peu précise et ne permet de doser que certains types de gaz. Néanmoins, elle permet d'obtenir une réponse rapide et directement sur le terrain. Il faut toutefois rester prudent dans l'interprétation de ce type de résultat.

Dans le cas précis des odeurs émises par un centre de compostage ou de biométhanisation, on pourrait l'utiliser pour doser l'ammoniac (NH_3), le sulfure d'hydrogène (H_2S), etc.

2.1.2. Chromatographie

Afin d'identifier et de quantifier les composants d'un effluent gazeux, on fait généralement appel aux méthodes chromatographiques, et en particulier à la chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse. Le principe est de prélever des échantillons d'air au travers d'un matériau adsorbant et de réaliser les analyses en laboratoire. Cette technique, basée sur la séparation des différentes substances constitutives d'un mélange, permet d'identifier avec précision la nature des composés chimiques et d'estimer la concentration de chacun d'eux.

Ces données sont précieuses pour estimer si des substances toxiques sont présentes dans l'échantillon et si elles le sont à des niveaux de concentrations telles qu'il pourrait y avoir un impact sur la santé.

Malheureusement, cette technique ne permet pas d'identifier tous les types de composés chimiques potentiellement odorants, tels que l'ammoniac (NH_3) ou le sulfure d'hydrogène (H_2S). De plus, pour certaines familles de molécules odorantes, telles que les composés organiques soufrés, la sensibilité du nez humain dépasse de loin celle de ces appareils.

En outre, elle fournit des données sur les molécules odorantes aussi bien qu'inodores.

Pour parer à ce défaut, certaines installations sont couplées à une sortie permettant de réaliser une olfaction par un nez humain simultanément à une analyse physico-chimique, il s'agit de la technique de « GC-Sniffing » [9, 10].

Cette méthode ne permet d'estimer, ni la concentration odorante, ni l'intensité olfactive globale d'un mélange odorant, ni son caractère hédonique, et encore moins la gêne entraînée par une nuisance odorante dans son contexte réel.

2.1.3. Nez électroniques

Etant donné que les analyses physico-chimiques ne permettent pas de quantifier les mélanges odorants en termes de perception olfactive, comme le fait le nez humain, une autre méthode a également été développée. Il s'agit des nez électroniques [11, 12], constitués d'un réseau de capteurs sensibles aux gaz. Ce type de technique permet de suivre de façon continue, l'évolution d'odeurs sur le terrain et de détecter un éventuel dépassement de seuil d'alerte. Ces nez électroniques sont généralement développés pour une application bien précise en rapport avec un type de mélange odorant bien caractérisé.

2.2. Analyses sensorielles

Le codage quantitatif et qualitatif de l'information réalisé par l'ensemble des cellules réceptrices et des autres neurones du système olfactif relève de la neurophysiologie. Les travaux réalisés dans ce domaine, ont confirmé que l'appareil olfactif fonctionne comme un détecteur moléculaire dont aucun instrument ne peut atteindre à la fois le pouvoir de séparation et l'extrême sensibilité [André Holley].

Par ailleurs, la perception olfactive prend également en compte les phénomènes physiologiques, psycho-physiologiques et psycho-socioculturels propres à chaque individu. Il s'agit donc d'une notion très subjective qui dépend de nombreux paramètres. Dès lors, il est nécessaire de faire appel à des méthodologies plus objectives pour les investiguer.

Différentes approches peuvent être abordées, dont certaines font l'objet de normes, soit au niveau européen, soit au niveau des états membres.

A titre d'exemple, la norme européenne, EN 13725 [13], se rapporte à la détermination de la concentration odorante d'un échantillon gazeux par olfactométrie dynamique avec des sujets humains.

2.2.1. Olfactométrie dynamique

Cette analyse est réalisée en laboratoire et consiste à faire sentir à un panel de nez humains, différentes dilutions d'un effluent odorant. Cette dilution avec un gaz inodore, est réalisée grâce à un appareil, l'olfactomètre. Le facteur de dilution nécessaire pour atteindre le seuil de perception correspond à la concentration odorante en uo/m^3 de cet effluent. En pratique, on cherche également à mesurer le débit d'émission de l'effluent gazeux (en m^3/s) afin d'en déduire le débit d'émission odorante (ou débit d'odeur) en uo/s .

2.2.2. Olfactométrie de terrain

Le principe de cette méthode, développée par le Professeur Jacques Nicolas [14], est de déterminer la zone limite de perception (correspondant à 1 uo/m³) d'un panache odorant à l'immission (c'est-à-dire là où il est perçu par un nez humain, généralement à 1.5 m du sol) afin de déterminer la distance maximale de portée du mélange odorant et d'estimer les zones résidentielles qui seront les plus exposées aux mélanges odorants.

Cette méthode peut être appliquée à n'importe quel type de mélange odorant, et présente l'avantage de pouvoir être utilisée pour les odeurs environnementales, qui sont généralement des mélanges complexes dont les interactions entre composés odorants ne permettent pas toujours d'être exprimées sous forme de concentrations chimiques.

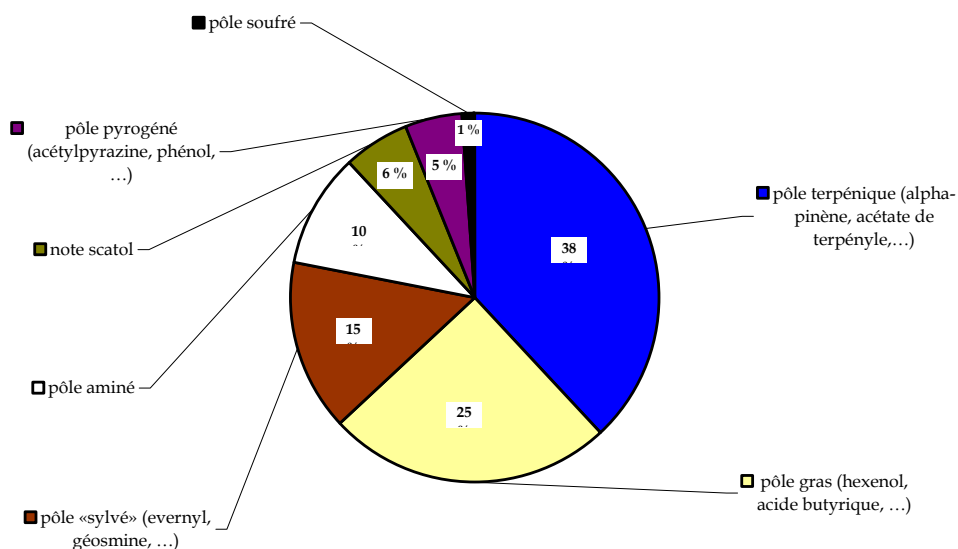
2.2.3. Analyse olfactive basée sur le « Champ des odeurs® »

Il s'agit d'une méthodologie développée par Jean-Noël Jaubert [1, 15, 16], de la Société IAP-Sentic, spécialisée dans les problèmes de nuisances odorantes environnementales [17]. L'intérêt de cette méthode réside dans le fait que les experts ont acquis un langage de l'olfaction commun aux différents membres du panel de nez. Par association avec un ensemble de référents odorants purs mémorisés au préalable, les experts sont capables de décrire les « odeurs » par des qualificatifs précis et de quantifier le niveau odorant perçu. Cette technique permet de déterminer les profils olfactifs des différents lieux étudiés. Précisons que les référents sont pris pour la qualité de l'odeur qu'ils portent mais cela ne signifie pas que ces composés chimiques soient réellement présents.

Plusieurs campagnes de mesures des émissions odorantes du centre de compostage bruxellois ont été réalisées depuis 2004, dans différentes conditions météorologiques, au cours des quatre saisons, dans diverses situations liées aux activités du centre.

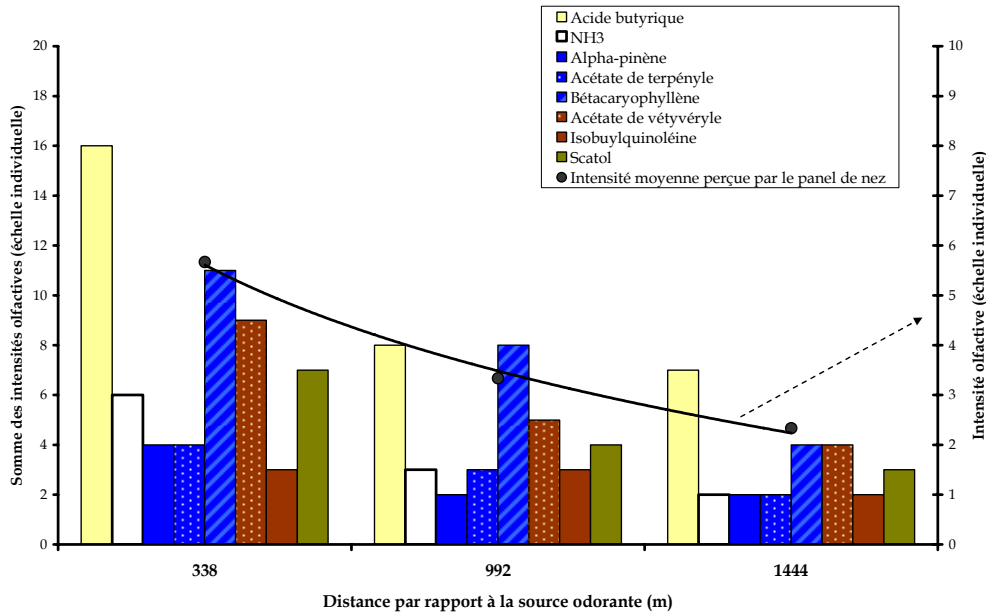
A titre d'exemple, si l'on reprend tous les profils olfactifs (basés sur le « Champ des odeurs® ») réalisés par le panel de nez sur la période de 2006 et 2007, la fréquence d'apparition des différentes notes odorantes est la suivante (Figure 1).

Figure 1 : Fréquence d'apparition des référents du « Champ des odeurs® » regroupés par notes ou pôles pour l'émission odorante provenant du centre de compostage. Résultat global pour les campagnes 2006-2007 réalisées par le panel de nez de l'équipe GENES.



Afin d'illustrer ce que l'on entend par profil olfactif, la figure ci-après montre l'évolution du profil olfactif émis par le centre de compostage en fonction de la distance depuis la source, ainsi que la décroissance du niveau d'intensité olfactif global moyennée sur le panel de nez (Figure 2).

Figure 2 : Exemple d'évolution des profils olfactifs (et de l'intensité olfactive globale du panel de nez) caractéristiques des émissions odorantes du centre de compostage des déchets verts. Mesure réalisée en été 2007).

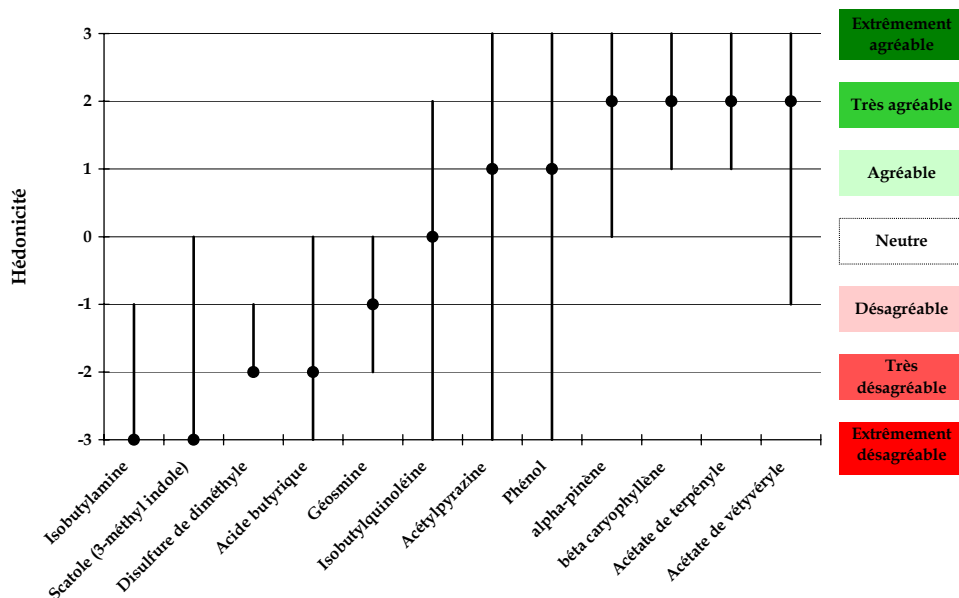


2.2.4. Evaluation de l'hédonicité

Malgré que ce paramètre soit empreint d'une certaine subjectivité et que son évaluation ne fasse pas l'unanimité, lorsqu'il est déterminé de manière rigoureuse et systématique, il apporte des informations complémentaires très utiles pour caractériser les mélanges odorants, mais également les molécules pures. Ceci peut permettre d'objectiver des plaintes pour nuisances odorantes même lorsque les émissions odorantes ne présentent pas une intensité particulièrement élevée.

A titre d'exemple, nous avons repris les résultats obtenus par notre panel de nez pour les référents les plus fréquemment rencontrés sur le centre de compostage (Figure 3).

Figure 3 : Evaluation de l'hédonicité sur une échelle de -3 (extrêmement désagréable) à +3 (extrêmement agréable) par un panel de 8 personnes, pour les référents du profil olfactif de l'odeur du centre de compostage.



2.2.5. Evaluation de la sensibilité du panel de nez

Afin de caractériser la sensibilité du panel de nez, les seuils de perception et de reconnaissance des référents du « Champ des odeurs® » sont régulièrement déterminés. Notons que les résultats présentés ici pour les référents rencontrés sur le site de compostage sont exprimés en ppm massique (μg de la substance par g d'éthanol) en phase liquide.

Tableau 2 : Seuils de perception et de reconnaissance de différentes molécules odorantes générées dans un centre de compostage.

	Référents	Seuil de perception olfactif (ppm)			Seuil de reconnaissance olfactif (ppm)		
		min	max	médiane	min	max	médiane
Pôle aminé	Isobutylamine	10	500	300	10	5000	500
Pôle soufré	Disulfure de diméthyle	1	50	5	1	5000	30
Pôle gras	Acide butyrique	1	50	30	5	50	50
Pôle terpénique	alpha-pinène	5	500	5	5	5000	75
	béta caryophyllène	50	50	50	100	1000	500
	Acétate de terpényle	50	500	100	100	1000	500
Pôle sylvé	Isobutylquinoléine	0,010	0,500	0,100	0,100	1,000	0,500
Pôle pyrogéné	Acétylpyrazine	0,001	0,500	0,050	0,010	0,500	0,100
	Phénol	10	1000	300	50	1000	300
Note scatolée	Scatole (3-méthyl indole)	0,050	1,000	0,050	0,050	1,000	0,100

3. Traitement des déchets et émissions odorantes : compostage de déchets verts et biométhanisation

3.1. Principe de ces deux procédés

L'intérêt principal de ces deux techniques est qu'elles permettent de réduire la quantité de déchets à destination des incinérateurs et qu'elles aboutissent au recyclage, d'une certaine manière, d'une partie de ces déchets.

Dans le processus de **compostage des déchets verts** (tontes de jardins, sapins, résidus d'élagage, etc.) l'étape la plus importante est la décomposition aérobie¹ et/ou anaérobie² de la matière organique solide par les micro-organismes. Après les diverses étapes de broyage, de décomposition/maturation des andains, ceux-ci sont traités afin d'obtenir du compost prêt à être vendu aux agriculteurs ou aux particuliers pour leurs cultures et travaux de jardinage.

Le processus passe par une première phase acide, suivie d'une phase thermophile (à plus haute température) et enfin se termine par une étape de refroidissement.

Figure 4 : photos prises par l'équipe GENES au centre de compostage de la Région Bruxelloise à Forest.



Arrivage de déchets verts frais devant le dôme (mars 2007)



Tamissage du compost (mars 2007)



Entreposage du compost fini dans le hangar (mars 2007).

¹ Aérobie : en présence d'oxygène

² Anaérobie : en absence d'oxygène

Le processus de **biométhanisation** quant à lui consiste en une dégradation anaérobie de la matière organique (déchets : agricoles, agroalimentaires, ménagers, issus de l'industrie, de l'artisanat et du commerce, etc) en l'absence de lumière par l'action combinée de plusieurs communautés de micro-organismes. Cette technique conduit à la production d'une part, d'un mélange gazeux appelé « biogaz » et composé principalement de méthane (d'où le nom de la technique) et d'autre part, d'un digestat solide. Le biogaz peut être valorisé de différentes manières : production de chaleur via sa combustion dans une chaudière, production d'électricité via sa combustion dans un groupe électrogène, production combinée de chaleur et d'électricité, production de carburant pour véhicules (cas des bus de Lille, en France [18]) et injection dans le réseau public de distribution.

Le digestat issu de la méthanisation peut être composté et en fonction de sa qualité, être valorisé en agriculture ou être utilisé sur des sols à usages non alimentaires ou encore comme matériau de remplissage.

Dans le procédé de biométhanisation, les déchets de départ (composés de protéines, hydrates de carbone et lipides) subissent une hydrolyse et une acidogénèse qui les transforment en acides aminés, sucres et acides gras. L'étape suivante est l'acétogénèse qui produit, comme son nom l'indique, de l'acide acétique et de l'hydrogène. La dernière étape, la méthanogénèse, réduit ces composés en molécules encore plus simples, le méthane (CH₄) et le gaz carbonique (CO₂).

3.2. Emissions de molécules odorantes

Les effluents odorants sont généralement émis de deux façons : soit ils sont canalisés et émis en hauteur par une cheminée ou par une bouche d'aération ; soit ils ne sont pas maîtrisés, et l'on parle alors de sources diffuses (stockage de produits à l'air libre, mélanges odorants générés dans un espace clos et diffusés par des ouvertures telles que les portes, épandages de produits, stations d'épuration à l'air libre, etc).

Dans le cas d'un **centre de compostage** à ciel ouvert, les sources odorantes sont diffuses (andains entreposés à l'air libre). Les molécules potentiellement odorantes proviennent principalement des matières résiduelles qui y sont apportées, des eaux de lixiviation (retenues à la surface du site de compostage ou dans des bassins de rétention) mais surtout du processus de compostage lui-même. Les émissions d'odeurs peuvent être sous forme gazeuse (libérées surtout au début du processus) ou sous forme particulaires (poussières qui fixent les molécules odorantes et qui sont émises en fin de processus) [5].

Notons ici que d'une manière générale le métabolisme anaérobie génère beaucoup plus de composés malodorants et en plus grande concentration que le métabolisme aérobie.

C'est la raison pour laquelle, dans un centre de compostage des déchets verts à l'air libre, il est essentiel que les conditions de déroulement du processus soient bien maîtrisées afin d'éviter au maximum l'émission de molécules odorantes pouvant entraîner des nuisances [19].

- Si l'aération des andains est insuffisante : conditions anaérobiques ⇒ émission de **composés soufrés, azotés** et des **composés organiques volatils**.
- Si le processus de dégradation aérobie est incomplet ⇒ émission de composés tels que les **alcools**, les **cétones**, les **esters** et les **acides organiques**.
- Lors de l'étape thermophile : on peut détecter des produits de pyrolyse, d'auto-combustion et de Maillard, tels que la **pyridine** ou la **pyrazine**.
- Si l'équilibre en nutriment n'est pas adapté (exemple : apport trop important de gazon, riche en azote (N) et donc rapport C/N faible) ⇒ émission de **composés organiques volatils** (COV) et d'**ammoniac** (NH₃).

Même si le processus de biométhanisation implique une fermentation anaérobie (susceptible d'émettre des molécules malodorantes en forte concentration), comme celle-ci a lieu dans un milieu confiné et contrôlé (digesteur dans des cylindres en béton), ce procédé génère beaucoup moins d'émissions odorantes.

Cependant, les centres de biométhanisation peuvent néanmoins être la source de nuisances pour le voisinage.

Nous reprenons ici les différentes causes possibles :

- Transport des déchets vers les installations
- Les portes d'accès à la zone de livraison des déchets frais restent ouvertes
- Fuite dans les réacteurs où ont lieu les processus de fermentation des déchets (les plus malodorants)
- Dysfonctionnement de l'installation de purification des gaz d'échappement
- Entreposage de matériaux odorants sur le site de l'exploitation
- Lorsque le digestat est composté sur le site, il peut entraîner des nuisances similaires à celles décrites pour le compostage de déchets verts.

4. Mesures à prendre en matière de nuisances odorantes

4.1. Installation existante

4.1.1. Dispositifs de confinement

Afin de réduire les émissions odorantes d'un centre de compostage à ciel ouvert, il est possible d'enfermer les déchets lors du début du processus, phase où sont émis la plupart des composés organiques volatils odorants, comme l'a montré Eitzer [20]. C'est la raison pour laquelle, le centre de compostage de Bruxelles s'est doté de ce type d'installation, appelée « le dôme » (voir photo 1 de la Figure 4).

Le principe est de confiner la première phase du processus dans une enceinte fermée. La fermentation est accélérée par l'injection d'air en dessous des andains via un système de tuyaux perforés. Les débits d'entrée et de sortie de l'air sont contrôlés. L'air sortant, potentiellement odorant, passe alors dans un biofiltre qui réduit drastiquement les émissions odorantes.

Les différentes études réalisées dans cette zone ont montré que ce dispositif a eu un impact positif sur la réduction des émissions odorantes.

En effet, les parcours olfactifs réalisés en vue de déterminer les courbes limites de perception ont montré une différence de portée des odeurs, entre la situation avant et celle après la mise en fonction du dôme. On constate que les distances atteintes par les panaches odorants du centre de compostage sont, à conditions météo similaires, beaucoup plus grandes en 2005 qu'en 2006 (après mise en fonction du dôme) et 2007 (Tableau 3).

Tableau 3 : Comparaison entre la portée des panaches odorants avant et après l'installation d'un dôme sur le site de compostage bruxellois dans différentes conditions météorologiques.

Dir. vent (°)	2005				2006				2007			
	Vit. Vent (m/s)	T° (°C)	Date	Dist. (m)	Vit. Vent (m/s)	T° (°C)	Date	Dist. (m)	Vit. Vent (m/s)	T° (°C)	Date	Dist. (m)
SO	3.2	18	12/05/05	1356					3.2	25	03/05/07	860
	3.0	23	12/07/05	1444					3.8	24	04/05/07	615
NE	1.9	20	13/06/05	1311	3.8	19	22/06/06	996				
E/			19/07/05	1756							30/08/07	860
ESE											31/08/07	830
Moy. été				1522				928				845

Direction du vent : la direction indiquée est celle vers laquelle le vent souffle ; SO : Sud-Ouest, NE : Nord-Est, E/ESE : entre Est et Est-Sud-Est.

Notons tout de même que des distances plus grandes ont été mesurées en 2006 et en 2007 (événements odorants isolés), mais elles ont pu être expliquées par des problèmes liés au fonctionnement du centre de compostage.

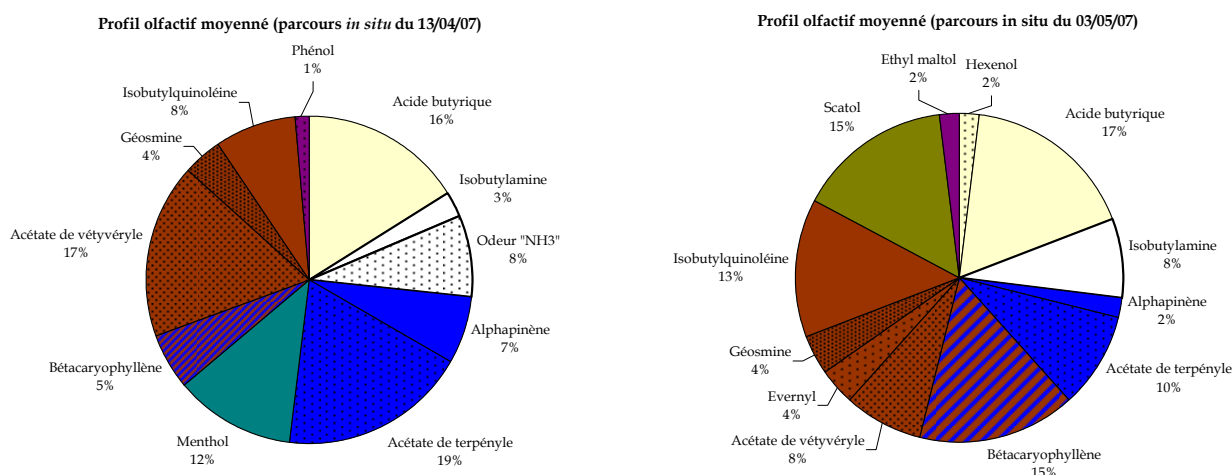
4.1.2. Arrosage des andains

En période très sèche, il est parfois nécessaire d'humidifier les andains afin de permettre au processus de maturation de se poursuivre dans les meilleures conditions.

- Ce qu'il faut éviter, c'est d'utiliser les eaux de lixiviation ou les eaux du bassin de rétention (à moins que celui-ci ne soit pourvu d'un système d'aération adéquat).

En effet, nous avons pu montrer l'impact de l'arrosage des andains avec une telle eau sur l'émission de molécules odorantes (Figure 5).

Figure 5 : Comparaison entre les profils olfactifs (en fréquence d'apparition des référents du « Champ des odeurs® ») relevés avant et après les opérations d'arrosage des andains avec l'eau du bassin de rétention.



Les notes terpéniques (α -pinène, acétate de terpényle, menthol, β -caryophyllène), généralement considérées comme agréables (Figure 3) ont diminué (de 43% à 27%) au profit d'une note jugée « extrêmement désagréable » comme le scatol (15%) et dont le seuil de perception est très bas. L'image olfactive globale est donc perçue de manière plus négative.

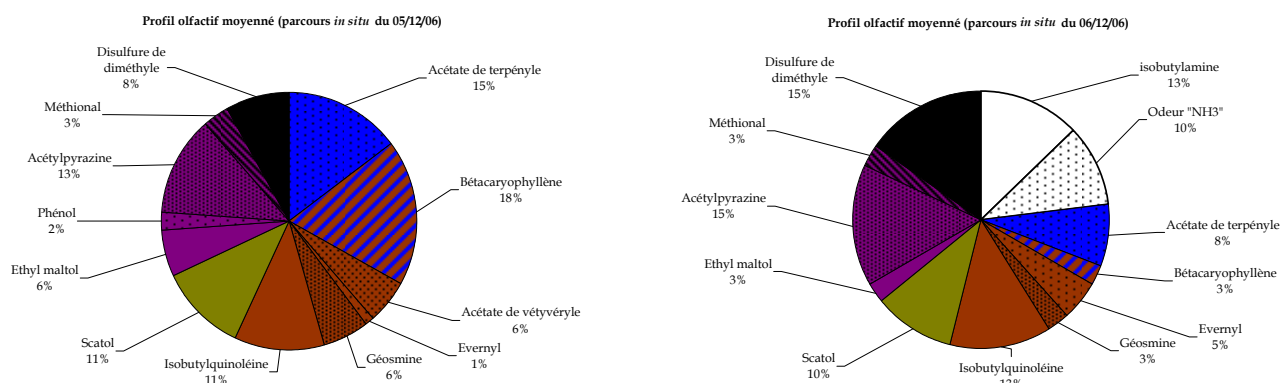
4.1.3. Opérations de déplacement et retournement des andains

Dans le processus de compostage du site bruxellois, il est prévu d'entreposer les déchets frais dans le dôme pour la première phase de maturation (pendant d'environ 10 jours). Des profils olfactifs ont été réalisés au début et après les opérations d'évacuation des andains entreposés dans le dôme et les activités de retournements des andains plus matures (Figure 6). On remarque l'apparition d'une note aminée/azotée, perçue de façon extrêmement désagréable (Figure 3) assez importante (fréquence de 23%) au détriment des notes terpéniques, perçues « très agréablement » (35 % à 11%). Rajoutons que par rapport à l'isobutylamine, l'ammoniac (NH_3) est généralement perçu à plus fortes concentrations (Tableau 1).

Par ailleurs, les études menées en Région Wallonne par J. Nicolas [14] ont montré que les andains de compost au repos émettent des débits d'odeurs entre 10 000 et 100 000 uo/s et lors des opérations de retournement des andains de compost, ces débits d'odeurs peuvent atteindre 1 ou plusieurs millions d'uo/s.

- Il faut donc veiller à limiter les activités sur le site lorsque la direction du vent porte vers les zones habitées, en particulier lors de périodes de forte stabilité atmosphérique (ou temps de brouillards hivernaux).

Figure 6 : Comparaison entre les profils olfactifs réalisés deux jours consécutifs, au début des opérations de déplacement des andains et le lendemain.



4.1.4. Quantité et stockage des déchets

- D'une manière générale, il est préférable de limiter le stockage de déchets non mûres à l'extérieur car ils sont alors soumis aux précipitations et peuvent fermenter en produisant des mauvaises odeurs.
- Il faut également éviter que les déchets tels que les tontes de gazon ne s'accumulent dans des sacs en plastique pendant plusieurs jours car ces déchets sont riches en azote, fermentent rapidement et émettent aussi des composés malodorants à leur arrivée sur le site de compostage.
- Dans le cas d'un site de biométhanisation, vu le type de déchets, il faut essayer que le lieu de stockage à l'arrivée ne soit ouvert en permanence.
- Concernant la masse de déchets, que ce soit pour un centre de compostage ou de biométhanisation, il faudra toujours respecter les quantités autorisées et ne jamais dépasser la capacité maximale de l'installation.

Dans le cas du **centre de compostage** de Bruxelles, nous avons pu montrer que lorsque la quantité de déchets approche (voire dépasse) sa capacité maximale cela pouvait entraîner une augmentation des émissions odorantes et donc des nuisances pour le voisinage (cela se reflétait également par un nombre plus élevé de plaintes de riverains).

Par ailleurs, lorsque cette limite est atteinte, les déchets ne peuvent plus être stockés sont forme d'andains dont la morphologie est propice à une bonne maturation, mais plutôt sous forme d'un gros amas compact et d'un seul bloc. Dans ce cas, les conditions d'aérobies sont plus difficiles à atteindre et des phénomènes d'auto-combustion peuvent également se produire (entraînant des incendies, qui outre leur degré de dangerosité, sont également des sources de molécules encore plus malodorantes).

Un autre exemple est celui de l'usine de **méthanisation** du Nant-de-Châtillon, installée près de Genève en Suisse [21]. Les problèmes d'odeurs ressentis par les riverains de ce centre trouvaient leur origine dans la quantité de déchets qui dépassaient très largement la capacité maximale de l'installation.

4.2. Nouvelle installation

- Avant de construire une installation de traitement des déchets, il convient de réaliser une étude de la future zone d'implantation : localisation des zones d'habitation et des entreprises, types d'activités dans le voisinage, etc.
- Il est également essentiel de déterminer les différentes sources émettrices d'odeurs, existant déjà dans le voisinage afin d'en estimer l'importance et d'évaluer si elles constituent déjà des nuisances odorantes.

A titre d'exemple, le centre de compostage de Bruxelles est situé dans une zone riche en sources d'émissions odorantes : industrie chimique, industrie automobile, station d'épuration des eaux usées, industrie alimentaire, axes routiers à fort trafic, etc. Dans le cas de notre étude, le profil olfactif caractéristique de chacune de ces sources a été déterminé. Ceci permet de discriminer le panache odorant du centre de compostage parmi les mélanges odorants qui peuvent se former en fonction des conditions météorologiques. Ce paramètre est essentiel pour pouvoir faire la part des choses en cas de plaintes et pouvoir correctement identifier les sources émettrices des odeurs gênantes.

- Le projet d'implantation des bâtiments du futur site doit également intégrer les paramètres liés aux vents dominants afin d'éventuellement réduire les émissions odorantes pour les riverains mais également pour les travailleurs. A titre d'exemple, une zone de chargement des déchets frais ne devrait pas se trouver face à des bureaux lorsque les vents dominants sont propices à entraîner les émissions odorantes vers ces bureaux. Le bâtiment de réception, s'il est suffisamment haut (dans les sites de biométhanisation ce type de bâtiment peut atteindre 8 m de haut [22]) et s'il est construit avec l'ouverture de l'autre côté, constituerait un obstacle suffisant pour éviter d'exposer ces mêmes bureaux. Les halls de stockage de déchets potentiellement odorants devraient également être implantés de sorte qu'ils ne soient pas dirigés vers les zones résidentielles.

4.3. *Quelques méthodes pour réduire la perception négative des émissions odorantes*

- Aménagements paysagers dont le but est d'embellir le site et son pourtour. Etant donné que la perception olfactive peut être influencée par l'environnement visuel du sujet, il peut être très bénéfique que les sites de compostage ou de biométhanisation soient visuellement agréables. On peut par exemple aménager le site avec des plates-bandes de fleurs autour du site, placer des arbres dans et autour du site, associer des bâtiments commerciaux ou culturels au site, etc. Le professeur Görisch [22] donne l'exemple d'un restaurant installé juste devant un site de biométhanisation. Il faut que la perception qu'ont les riverains du site soit rendue positive afin que les émissions odorantes ne soient plus perçues de la même manière, mais plus positivement puisqu'émanant d'un endroit qu'ils considèrent plaisant.
- Dans certains cas, on utilise des masquants d'odeurs, c'est-à-dire des molécules que l'on rajoute au mélange malodorant afin d'en modifier l'hédonicité et donc la perception négative. Mais dans le cas de centre de compostage, il a été montré que cette solution n'est pas efficace et ne diminue pas le nombre de plaintes [5].
- Le système de biofiltration, dont le principe est d'adsorber les molécules odorantes sur des matériaux organiques humides et d'ensuite les dégrader par oxydation biologique. Les émissions odorantes sont injectées dans le biofiltre, généralement composé de compost, de sol humide, de tourbe, de copeaux de bois et d'écorces. Ce système est très efficace pour traiter les odeurs liées au compostage. Nous avons, en effet, pu montrer que le biofiltre du centre de compostage bruxellois était particulièrement efficace puisque les niveaux olfactifs à sa sortie étaient très faibles et lorsqu'un mélange odorant était perçu, il ne contenait aucune note odorante désagréable.

4.4. *Implication des riverains*

Lorsque des riverains sont concernés par un problème de nuisances qui ne semble pas trouver de solution, il se crée généralement des Comités ou des associations de riverains. Une façon de gérer les conflits lorsqu'il y en a est d'impliquer ces riverains dans un projet dont le but est d'objectiver les nuisances et de trouver des solutions qui conviennent aux différentes parties.

En France, ce type d'expérience a déjà porté ses fruits [17]. Citons par exemple, les experts en analyse olfactive de la Société IAP-Sentic qui forment les riverains exposés à des nuisances odorantes provenant de sites industriels, mais parfois les industriels eux-mêmes et des représentants des organismes de gestion de l'environnement.

Après une période d'observation et d'analyse des différentes sources d'odeurs par les différents acteurs, des solutions peuvent être apportées (par exemple en modifiant des procédés de production pour réduire l'émission de certains produits, en prenant en compte les données météorologiques, ...). Par la suite, un système de surveillance des émissions odorantes par les personnes formées peut être mis en place. Dans de nombreux cas, les riverains se sentant impliqués et pouvant agir à leur niveau perçoivent généralement ces nuisances d'une toute autre façon, souvent plus objectivement.

Par ailleurs, lorsqu'une nouvelle installation est projetée, il est essentiel d'informer les riverains des processus qui seront mis en œuvre et des risques potentiels d'émissions odorantes.

Dans le cas d'un site de biométhanisation, par exemple, la mise en route de l'installation nécessite souvent des ajustements. Au cours de cette période, il se peut qu'il y ait des dysfonctionnements qui entraînent des émissions malodorantes.

Ce fut notamment le cas de l'usine de méthanisation de Nant-de-Châtillon en Suisse [21] qui a connu, outre le problème de la quantité de déchets déjà cité plus haut, des déboires au niveau de la gestion des phénomènes biologiques du processus de fermentation. Après une période d'arrêt et des adaptations techniques (et une bonne formation du personnel en charge du suivi biologique du digesteur), l'installation fonctionne à nouveau dans de bonnes conditions et le nombre de plaintes a considérablement diminué.

5. Ressources

Service d'analyse olfactive

Laboratoire d'analyse olfactive de GENES (Groupe d'expertise des nuisances environnementales et santé) : il réalise des études de nuisances odorantes en région bruxelloise et des enquêtes à domicile dans le cas de plaintes olfactives de particuliers. Convention avec le CRIPI et l'Inspectorat de Bruxelles-Environnement.

Adresse : Université Libre de Bruxelles, Ecole de Santé Publique, CP 593, Route de Lennik, 808, 1070 Bruxelles.

Tél : 02-5554092 (secrétariat de GENES).

E-mail : genes@ulb.ac.be

Responsable : Prof. Assistant V. Rooryck, Dr. en Sciences.

E-mail : vrooryck@ulb.ac.be

6. Références bibliographiques

- 1 JN. Jaubert, « *Les odeurs dans l'air: de la pollution osmique à la gêne olfactive* », Environnement, Risques&Santé, Vol.4, n°1, 2005, pp 51-61.
- 2 M. Falcy, S. Malard, « *Comparaison des seuils olfactifs de substances chimiques avec des indicateurs de sécurité utilisés en milieu professionnel* », Cahiers de notes documentaires, INRS, n°198 (2005).
- 3 J. J. Rosenberg, J.E. Cone, E.A. Katz, in « *Occupational & Environmental Medicine* », chapter 29 "Solvents" edited by J. LaDou, 1997, USA.
- 4 C. Bliefert, R. Perraud, « *Chimie de l'environnement. Air, eau, sols, déchets* », De Boeck, 2001, pages 63-64.
- 5 « *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* », Ville de Montreal, Odotech, Solinov, Rapport final, Février 2004.
- 6 Site du gouvernement du Pays de Galles sur les stations de traitement des eaux usées.
<http://www.wales.gov.uk/subienvironment/content/consultations/sewage/sour-imp-e.htm> (consulté en février 2005).
- 7 M. J. Ellenhorn, « *Ellenhorn's Medical Toxicology : Diagnosis and treatment of human poisoning* », Williams & Wilkins (1997) USA.
- 8 Site de la Société Dräger : <http://www.draeger.be/STms/internet/site/MS/internet/BE-fr/ms/Products/Detection/detection.jsp>.
- 9 H. Guichard, E. Guichard, D. Langlois, S. Issanchou, N. Abbott, « *GC sniffing analysis :olfactive intensity measurement by two methods* », Z Lebensm Unters Forsch, 201, 1995, pp 344-350.
- 10 M. Benzo, G. Gilardoni, C. Gandini, G. Caccialanza, P. Vita Finzi, G. Vidari, S. Abdo, P. Layedra, « *Determination of the threshold odor concentration of main odorants in essential oils using gas chromatography-olfactometry incremental dilution technique* », Journal of Chromatography A, 1150, 2007, pp 131-135.
- 11 A. -C. Romain, J. Nicolas, V. Wiertz, J. Maternova, Ph. André, « *Use of a simple tin oxide sensor array to identify five malodours collected in the field* », Sensors and Actuators B: Chemical, Volume 62, Issue 1, 2000, Pages 73-79.
- 12 A. C. Romain, D. Godefroid, J. Nicolas, « *Monitoring the exhaust air of a compost pile with an e-nose and comparison with GC-MS data* », Sensors and Actuators B: Chemical, Volume 106, Issue 1, 2005, Pages 317-324.
- 13 EN 13725 (2003): European Standard « *Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry* ».
- 14 Prof. J. Nicolas, Université de Liège, « *Nuisances olfactives en Région Wallonne* » - Rapport analytique 2006-2007 sur l'Etat de l'Environnement wallon, Juin 2006.
- 15 JN. Jaubert, M. Favier- Jaubert, « *L'outil Champ des Odeurs pour mesurer des nuisances odorantes* », Conférence Eurodeur-Airodeur, 25 juin 2003.
- 16 JN. Jaubert, C.Tapiero and JC Dore, « *The Field of Odors : Toward a Universal Language for Odor Relationships* », Perfumer& Flavoriste, ISSN 0272-266,Vol.20, 1995, pp 1-16.
- 17 Elisabeth Rémy, Jacqueline Estades, « *Nez à nez avec des nuisances odorantes. L'apprentissage de la cohabitation spatiale* »Sociologie du Travail, Vol. 49, Issue 2, 2007, pp 237-252.
- 18 Solène Davesne, « *Lille fait rouler ses bus au biogaz* », L'Usine Nouvelle, 20/09/2007. Article en ligne : <http://www.usinenouvelle.com/article/lille-fait-rouler-ses-bus-au-biogaz.116417>.
- 19 Erik Smet, Herman Van Langenhove, Inge De Bo, « *The emission of volatile compounds during the aerobic and the combined anaerobic/aerobic composting of biowaste* », Atmospheric Environment , Vol. 33, 1999, pp 1295-1303.
- 20 Brian D. Eitzer, « *Emissions of Volatile Organic Chemicals from Municipal Solid Waste Composting Facilities* », Environmental Science and Technology, Vol. 29, 1995, pp 896 – 902.
- 21 Rapport du Conseil d'Etat au Grand Conseil (M 1511-B et P 1423-B), concernant l'usine de méthanisation du Nant-de-Châtillon, Suisse, novembre 2005.
- 22 Uwe Görisch, Markus Helm, « *La production de biogaz* », Editions Eugen Ulmer, Paris, 2008.