

Liège, le 02 mai 2011

**Département de la Police et des Contrôles**  
**RÉSEAU DE CONTRÔLE DES C.E.T.**  
**EN RÉGION WALLONNE**  
**Rapport annuel sur la qualité de l'air autour des**  
**C.E.T.**  
**- deuxième édition : 2010 -**

-----

**Rapport 1242/2011 – Version 1**

Ce rapport contient 64 pages et 4 annexes

**E. Bietlot, V. Lebrun, C. Collart,**

**Attachés,**

**Cellule Déchets & SAR.**

## Contacts

Pour toute information complémentaire, prière de prendre contact avec l'ISSEP par les moyens et adresses mentionnés ci-dessous.

Institut Scientifique de Service Public (ISSEP)

Rue du Chéra, 200

B-4000 LIEGE

Tél. : + 32 (0)4 229 83 11

Fax : + 32 (0)4 252 46 65

[c.collart@issep.be](mailto:c.collart@issep.be)

[e.bietlot@issep.be](mailto:e.bietlot@issep.be)

[d.dosquet@issep.be](mailto:d.dosquet@issep.be)

[v.lebrun@issep.be](mailto:v.lebrun@issep.be)

[s.garzaniti@issep.be](mailto:s.garzaniti@issep.be)

[a.kheffi@issep.be](mailto:a.kheffi@issep.be)

## Table des matières

1	CONTEXTE	6
2	SITES	7
3	INTRODUCTION	8
	<b>3.1 Le biogaz</b>	<b>8</b>
	3.1.1 Généralités	8
	3.1.2 Production de biogaz	8
	3.1.3 Composition du biogaz	8
	<b>3.2 Émissions de polluants en phase gazeuse</b>	<b>9</b>
	3.2.1 Émissions surfaciques de biogaz	9
	3.2.2 Émissions d'odeurs	10
	3.2.3 Rejets atmosphériques des moteurs et torchères	10
	<b>3.3 Immissions dans l'air ambiant</b>	<b>10</b>
	3.3.1 Nuisances olfactives	11
	3.3.2 Qualité chimique de l'air	11
4	STRATÉGIE GLOBALE DE SURVEILLANCE	12
5	HISTORIQUE DES CAMPAGNES DE CONTRÔLE	14
6	DONNÉES SUR LES BIOGAZ	16
	<b>6.1 Matériel et méthodes</b>	<b>16</b>
	<b>6.2 Résultats</b>	<b>16</b>
	<b>6.3 Analyses chimiques de biogaz émis en surface de C.E.T.</b>	<b>18</b>
	<b>6.4 Analyses olfactométriques de biogaz émis en surface de C.E.T.</b>	<b>18</b>
7	ÉMISSIONS (FUMÉES) DES MOTEURS ET TORCHÈRES	19
	<b>7.1 Méthodologie</b>	<b>19</b>
	<b>7.2 Campagnes</b>	<b>19</b>
	<b>7.3 Résultats</b>	<b>20</b>
	<b>7.4 Perspectives</b>	<b>23</b>
8	ÉMISSIONS SURFACIQUES DE BIOGAZ	25
	<b>8.1 Méthodologie</b>	<b>25</b>
	8.1.1 Phase I : Préparation de la campagne	25
	8.1.2 Phase II : Reconnaissance qualitative préliminaire	26
	8.1.3 Phase III : Cartographie des flux	27
	<b>8.2 Campagnes</b>	<b>30</b>
	<b>8.3 Résultats</b>	<b>32</b>
	8.3.1 Mesures des concentrations	32
	8.3.2 Mesures de flux	34
	<b>8.4 Perspectives</b>	<b>35</b>
9	EVALUATION DES NUISANCES OLFACTIVES	36
	<b>9.1 Méthodologie générale - le "traçage d'odeurs sur le terrain"</b>	<b>36</b>
	9.1.1 Courbes de perception olfactive	36
	9.1.2 Principe "worst case"	37
	9.1.3 Zones de nuisances	37
	<b>9.2 Études complémentaires optionnelles</b>	<b>37</b>
	9.2.1 Analyses physicochimiques sur échantillons d'odeurs	38
	9.2.2 Influence des conditions météorologiques	38
	9.2.3 Etude tridimensionnelle et effets du relief	38
	9.2.4 Adaptation de la méthode aux sites mixtes C.E.T. /centre de compostage	40
	9.2.5 Evaluation de la concentration d'odeur par olfactométrie dynamique	40
	9.2.6 Enquêtes par questionnaires auprès des riverains	41

9.2.7	Riverains vigies	41
9.2.8	Nez électroniques	41
<b>9.3</b>	<b>Campagnes</b>	<b>42</b>
<b>9.4</b>	<b>Résultats</b>	<b>44</b>
10	QUALITÉ DE L'AIR À L'IMMISSION	46
<b>10.1</b>	<b>Contrôles par prélèvements directs</b>	<b>46</b>
<b>10.2</b>	<b>Surveillance par laboratoires mobiles</b>	<b>46</b>
<b>10.3</b>	<b>Méthodes d'analyses</b>	<b>48</b>
<b>10.4</b>	<b>Méthodes interprétatives</b>	<b>48</b>
<b>10.5</b>	<b>Campagnes</b>	<b>49</b>
<b>10.6</b>	<b>Résultats</b>	<b>50</b>
10.6.1	Approche "classique"	50
10.6.2	Approche par "secteurs"	51
<b>10.7</b>	<b>Campagnes exploitant</b>	<b>61</b>
11	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	62
12	RÉFÉRENCES	64

## Tableaux

Tableau 1:	Sites intégrés au Réseau depuis 1998	7
Tableau 2 :	Historique des campagnes de contrôle réalisées par l'ISSeP	14
Tableau 3 :	Compositions des biogaz - statistiques 2010 sur l'ensemble des biogaz surveillés (évolution des statistiques établies de 1998 à 2009 et de 1998 à 2010)	17
Tableau 4 :	Historique des campagnes d'analyses de fumées (torchères et moteurs)	19
Tableau 5 :	Torchères - statistiques 2010 sur les émissions à l'échelle du réseau (idem 2009)	20
Tableau 6 :	Moteurs - statistiques 2010 sur les émissions à l'échelle du réseau	21
Tableau 7 :	Moteurs – émissions hydrocarbures méthaniques, totaux et non méthaniques	22
Tableau 8 :	Moteurs - comparaison avec les valeurs normatives	22
Tableau 9 :	Moteurs et torchères - rendements de combustion	23
Tableau 10 :	Densité de mesures de flux et concentration préconisées	28
Tableau 11 :	Historique des campagnes de mesures d'émissions surfaciques réalisées par l'ISSeP	31
Tableau 12 :	Statistiques sur les émissions surfaciques à l'échelle du réseau	32
Tableau 13 :	Statistiques ( <i>bootstrap</i> ) sur les flux globaux moyens en CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> et TP (en ml/m <sup>2</sup> .s)	34
Tableau 14 :	Historique des campagnes de nuisances olfactives réalisées depuis 1999	43
Tableau 15 :	Statistiques sur les nuisances olfactives à l'échelle du réseau	44
Tableau 16 :	Historique des campagnes d'analyses d'air extérieur réalisées par l'ISSeP	49
Tableau 17 :	Statistiques 2009 sur les résultats d'analyses d'air extérieur à l'échelle du réseau	50
Tableau 18 :	Statistiques sur les apports par secteur ; toutes stations confondues	53
Tableau 19 :	Statistiques sur les apports par secteur ; stations situées à proximité de la zone exploitée	56
Tableau 20 :	Statistiques sur les apports par secteur ; stations situées en bordure de site	58
Tableau 21 :	Statistiques sur les apports par secteur ; stations situées à l'extérieur du site	59
Tableau 22 :	Evolution spatio-temporelle des concentrations en CH <sub>4</sub> et H <sub>2</sub> S pour deux C.E.T.	60

## Annexes

Annexe 1 :	Statistiques complètes sur la composition des biogaz du réseau
Annexe 2 :	Statistiques complètes sur la composition des fumées de torchères et de moteurs
Annexe 3 :	Rendement de combustion par torchères et moteurs des principaux composants/polluants des biogaz
Annexe 4 :	Statistiques complètes (2009) sur la qualité de l'air autour des C.E.T.

## Abréviations utilisées dans le texte

BTEX	Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes
COV	Composés organiques volatiles
VC	Chlorure de vinyle
DCM	Dichlorométhane
DCA	Dichloroéthane
TCA	Trichloroéthane
Nb mes.	Nombre de mesures
MIN	Minimum
MAX	Maximum
MED	Médiane
MOY	Moyenne

**RÉSEAU DE CONTRÔLE DES C.E.T.  
EN RÉGION WALLONNE**  
**Rapport annuel sur la qualité de l'air autour des C.E.T.  
- deuxième édition : 2010 -**

Date	02 mai 2011
Maître d'ouvrage	Département de la Police et des Contrôles
Référence	1242/2011
Type	<b>Rapport Définitif, deuxième édition - version 1</b>
Auteurs	E. Bietlot, V. Lebrun, C. Collart

## 1 CONTEXTE

Le présent document synthétise les résultats acquis, dans le domaine des émissions gazeuses et de leur impact environnemental, dans le cadre du réseau de contrôle des centres d'enfouissement technique (C.E.T.) instauré par le DPC en 1998. Chaque campagne, focalisée sur un C.E.T. à un moment donné, a d'ores et déjà fait l'objet d'un rapport détaillé. Après plus de dix ans de fonctionnement, le réseau a accumulé suffisamment de données pour permettre une analyse globale et transversale des émissions gazeuses pour l'ensemble des C.E.T. de la Région wallonne. Des statistiques et valeurs additives peuvent maintenant être calculées et servir de référence pour les campagnes futures. La vision à l'échelle régionale fournit par ailleurs une aide à la décision intéressante pour orienter la politique future de la Région en matière de gestion des déchets.

Ce document est une actualisation du rapport publié en 2009 <sup>[1]</sup>, sur base des nouveaux résultats accumulés depuis juillet 2009 et de l'évolution des modes d'interprétation des données. Il se veut avant tout être un outil permettant de mieux comprendre la problématique des émissions atmosphériques inhérente aux C.E.T. mais aussi d'apprécier l'évolution de la situation environnementale dans l'air autour de l'ensemble des sites. Certaines méthodologies se développant continuellement grâce à l'expérience acquise, le rapport 2010 contient, à l'instar du rapport 2009, de larges sections d'ordre général rappelant au lecteur les bases techniques minimales pour la compréhension des résultats présentés.

Les avancées et les résultats obtenus dans les différents domaines que compte la surveillance de la qualité de l'air sur les C.E.T. ont fait l'objet de plusieurs publications dont certaines d'entre elles ont été ou seront présentées à des colloques de renommée internationale dans le domaine de la gestion des déchets (Orbit 2008 <sup>[2,3]</sup>, Sardinia 2009 <sup>[4]</sup>, Sardinia 2011 <sup>[5,6]</sup>).

## 2 SITES

Le rapport de synthèse concerne l'ensemble des centres d'enfouissement technique intégrés au Réseau de contrôle à l'heure actuelle, à savoir les 12 sites repris au Tableau 1.

**Tableau 1: Sites intégrés au Réseau depuis 1998**

Dénominations/localisation	Exploitant actuel	code
CETeM / Mont-Saint-Guibert	Shanks	MSG
Hallembaye / Visé	Sita	HAL
Cour-au-Bois / Braine-le-Château	Veolia	CAB
Froidchapelle	Intersud	FRO
Belderbusch / Montzen	Sita	BEL
Cronfestu / Morlanwelz	IDEA	CRO
CETB Champ de Beaumont / Monceau-sur-Sambre	Sita	BEA
Happe-Chapois / Chapois - Ciney	B.E.P.	CHA
Habay	AIVE	HAB
Tenneville	AIVE	TEN
Morialmé / Florenne	BEP	MOR
Malvoisin / Gedinne	BEP	MAL

Pour simplifier les tableaux, un trigramme, repris dans la troisième colonne, identifie chaque C.E.T., et ce, tout au long du rapport.

## 3 INTRODUCTION

### 3.1 Le biogaz

#### 3.1.1 Généralités

Les ordures ménagères brutes contiennent entre 50 à 70 % de matières organiques fermentescibles, dont les deux tiers sont facilement biodégradables, avec une teneur en eau variant de 15 à 30 %. On distingue 3 catégories de déchets organiques, selon leur biodégradabilité. Leurs proportions moyennes dans les ordures ménagères sont les suivantes :

- matières animales et végétales (très biodégradables) : de 30 à 50 % ;
- papiers et cartons (moyennement biodégradables) : de 8 à 20 % ;
- cuirs et bois (peu biodégradables) : de 1 à 10 %.

#### 3.1.2 Production de biogaz

La dégradation des déchets organiques, à l'origine de la production du biogaz, résulte en grande partie d'activités microbiologiques et se traduit par un processus en 2 étapes successives : une première étape en conditions aérobies et une seconde en conditions anaérobies.

**L'étape aérobie** se déroule dans les couches superficielles des déchets organiques (en contact avec l'air ambiant) au sein desquelles se développe une microflore spécifique : bactéries mais aussi champignons, levures et algues. Ces microorganismes dégradent la matière organique, ce qui se traduit d'une part par une élévation de température pouvant atteindre 60 °C et d'autre part par la transformation d'une partie de cette matière organique en produits finaux tels le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et la vapeur d'eau. Ce premier processus de décomposition débute dès l'abandon du déchet et se termine quelques jours, voire quelques semaines plus tard, en fonction des conditions de gestion de l'enfouissement. Un compactage efficace des déchets chasse l'air interstitiel plus rapidement et un recouvrement régulier limite le contact de ceux-ci avec l'oxygène atmosphérique. Ces deux opérations réduisent donc l'étape aérobie au profit de la seconde, génératrice de méthane ; les pertes de carbone sous forme de CO<sub>2</sub> sont ainsi minimisées.

**L'étape anaérobie**, également appelée méthanisation, se caractérise par la production de méthane (CH<sub>4</sub>). Elle se déroule elle-même en plusieurs phases qui peuvent être résumées comme suit :

- Durant la première étape (**acidogénèse**), les matières organiques solides ou dissoutes fermentent et sont hydrolysées par des bactéries spécifiques (bactéries hydrolytiques et acidogènes) en acides gras volatils, alcools, dioxyde de carbone et hydrogène.
- A l'étape intermédiaire (**acétogénèse**), un groupe de bactéries acétogènes transforme les différents sous-produits formés lors de la première phase en acide acétique, dioxyde de carbone et hydrogène. Parallèlement, les bactéries méthanogènes commencent à proliférer et à produire du méthane.
- En fin de processus (**méthanogénèse**), le méthane est produit par les bactéries méthanogènes (conditions anaérobies strictes, faible potentiel redox). Il s'agit de bactéries acétophiles qui convertissent l'acide acétique en méthane et de bactéries hydrogénophiles qui convertissent le dioxyde de carbone et l'hydrogène en méthane. En phase de stabilisation de la méthanogénèse, la concentration en méthane dans le biogaz produit peut atteindre 50 à 60 %.

#### 3.1.3 Composition du biogaz

Outre le méthane, on retrouve dans le biogaz une série de composés générés par la biodégradation ou émanant directement des déchets. De la nature de ceux-ci dépend la

composition spécifique du biogaz ; la dégradation d'ordures ménagères brutes dans un C.E.T. conduit généralement à la composition moyenne suivante :

- **Éléments majeurs (% sur gaz secs) :**
  - méthane (CH<sub>4</sub>) : 49 ± 5 % (optimum de la production) ;
  - dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) : 35 ± 5 % (optimum de la production) ;
  - hydrogène (H<sub>2</sub>) : 1 à 3 % (début de la méthanogenèse) ;
  - azote (N<sub>2</sub>) et oxygène (O<sub>2</sub>) : quelques %, suivant les conditions du milieu.
- **Composés en traces :**
  - composés produits directement par le processus de dégradation, tels les sulfures et mercaptans (0 à 400 mg/Nm<sup>3</sup>) et les hydrocarbures terpéniques (0 à 500 mg/Nm<sup>3</sup>). Ces composés contribuent de manière importante aux nuisances olfactives engendrées par les biogaz, à cause notamment de leur seuil de perception olfactive extrêmement bas.
  - composés d'origine anthropogénique (directement émis par les déchets), comme les hydrocarbures aromatiques mono- ou polycycliques et les hydrocarbures chlorés, mais aussi des composés plus communs comme les alcools, les esters, les aldéhydes, les cétones et les éthers. Leurs concentrations dans le biogaz sont de l'ordre du µg/Nm<sup>3</sup>. Cependant, certains d'entre eux sont parfois très odorants et/ou présentent une toxicité plus ou moins élevée, même en faibles concentrations (cas du benzène).

## 3.2 Émissions de polluants en phase gazeuse

### 3.2.1 Émissions surfaciques de biogaz

L'extraction du biogaz via un réseau de collecte approprié, que ce soit à des fins de destruction ou de valorisation, n'est jamais totalement efficace. Le biogaz non capté par le système mis en place s'accumule dans des poches plus perméables au sein du massif de déchets et diffuse ensuite verticalement au travers des déchets superficiels (au droit des zones en exploitation) et/ou via des points de faiblesses dans la couverture supérieure (au niveau des zones réhabilitées) pour atteindre l'atmosphère. Dans certains cas, il peut arriver que les émissions de biogaz migrent également latéralement à la faveur de fissures dans le sous-sol, avant d'émerger en surface ou dans des installations souterraines (caves, égouts).

Ces émissions ou migrations peuvent occasionner diverses atteintes à l'environnement :

- risques d'explosion ;
- risques pour la santé humaine ;
- dommages à la végétation ou aux cultures ;
- nuisances olfactives.

Par ailleurs, le méthane est un gaz à effet de serre 21 fois plus actif que le dioxyde de carbone. Son émission dans l'air doit dès lors être minimisée, indépendamment de tout risque direct pour la santé ou l'environnement.

Il a été clairement démontré que le dégagement de biogaz est très sensible aux variations de pression atmosphérique. Le type de couverture, la température, le taux d'humidité et le taux de compaction des déchets sont autant de facteurs qui jouent également un rôle prédominant dans le phénomène de diffusion du biogaz. Ces paramètres étant très variables dans le temps et l'espace, ils contribuent largement à l'hétérogénéité spatiale et à l'instabilité temporelle du phénomène d'émissions surfaciques.

### 3.2.2 Émissions d'odeurs

#### A. Par le biogaz

On retrouve dans le biogaz toute une série de familles de composés odorants, tels que les sulfures, les mercaptans et les hydrocarbures aromatiques et terpéniques. Une étude spécifique menée par le laboratoire DCMS sur une large période de temps sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert <sup>[7]</sup> a permis de distinguer des traceurs chimiques caractéristiques des odeurs provenant non seulement du biogaz, mais également des déchets frais. D'après cette étude, un hydrocarbure monoaromatique, le p-cymène (p-isopropyltoluène), peut être choisi comme traceur spécifique du biogaz. Dans certains C.E.T., le sulfure d'hydrogène, dont la production par biodégradation est liée à la présence de sulfates dans les déchets (présence de plâtre par exemple), est également responsable de nuisances importantes ; ce composé dégage en effet une odeur caractéristique d'œuf pourri.

#### B. Par les déchets frais

Les déchets frais, c'est-à-dire les déchets provenant directement du versage des camions et fraîchement étalés sur le site, ne produisent pas de biogaz. Ils dégagent cependant également une odeur typique (odeur de poubelle) qui, le plus souvent, prédomine en termes de nuisances produites par un C.E.T. pour les riverains. Toujours selon l'étude de DCMS, l'odeur des déchets frais est traçable analytiquement par la présence d'hydrocarbures monoterpéniques, dont le limonène est le composé le plus représentatif.

### 3.2.3 Rejets atmosphériques des moteurs et torchères

Pour des raisons de sécurité et de préservation de l'environnement, mais aussi par intérêt économique, le biogaz produit par un C.E.T. est capté par un système actif (mise en dépression) afin de le valoriser et/ou de l'éliminer.

Une solution efficace pour valoriser le biogaz est de le brûler dans des moteurs thermiques spécialement conçus pour ce type de combustible. Associés à des alternateurs, ces moteurs permettent de produire de l'électricité qui est partiellement utilisée sur le site et dont le surplus peut être distribué sur le réseau. La destruction du biogaz en torchère représente une solution alternative si aucune unité de valorisation énergétique n'est mise en œuvre ou si la production ou la qualité du biogaz est insuffisante pour faire fonctionner un tel moteur à gaz. La torchère présente l'avantage d'être relativement économique, d'avoir un très faible potentiel d'émission odorante et d'éliminer tout risque d'explosion.

Tant les moteurs que les torchères présents sur un C.E.T. émettent des gaz d'échappement (fumées) qui contiennent potentiellement des éléments solides ou gazeux susceptibles d'altérer, chimiquement ou olfactivement, la qualité de l'air. Contrairement aux émissions précédentes qui sont diffuses, celle-ci sont localisées précisément à la sortie des cheminées.

### 3.3 Immissions dans l'air ambiant

Par définition, l'immission d'un polluant est la concentration de ce dernier résultant des émissions des activités humaines et mesurée dans l'environnement (récepteur). En ce qui concerne la problématique de l'air, le réseau de contrôle aborde la surveillance à l'immission sous deux angles spécifiques :

- la qualité olfactive de l'air ambiant et les nuisances associées que subissent les riverains ;
- la qualité chimique de l'air ambiant aux abords immédiats du C.E.T. et les éventuelles conséquences pour la santé des riverains.

### **3.3.1 Nuisances olfactives**

S'il est déjà très difficile, pour un riverain moyen, de caractériser une odeur à sa source et de quantifier l'intensité de la nuisance, il est encore plus malaisé de le faire à plus grande distance du site émetteur. La mesure de l'odeur à l'immission (i.e. dans l'environnement) relève partiellement de notions subjectives.

La méthodologie d'évaluation des nuisances olfactives engendrées par l'exploitation d'un site industriel en général, et d'un C.E.T. en particulier, est loin d'être unique. Il n'existe pas de méthode parfaite, reconnue par tous, et pouvant servir de référence absolue. De nombreuses techniques et variantes, qui sont souvent complémentaires, sont donc appliquées par les centres de recherche et les laboratoires spécialisés dans ce domaine.

### **3.3.2 Qualité chimique de l'air**

La qualité chimique de l'air au droit et aux environs d'un C.E.T. est le résultat additionnel des concentrations de fond (naturelles), des pollutions extérieures (non générées par lui) et des pollutions qu'il génère (dans son ensemble ou par une de ses installations). Les polluants pris en considération sont sélectionnés en fonction de la nature des activités et/ou des matériaux utilisés sur le site. La mesure de la qualité de l'air aux alentours d'un C.E.T. est une matière très difficile à aborder puisqu'elle implique non seulement de mesurer, dans l'air atmosphérique, des polluants présents en très faibles concentrations, mais également de connaître, de manière approfondie, les différentes sources d'émissions gazeuses actives sur le C.E.T.

## 4 STRATÉGIE GLOBALE DE SURVEILLANCE

Étudier la qualité de l'air autour d'un C.E.T. implique, d'une part, de caractériser au mieux les rejets atmosphériques engendrés par son exploitation (notion de source) et, d'autre part, d'aborder la question de nuisances et/ou de risques potentiels ou réels pour les riverains (notion de cible, en modes de fonctionnement "normal" et "accidentel"). A cette dualité source/cible s'ajoute la notion de "vecteur", l'air ambiant dans le cas des émissions gazeuses, qui transporte les composants émis par la source après qu'ils se soient mélangés aux composants majeurs de l'atmosphère. C'est donc très logiquement que la partie "Air" des campagnes de contrôle aborde trois problématiques :

- l'étude des **sources**, à savoir la composition des biogaz générés par les C.E.T. et celle des émanations produites par les déchets ;
- la surveillance des **émissions**, par des mesures aussi près que possible du point ou des zones émettrices ;
- la surveillance des **immissions**, par des mesures à la cible ou dans l'air ambiant avant qu'il n'atteigne cette dernière.

Lors des campagnes réalisées dans le cadre du réseau de contrôle des C.E.T., la problématique des **effluents gazeux** et des nuisances potentielles pour les riverains liées à leur immission dans l'air ambiant est systématiquement traitée selon 4 volets distincts :

- **Volet "émissions des installations de valorisation/destruction"**

Cette partie de l'étude est systématiquement réalisée par la cellule Emissions atmosphériques de l'ISSeP. Il s'agit de contrôler les émissions gazeuses produites par les torchères et/ou générateurs électriques à combustion (moteurs) installés sur les C.E.T., afin de vérifier qu'elles sont conformes aux prescriptions légales et aux normes en vigueur. Pour l'actualisation du rapport annuel air, les résultats obtenus lors de deux campagnes de mesures (réalisées fin 2009 et début 2010) sur des installations de valorisation ont été ajoutés à ceux des campagnes réalisées depuis 1999, tous C.E.T. confondus. Ces résultats, traités dans la section 7, permettent non seulement de donner un état de lieux complet du réseau dans ce domaine mais aussi d'appréhender son évolution temporelle. La méthodologie spécifique à ce volet est rappelée en détail dans l'introduction de cette section.

Par ailleurs, c'est dans le cadre de ces campagnes "émissions" que des analyses chimiques sur le biogaz sont réalisées. Dans ce rapport annuel, les résultats "biogaz" ont été extraits de ceux, globaux, relatifs aux émissions des installations pour les présenter dans un chapitre spécifique en début de rapport (section 6).

- **Volet "émissions surfaciques"**

Jusqu'en 2008, une méthode simplifiée, basée uniquement sur des mesures de concentrations à la surface des zones d'enfouissement était appliquée. Des cartes d'isoteneurs étaient ensuite dressées par traitement géostatistique (krigeage linéaire). Cette méthode qualitative, bien qu'obsolète, est encore décrite dans ce rapport car la majorité des sites n'ont pas encore fait l'objet d'une campagne plus approfondie. Par ailleurs, cette procédure simplifiée reste souvent d'application en guise de phase exploratoire au sein du protocole d'investigation actuel.

Depuis 2009, l'étude des émissions surfaciques inclut des mesures de concentration et des **mesures de flux surfaciques** qui, combinées entre elles via un traitement géostatistique, permettent d'estimer la quantité totale de biogaz qui s'échappe des déchets au travers des éventuelles couvertures définitives ou provisoires.

- **Volet "odeurs"**

Cette partie de l'étude est systématiquement sous-traitée à l'Université de Liège, département des Sciences et de Gestion de l'Environnement (Unité "Surveillance de l'environnement" du Professeur Jacques Nicolas). La plupart des méthodes classiques partent d'une mesure des odeurs à l'émission et tentent d'en modéliser la dispersion pour obtenir des valeurs de concentrations à l'immission (dans l'environnement). A l'inverse, la stratégie principalement appliquée sur les C.E.T. par l'ULg consiste à réaliser régulièrement des "traçages odeurs", c'est-à-dire des promenades visant à détecter l'odeur dans

l'environnement proche du C.E.T. (olfactométrie déambulatoire). Ces mesures à l'immission permettent de délimiter des zones de perception d'odeurs pour chaque journée de mesures. En couplant ces informations journalières aux données de climat moyen et à des informations récoltées auprès des riverains, on peut alors calculer des zones de percentile 98 (P 98), à l'intérieur desquelles, en climat moyen, les odeurs sont perçues au maximum pendant 2 % du temps. On déduit également, à partir des mesures à l'immission, un débit d'odeurs moyen à l'émission. Ces débits calculés permettent notamment de comparer entre eux les différents C.E.T., indépendamment des conditions locales de dispersion. Cette méthodologie, ainsi que des statistiques à l'échelle régionale sur les résultats déjà obtenus, font l'objet de la section 9 du rapport.

- **Volet "qualité de l'air"**

La méthode d'investigation appliquée ici, similaire pour tous les C.E.T. en Région wallonne, permet de déterminer la pollution maximale engendrée par chaque site dans son environnement proche ou à proximité des habitations voisines. La qualité de l'air atmosphérique est étudiée grâce à l'installation de laboratoires mobiles durant une période suffisamment longue et à des emplacements judicieusement choisis. Ces cabines sont équipées de moniteurs analytiques permettant des mesures en continu de plusieurs paramètres ; l'une d'entre elles dispose par ailleurs d'une station météorologique.

Depuis 2010, les résultats collectés sur l'ensemble des C.E.T. du réseau depuis 2000 sont considérés sous un angle nouveau, qui permet de mieux estimer les apports directionnels en polluants dans l'air en provenance du "secteur C.E.T." et du "secteur non C.E.T.". La section 10 (et plus précisément 10.6.2) du rapport présente les statistiques actualisées et reconsidérées par cette nouvelle approche.

## 5 HISTORIQUE DES CAMPAGNES DE CONTRÔLE

Le Tableau 2 présente un synoptique de toutes les campagnes réalisées sur les différents C.E.T. depuis le lancement du réseau en 1999, jusqu'à celles prévues pour 2011.

**Tableau 2 : Historique des campagnes de contrôle réalisées par l'ISSeP**

	Biogaz	Fumées	Emissions surfaciques	Odeurs	Qualité de l'air
<b>1999</b>	MSG_1 (C <sup>1</sup> -O <sup>2</sup> )	MSG_1	MSG_1	MSG_1	MSG_1
	HAL_1 (C-O)	HAL_1	HAL_1	HAL_1	HAL_1
<b>2000</b>	CAB_1 (C-O)	CAB_1	CAB_1	CAB_1	CAB_1
	FRO_1 (C-O)	FRO_1	FRO_1		FRO_1
<b>2001</b>	MSG_2 (C)	MSG_2	MSG_2	MSG_2	MSG_2
	BEL_1	BEL_1	BEL_1		BEL_1
			CRO_1		CRO_1
<b>2002</b>	HAL_2 (C)	HAL_2	HAL_2	HAL_2	HAL_2
	CAB_2 (C)	CAB_2	CAB_2	CAB_2	CAB_2
			BEA_1	BEA_1	BEA_1
<b>2003</b>	BEL_2	BEL_2	BEL_2	BEL_1	BEL_2
			FRO_2	FRO_1	FRO_2
<b>2004</b>	CAB_3 (C)	CAB_3	CAB_3	CAB_3	CAB_3
	CHA_1 (C)	CHA_1	BEA_2	BEA_2	BEA_2
			CHA_1	CHA_1	CHA_1
			TEN_1	TEN_1	TEN_1
<b>2005</b>	MSG_3 (C)	MSG_3	MSG_3	MSG_3	MSG_3
	TEN_1 (C-O)	TEN_1	CRO_2	HAB_1	CRO_2
			CHA_2		HAB_1
<b>2006</b>	HAL_3 (C)	HAL_3	HAL_3	HAL_3	HAL_3
	HAB_1 (C)	HAB_1	HAB_1	MAL_1	MAL_1
			CHA_3	CHA_2	MOR_1
			MAL_1		
			MOR_1		
<b>2007</b>	CAB_4 (C)	CAB_4	CAB_4	CAB_4	CAB_4
			FRO_3	MAL_2	FRO_3
<b>2008</b>	BEA_1 (C-O)	BEA_1	BEA_3	BEA_3	BEA_3
			TEN_2	TEN_2	CAB_5
				MAL_3	MAL_3
<b>2009</b>	MSG_4 (C)	MSG_4	MSG_4	MSG_4	MSG_4
	HAB_2 (C)	HAB_2	HAB_2	HAB_2	HAB_2
			MOR_2		
			CHA_4		
			CRO_3		
<b>2010</b>	HAL_4 (C)	HAL_4	HAL_4	HAL_4	HAL_4
	CAB_5 (C)	CAB_5	CAB_5	CAB_5	CAB_5
<b>Prévu 2011</b>	TEN_2 (C)	TEN_2	TEN_3	TEN_3	TEN_2
	BEA_2 (C)	BEA_2	BEA_4	BEA_4	BEA_4
<b>Légende</b>					
<sup>1</sup> C	Analyses chimiques des composants du biogaz				
<sup>2</sup> O	Prélèvement de biogaz (à la source ou aux installations) pour analyse olfactométrique				
FRO_2	Deuxième campagne à Froidchapelle (numérotation spécifique à chaque type de campagne)				

Majoritairement complètes jusqu'en 2007, hormis sur les C.E.T. réhabilités pour lesquels certains domaines de surveillance n'étaient déjà plus pertinents, les campagnes sont maintenant de plus en plus ciblées. Pour chaque C.E.T., les axes de surveillance sont sélectionnés sur base des campagnes antérieures, en éliminant ceux qui ne présentaient aucun problème et pour autant qu'aucun incident ou modifications des modes d'exploitation n'aient été recensés.

En moyenne, le rythme des campagnes "air" est resté assez constant, incluant de 2 à 3 campagnes par an dans chaque domaine de surveillance et une fréquence trisannuelle par site.

## 6 DONNÉES SUR LES BIOGAZ

### 6.1 Matériel et méthodes

Lors des campagnes de contrôle des émissions (fumées) de moteurs et de torchères, il est également procédé à des prélèvements de biogaz à la sortie du réseau de collecte, avant combustion. Depuis 1999, environ 126 prélèvements ont été réalisés en amont des installations de valorisation (14 moteurs) ou de destruction (12 torchères), réparties sur 7 sites. Les valeurs reprises dans le tableau 3 ont été mises à jour en y incluant les résultats obtenus sur deux sites ayant fait l'objet d'une campagne de surveillance depuis fin 2009. Elles correspondent soit à des moyennes de valeurs enregistrées en continu par des analyseurs sur une période de 2 à 5 heures, soit à des échantillons prélevés en quelques minutes, à l'intérieur de la même période, dans des sacs en Tedlar ou sur des tubes adsorbants qui sont ensuite analysés au laboratoire. Les méthodes de prélèvements et d'analyses chimiques se répartissent comme suit :

- Méthodes de prélèvement :
  - composés majeurs ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ) : prélèvement dans un conteneur laboratoire mobile équipé de moniteurs ad hoc et de sondes d'échantillonnage spécifiques ;
  - $\text{H}_2\text{S}$  : prélèvement par barbotage dans une solution d'acétate de cadmium ;
  - COV (hydrocarbures, BTEX, dérivés halogénés) : fixation sur tubes adsorbants spécifiques (Carbotrap 300) ou prélèvement au moyen de sacs en Tedlar.
- Paramètres analysés et méthodes d'analyses :
  - $\text{CO}_2$  et  $\text{CH}_4$  : analyse à l'aide de détecteurs IR ou NDIR ;
  - $\text{O}_2$  : analyse par paramagnétisme, détecteurs NDIR ou série d'analyseurs équipés de cellules électrochimiques ;
  - $\text{H}_2\text{S}$  et  $\text{H}_2$  : analyse à l'aide d'une série d'analyseurs équipés de cellules électrochimiques ;
  - COV : analyse par screening GC-MS.

### 6.2 Résultats

Le tableau 3 présente les statistiques obtenues depuis la mise sur pied du réseau (en 1998) jusqu'en 2010 sur les composés majeurs ainsi que sur les composés les plus toxiques mesurés dans les différents biogaz valorisés par les C.E.T. A titre comparatif, les statistiques du rapport annuel air de 2009 (colonnes grisées du tableau) sont présentées en vis-à-vis de celles de 2010.

**Tableau 3 : Compositions des biogaz - statistiques 2010 sur l'ensemble des biogaz surveillés (évolution des statistiques établies de 1998 à 2009 et de 1998 à 2010)**

	Unités	Nb mes.		MIN		MAX		MED		P95		MOY	
		09	10	09	10	09	10	09	10	09	10	09	10
CO <sub>2</sub>	% v/v sec	92	101	20,1	20,1	42	42	35,2	35,3	41	40,9	35	35
CH <sub>4</sub>	% v/v sec	92	101	27,2	27,2	60	60	49	49,4	56	56,9	48	48,5
O <sub>2</sub>	% v/v sec	92	101	0,0	0,0	7	7	0,7	0,7	6,0	5,8	1,3	1,2
H <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup> sec	63	63	0,1	0,1	334	334	27,8	27,8	245	245	55	53,2
H <sub>2</sub> S	mg/Nm <sup>3</sup> sec	91	108	0,7	0,7	743	743	103	84	603	563	167	146
S <sup>=</sup>	mg/Nm <sup>3</sup> sec	40	46	4,0	4,0	220	220	68,6	73,5	199	193	90	89,1
Alcanes	µg/Nm <sup>3</sup> sec	100	100	28,7	28,7	100791	100791	25353	25353	81823	81823	32695	32695
Alcènes	µg/Nm <sup>3</sup> sec	106	106	31	31	51666	51666	8183	8183	29236	29236	11402	11402
Benzène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	118	118	0,1	0,1	18714	18714	1661	1661	8498	8498	2728	2728
BTEX <sup>abrév.</sup>	µg/Nm <sup>3</sup> sec	118	118	32,3	32,3	185817	185817	33386	33386	138121	138121	46138	46138
VC <sup>abrév.</sup>	µg/Nm <sup>3</sup> sec	118	118	0,1	0,1	5701	5701	339	339	4000	4000	923	923
∑ Chlorés	µg/Nm <sup>3</sup> sec	106	106	3,0	3,0	32866	32866	1739	1739	11676	11676	4278	4278

Comme l'illustrent les résultats repris ci-dessus, la prise en compte des nouvelles analyses effectuées entre juillet 2009 et juillet 2010 a un impact quasi nul sur les statistiques du réseau. Les conclusions tirées en 2009 restent donc globalement similaires ; elles sont résumées ci-dessous.

La majeure partie des biogaz produits sur les C.E.T. du réseau (+/- 80 %) affichent des teneurs en méthane comprises entre 40 et 55 % et un taux d'oxygène inférieur à 3 %. Moyennant parfois certains prétraitements, comme une condensation de la vapeur d'eau, une épuration de l'H<sub>2</sub>S, des siloxanes ou du CO<sub>2</sub>, ces biogaz sont de qualité suffisante pour être valorisés et utilisés comme combustible pour la production d'électricité (moteurs à gaz). Toutefois, en plus de la qualité, il faut aussi que la quantité produite soit suffisante, ce qui n'est le cas que pour les plus grosses exploitations ou celles qui, historiquement, ont accueilli des déchets plus méthanogènes. En cas d'impossibilité de valorisation, le biogaz est détruit en torchère.

A propos du paramètre "sulfure d'hydrogène", le Tableau 3 montre qu'il existe une forte différence entre valeurs médiane et moyenne : les teneurs en H<sub>2</sub>S sont beaucoup plus dispersées que celles des composés majeurs. Plusieurs éléments d'explication peuvent être avancés :

- Le plâtre au sein des déchets, dont la matière première est le sulfate de calcium hydraté (gypse), peut subir des transformations biochimiques qui produisent du H<sub>2</sub>S en conditions anoxiques. La quantité de ces matériaux plâtreux étant extrêmement variable d'un site à l'autre en fonction des conditions d'exploitation, cela peut partiellement justifier la grande variabilité de concentrations de ce composé dans le biogaz.
- Une autre source possible d'H<sub>2</sub>S est la dégradation de protéines renfermant des acides aminés dont le soufre est un élément constitutif. Ces protéines se retrouvent principalement dans les ordures ménagères et plus particulièrement dans les déchets alimentaires et végétaux.
- Pour des raisons techniques (disponibilité de vanne de prélèvement, présence de systèmes de traitement des biogaz, ...), les prélèvements de biogaz se font parfois en des points différents ou, si elles existent, en amont ou en aval des unités de purification.

La présence de sulfure d'hydrogène dans le biogaz amène souvent l'exploitant à équiper les installations de valorisation d'un système épuratoire spécifique (par de l'oxyde de fer, du charbon actif ou par lavage à l'eau sous pression) en amont de celles-ci, censé prévenir leur vieillissement prématuré. En effet, l'un des produits de combustion de H<sub>2</sub>S est le dioxyde de soufre qui rend les gaz de combustion très corrosifs (formation d'acide sulfurique en présence de vapeur d'eau) et qui plus est, est préjudiciable pour l'environnement (pluies acides).

A titre indicatif, des mesures réalisées sur le biogaz d'un des C.E.T. du réseau en amont et en aval d'un filtre à charbon actif ont prouvé l'efficacité de l'abattement du H<sub>2</sub>S dans le gaz. Sur base des mesures en possession de l'ISSeP, cet abattement peut atteindre 99,7 %, au départ d'une concentration moyenne de 546,3 mg/Nm<sup>3</sup> dans l'influent (gaz sec).

Les concentrations en H<sub>2</sub>S relevées dans les biogaz produits sur des décharges de classe 2 sont généralement comprises entre 80 et 1.500 mg/Nm<sup>3</sup>, avec une production courante se situant entre 100 mg/Nm<sup>3</sup> et 400 mg/Nm<sup>3</sup>. Il est généralement admis que lorsque des concentrations supérieures à 30 mg/Nm<sup>3</sup> en sulfure d'hydrogène sont atteintes dans le biogaz, une désulfuration doit être réalisée afin d'assurer la longévité des unités de valorisation. Concrètement, cela n'est pas systématiquement mis en œuvre sur les sites étudiés : bon nombre de biogaz bruts du réseau présentant des concentrations en sulfure d'hydrogène supérieures à 30 mg/Nm<sup>3</sup> sont envoyés sans traitement préalable vers les unités de traitement.

En ce qui concerne les BTEX et certains dérivés halogénés, les valeurs enregistrées sur les C.E.T. en Wallonie sont assez différentes de celles annoncées dans certaines publications scientifiques. En particulier, Christensen et al. (1993) <sup>[8]</sup> donnent des teneurs typiques pour le benzène et le chlorure de vinyle de respectivement 5.000 et 10.000 µg/m<sup>3</sup>. Dans les biogaz du réseau, on enregistre des teneurs moindres et, contrairement à ce qui est décrit, c'est ici le benzène qui prédomine par rapport au chlorure de vinyle.

Outre les composés repris dans le Tableau 3, le biogaz contient toujours de grandes quantités d'hydrocarbures saturés plus lourds (en moyenne 30 mg/Nm<sup>3</sup>) et insaturés (en moyenne 10 mg/Nm<sup>3</sup>). Les résultats complets de ces analyses sont repris dans un tableau fourni en Annexe 1. Les mesures individuelles pour le toluène, l'éthylbenzène, les xylènes et certains solvants chlorés particuliers y sont également rapportées.

### 6.3 Analyses chimiques de biogaz émis en surface de C.E.T.

Dans le cadre de certaines campagnes de mesures d'impact olfactif ou de mesures des émissions surfaciques, quelques analyses chimiques de biogaz émis à la **surface** des C.E.T. (prélevés via des cannes ponctuelles ou au travers de chambres de flux) ont été réalisées. Leur nombre trop restreint ne permet pas d'en tirer des statistiques fiables.

### 6.4 Analyses olfactométriques de biogaz émis en surface de C.E.T.

Conjointement à certaines campagnes de mesures des nuisances olfactives, des prélèvements de biogaz sur le massif de déchets (et/ou sur andains de compost pour les sites multi-sources) ont déjà été effectués en vue de réaliser des analyses olfactométriques. Ici aussi, le nombre limité de résultats rendrait hasardeuse toute tentative de généralisation. Les résultats individuels peuvent être consultés dans les différents rapports odeurs publiés sur le site du réseau de contrôle des C.E.T., notamment ceux concernant Champ de Beaumont à Monceau et Tenneville en 2008.

## 7 ÉMISSIONS (FUMÉES) DES MOTEURS ET TORCHÈRES

### 7.1 Méthodologie

Comme pour les biogaz bruts, la caractérisation chimique des fumées requiert des mesures in situ en continu pour certains paramètres et des prélèvements plus ponctuels, avec analyse au laboratoire, pour d'autres.

En pratique, l'ISSeP installe un conteneur laboratoire mobile à proximité du moteur ou de la torchère à contrôler. Ce conteneur, équipé de moniteurs ad hoc et de sondes d'échantillonnages spécifiques, permet d'analyser 8 composés des fumées directement dans la cheminée : le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) par infrarouge, le monoxyde d'azote (NO) et les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) par chemiluminescence, le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) par ultraviolet, les hydrocarbures C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> par ionisation de flamme, le méthane par NDIR (infrarouge), l'oxygène (O<sub>2</sub>) par paramagnétisme et le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) par barbotage dans l'acétate de cadmium et titrage (effectué en laboratoire). Les mesures sont effectuées toutes les 6 secondes et moyennées toutes les minutes. Les composés organiques volatils (COV) quant à eux, sont adsorbés sur tubes spécifiques Carbotrap 300 et analysés au laboratoire par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC-MS).

Afin d'obtenir une bonne représentativité du fonctionnement des installations, il est généralement recommandé que chaque unité fasse l'objet de 3 journées de mesures durant au moins ½ heure en continu. En général, lors des campagnes qu'il organise, l'ISSeP augmente ces durées de mesures en continu qui atteignent de 2 à 5 heures, soit 4 à 10 fois la durée minimale recommandée.

### 7.2 Campagnes

Le Tableau 4 présente de manière synthétique la répartition dans le temps et par site des campagnes de contrôle réalisées par l'ISSeP sur les moteurs et torchères des différents C.E.T.

**Tableau 4 : Historique des campagnes d'analyses de fumées (torchères et moteurs)**

	MSG	HAL	CAB	FRO	BEL	CRO	BEA	CHA	TEN	HAB	MAL	MOR
1999	1M/2T	1M/1T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	3M/1T	1T	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	2M/3T	-	-	-	1M/1T	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	1M/1T	3M/1T	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	1M	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	2M	-	-	-	-	1T	-	-	-	-
2005	2M	-	-	-	-	-	-	-	1M/1T	-	-	-
2006	-	2M	-	-	-	-	-	-	-	1T	-	-
2007	-	-	3M	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	-	-	-	-	-	-	1T	-	-	-	-	-
2009	1M	-	-	-	-	-	-	-	-	1M	-	-
2010	-	1 M	1 M	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prévu 2011	-	-	-	-	-	-	1 M	-	1 M	-	-	-
<b>Légende</b>												
1M/2T	Contrôle des fumées sur 1 moteur et 2 torchères											

Au total, jusque fin 2010, 21 campagnes de surveillance ont été menées, permettant de contrôler 11 moteurs différents répartis sur 6 sites et 11 torchères sur 9 sites. Certains moteurs (HAL, MSG, CAB) auront subi de 4 à 5 campagnes de surveillance successives, permettant de vérifier les conséquences éventuelles du vieillissement des installations et l'influence de la fréquence et

de la qualité de la maintenance sur les rejets. Les différentes campagnes sont en effet planifiées de manière aléatoire dans le temps, parfois juste avant l'entretien prévu, d'autres juste après, d'autres encore au milieu de la plage de fonctionnement.

### 7.3 Résultats

Le Tableau 5 et le Tableau 6 reprennent les statistiques à l'échelle du réseau pour les paramètres (minéraux et organiques) représentatifs de la charge polluante des émissions, calculées respectivement pour les fumées des torchères et des moteurs. Ces résultats intègrent les données collectées lors des dernières campagnes de mesures (depuis mi-2009), lesquelles ont porté uniquement sur des contrôles des moteurs. Le Tableau 5, relatif aux émissions des torchères, est donc identique à celui présenté dans le rapport annuel de 2009.

Par ailleurs, une liste exhaustive des valeurs de l'ensemble des paramètres mesurés (moteurs et torchères), publiées dans les rapports spécifiques aux sites depuis 1999, est présentée en Annexe 3.

Dans les tableaux ci-dessous, pour des raisons de clarté, les résultats relatifs aux alcanes, aux alcènes, aux BTEX et aux hydrocarbures chlorés sont présentés sous 6 entrées différentes, à savoir : les 4 catégories précitées proprement dites mais également deux paramètres considérés isolément, le benzène et le chlorure de vinyle (VC). Ces derniers sont volontairement mis en évidence en raison de leur toxicité avérée sur la santé humaine.

**Tableau 5 : Torchères - statistiques 2010 sur les émissions à l'échelle du réseau (idem 2009)**

	Unités	Nb mes.	Min	Max	Médiane	Moyenne	P95
CO <sub>2</sub>	% v/v sec	32	8,3	15	11,0	11,1	14,0
O <sub>2</sub>	% v/v sec	32	4,0	11	7,6	7,7	10,5
CO	mg/Nm <sup>3</sup> (*)	32	1,0	101	3,7	11	52
NO	mg/Nm <sup>3</sup> (*)	31	16,6	105	44,0	46,4	92
NO <sub>x</sub>	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> (*)	31	28,1	164	64,5	71	138
SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup> (*)	32	3,5	200	54,3	69	180
Alcanes	µg/Nm <sup>3</sup> sec	30	0,3	75	1,1	7	37
Alcènes	µg/Nm <sup>3</sup> sec	30	0,1	27	0,8	2,9	9,6
BTEX	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,2	32	1,5	4,2	17
Hydrocarbures chlorés	µg/Nm <sup>3</sup> sec	30	0,1	12	0,5	1,7	6,6
Benzène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	2,2	0,3	0,6	2,0
VC	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1

(\*) mesures ramenées sur gaz sec, à 5 % O<sub>2</sub>.

Dans le tableau relatif aux émissions des moteurs (Tableau 6), les valeurs moyennes des statistiques du rapport de 2009 sont rappelées (colonne ombrée) à titre comparatif.

**Tableau 6 : Moteurs - statistiques 2010 sur les émissions à l'échelle du réseau**

	Unités	Nb mes.	Min	Max	Médiane	P95	Moy. (2010)	Moy. (2009)
CO <sub>2</sub>	% v/v sec	76	9,2	14,8	12,4	14,3	<b>12,4</b>	<b>12,5</b>
O <sub>2</sub>	% v/v sec	76	4,5	9,6	6,6	8,67	<b>6,6</b>	<b>6,6</b>
CO	mg/Nm <sup>3</sup> (*)	69	234,0	1170,9	642,5	903,1	<b>662,4</b>	<b>690</b>
NO	mg/Nm <sup>3</sup> (*)	67	32,2	552,0	153,0	459,6	<b>181,9</b>	<b>179</b>
NO <sub>x</sub>	mg NO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> (*)	59	140,8	984,0	343,2	912,3	<b>405,3</b>	<b>410</b>
SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup> (*)	66	3,5	198,7	38,4	148,6	<b>56,4</b>	<b>59</b>
Alcanes	µg/Nm <sup>3</sup> sec	68	0,1	293,0	10,4	168,45	<b>34,6</b>	<b>37,1</b>
Alcènes	µg/Nm <sup>3</sup> sec	74	0,1	296,0	7,0	120,75	<b>27,3</b>	<b>29</b>
BTEX	µg/Nm <sup>3</sup> sec	80	0,1	1012,0	28,7	379,87	<b>93,5</b>	<b>99</b>
Hydrocarbures chlorés	µg/Nm <sup>3</sup> sec	74	0,1	57,0	2,7	39,4	<b>9,5</b>	<b>9,9</b>
Benzène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	80	0,0	557,0	13,4	341,7	<b>61,5</b>	<b>65</b>
VC	µg/Nm <sup>3</sup> sec	80	0,0	12,0	0,1	2,56	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> tot. (**)	mg C/Nm <sup>3</sup>	40	251,0	1623,2	664,3	1373,9	<b>702,4</b>	<b>620</b>

(\*) mesures ramenées sur gaz sec, à 5 % O<sub>2</sub>. (\*\*) mesurés jusqu'en 2005.

A l'instar de ceux obtenus pour le biogaz (Tableau 3), les nouveaux résultats collectés pour les fumées des unités de valorisation (Tableau 6) ne modifient que sensiblement les statistiques établies pour la période s'étalant de 1998 à 2009. Des constats comparables sont donc tirés, à savoir qu'à l'exception des hydrocarbures totaux, les autres hydrocarbures dosés dans les fumées de moteurs sont présents à l'état de traces (jusqu'à quelques dizaines de µg/Nm<sup>3</sup> sec pour les composés les plus représentatifs). Le benzène est probablement le composé le plus problématique puisque sa concentration est relativement élevée en comparaison avec les autres composés. Les valeurs médiane et moyenne sont très différentes pour la plupart des hydrocarbures. Ces différences traduisent une importante dispersion des concentrations, principalement dans les valeurs élevées. Une explication, au moins partielle, à cette variance élevée réside dans le fait que certaines campagnes de mesures ont été réalisées durant des périodes de tests et/ou de réglage des unités de valorisation. Durant ces périodes, les installations ne fonctionnaient pas, ou pas encore, de manière optimale.

Les statistiques relatives aux hydrocarbures totaux (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> tot.) émis par les moteurs, présentées en dernière ligne du Tableau 6, sont celles établies sur base des données collectées de 1999 à 2005. Jusque là, une mesure unique de concentration en hydrocarbures était effectuée. Toutefois, depuis 2005, l'ISSeP a décidé de mesurer distinctivement les **hydrocarbures méthaniques** (méthane, halogénures de méthyle, ...) et les **hydrocarbures totaux**. Par simple différence entre ces deux valeurs, des concentrations en **hydrocarbures non méthaniques** ont pu être calculées et comparées à une norme existante, notamment en vigueur en Allemagne (norme TA-Luft pour les "C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> hors méthane", voir Tableau 8). Par ailleurs, les permis uniques récemment octroyés aux exploitants de C.E.T. incluent ce paramètre (généralement dénommé "composés volatiles organiques (COV), exprimés en C<sub>tot</sub> hors CH<sub>4</sub>") à la liste des composés pour lesquels une norme est à respecter en matière d'émissions atmosphériques (NO<sub>x</sub>, CO, poussières). La valeur maximale autorisée pour les hydrocarbures non méthaniques est de **150 mg C/Nm<sup>3</sup>** (Tableau 8). Vu le nombre restreint de mesures réalisées depuis 2005, ces résultats n'ont pas encore fait l'objet de statistiques. A titre indicatif, le Tableau 7 présente les valeurs collectées lors des campagnes menées en 2007 pour les hydrocarbures totaux, méthaniques et non méthaniques. En raison de certains dysfonctionnements dans la prise de mesures des hydrocarbures totaux lors des dernières campagnes sur les émissions moteurs (fin 2009, début 2010), les résultats correspondants n'ont pas été exploités dans le cadre de ce rapport. En 2008, aucun moteur du réseau n'a fait l'objet de contrôle (uniquement une torchère).

**Tableau 7 : Moteurs – émissions hydrocarbures méthaniques, totaux et non méthaniques**

Paramètres (mg C/Nm <sup>3</sup> sec à 5 % O <sub>2</sub> )	Jour 1 (période 1)	Jour 2 (période 1)	Jour 3 (période 1)	Jour 3 (période 2)	Jour 4 (période 1)	Jour 5 (période 1)
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> méthaniques	456,8	488,6	251,0	290,0	284,0	374,5
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> totaux	452,2	479,3	248,0	287,0	282,0	371,8
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> non méthaniques	4,6	9,3	3,0	3,0	3,0	2,7

Sur base des valeurs reprises au Tableau 7, on constate que les **hydrocarbures dosés dans les fumées des moteurs** sont composés à plus de 98 % de méthane. Les concentrations en CH<sub>4</sub> y sont de l'ordre de 314 mg C/Nm<sup>3</sup> en moyenne, déterminées sur gaz sec à 5 % O<sub>2</sub>, ce qui est négligeable par rapport aux teneurs trouvées dans le biogaz (50 %).

Comme déjà évoqué plus haut, seules 4 valeurs normatives existent en matière de rejets atmosphériques pour des générateurs électriques tels que ceux mis en place sur les C.E.T. Ces valeurs limites concernent le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), les poussières (PM 10) et les hydrocarbures non méthaniques (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> hors méthane). Elles ont été publiées dans les guides méthodologiques allemands (TA-Luft, 2002<sup>[9]</sup>) mais jusqu'à présent, n'ont fait l'objet d'aucune législation européenne ou régionale. Par ailleurs, la TA-Luft suggère de donner une liberté plus grande aux installations spécifiquement dédiées à l'utilisation de gaz de décharge. Le Tableau 8 reprend les statistiques de dépassement de ces normes, en excluant les valeurs de fin 2009 à mi-2010 pour les hydrocarbures non méthaniques.

**Tableau 8 : Moteurs - comparaison avec les valeurs normatives**

Paramètres	Norme TA-Luft 2002		Nb mes.	Med	Max	Nb val > norme	% non conforme	
	V1 >3MW	V2 <3MW					V1	V2
CO (mg /Nm <sup>3</sup> sec)	650	2000	69	642,5	1171	33	47,8 %	0 %
NO <sub>x</sub> (mg /Nm <sup>3</sup> sec, exp. en NO <sub>2</sub> )	500	1000	59	343,2	984	15	25,4 %	0 %
Poussières (mg /Nm <sup>3</sup> )	100	100	9	2,8	5,7	0	0 %	0 %
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> hors méthane (mg C/Nm <sup>3</sup> )	150	150	8	5,1	9,6	0	0 %	0 %

On remarque que les dépassements pour les NO<sub>x</sub> et surtout le CO sont relativement fréquents si l'on considère la valeur de référence V1 la plus sévère (valable pour les grosses installations). Il n'y a aucun dépassement des normes, plus permissives, proposées pour les installations de taille plus modeste. La plupart des C.E.T. n'atteignent pas, même en combinant la puissance totale des moteurs, la limite de 3 MW. On peut donc dire que **globalement les installations du réseau fonctionnent de manière correcte**. Néanmoins, l'amélioration de la qualité des émissions de ces moteurs doit être considérée, encore aujourd'hui, comme un but à atteindre, notamment dans le cadre des procédures de management environnemental (EMAS) mises en route chez la plupart des exploitants. Du point de vue de la surveillance, la détermination fiable du paramètre hydrocarbures non méthaniques (basée sur des mesures du méthane et des hydrocarbures totaux) est un objectif impératif à atteindre à très court terme et ce, même si les résultats obtenus par l'ISSeP de 2005 à 2007 (corroborés par ceux des autocontrôles) sont nettement sous la norme.

A titre indicatif, le Tableau 9 reprend un comparatif moteur-torchère du point de vue des "rendements de combustion". Ce rendement R<sub>x</sub>, est défini, pour le composé X, comme étant par le rapport suivant, exprimé en pourcents :

$$R_x \equiv 1 - \frac{MED[X]_{fumée} \cdot TD}{MED[X]_{biogaz}}$$

TD représente le taux de dilution (par entrée d'air nécessaire à la combustion) et est calculé par campagne, sur base des débits mesurés à l'entrée des moteurs, dans leurs cheminées et/ou dans celles des torchères. Les valeurs moyennes de ces taux de dilution ( $TD_m$ ) sont respectivement de 6,6 et 7,6 pour ces deux unités de traitement.

Dans le cadre d'une première évaluation des rendements de combustion, ce sont ces  $TD_m$  qui ont été utilisés dans la formule ci-dessus. Elle a été appliquée pour un set restreint de paramètres (alcane, alcènes, BTEX et chlorés) tirés de la liste exhaustive présentée quant à elle à l'Annexe 3.

**Tableau 9 : Moteurs et torchères - rendements de combustion**

	Unités	Biogaz	Émissions Moteurs			Émissions Torchères			$M_m/M_t$
			$TD_m$ moteur = 6,6			$TD_m$ torchère = 7,6			
			$M_b$	$MED_{mes,m}$	$MED_{cor,m}$	$R_{x,m}$	$MED_{mes,t}$	$MED_{cor,t}$	
$\Sigma$ Alcane	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3 \text{ sec}$	25353	11,5	75,8	99,7 %	1,24	9,4	99,9 %	8,04
$\Sigma$ Alcènes	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3 \text{ sec}$	8183	7,19	47,4	99,4 %	0,8	6,1	99,9 %	7,80
Benzène	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3 \text{ sec}$	1661	14,39	94,9	94,2 %	0,36	2,7	99,8 %	34,67
BTEX	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3 \text{ sec}$	33386	29	191,2	99,4 %	2,07	15,7	99,9 %	12,15
VC	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3 \text{ sec}$	339	0,05	0,3	99,9 %	0,05	0,4	99,8 %	0,87
$\Sigma$ Chlorés	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3 \text{ sec}$	1739	3	19,8	98,8 %	0,5	3,8	99,7 %	5,20

**Légende**

$M_b$ médiane des concentrations dans les biogaz	
$M_{mes,m}$ médianes des concentrations mesurées dans les fumées de moteurs (donc "après dilution")	$M_{mes,t}$ médianes des concentrations mesurées dans les fumées de torchères (donc "après dilution")
$M_{cor,m}$ médianes des concentrations corrigées pour les fumées de moteurs (donc "avant dilution")	$M_{cor,t}$ médianes des concentrations corrigées pour les fumées de torchères (donc "avant dilution")
$R_m$ rendement de combustion médian des moteurs	$R_t$ Rendement de combustion médian des torchères

Le Tableau 9 montre que la combustion dans les moteurs élimine en moyenne plus de 94 % du benzène, plus de 98 % des hydrocarbures chlorés (DCM, DCA et TCA étant les plus "récalcitrants" : voir annexe 3) et au moins 99 % des autres hydrocarbures dosés. Au niveau des torchères, les rapports de concentrations "sortie/entrée" peuvent être considérés comme négligeables ; les rendements de combustion mesurés sont en moyenne supérieurs à 99 % quels que soient les composés envisagés. En fonction de ces derniers, les concentrations médianes calculées pour les fumées des moteurs sont de 1 à 30 fois supérieures à celles calculées pour les torchères. Ce constat est assez logique étant donné que la température de flamme est nettement supérieure dans une torchère, ce qui diminue les quantités d'imbrûlés. Cet avantage apparent de la torchère ne doit toutefois pas oblitérer le fait que le moteur permet de valoriser la combustion pour la production d'électricité alors que la torchère détruit simplement le gaz.

Il est intéressant de constater que le benzène est très clairement le composé le plus problématique pour les moteurs alors que, pour les torchères, cette persistance dans les émissions est moins flagrante. Cela se traduit par une très forte différence de rendement entre torchères et moteurs pour ce paramètre. Par ailleurs, le chlorure de vinyle est le composé qui présente la plus faible différence de rendement entre torchères et moteurs.

L'ISSeP n'a pas encore réalisé de recherche pour tenter d'expliquer la cause de ces deux dernières observations.

## 7.4 Perspectives

Pour le futur, l'ISSeP essaiera d'affiner systématiquement sa recherche d'informations auprès de l'exploitant à propos des conditions et paramètres de fonctionnement des unités de traitement de biogaz. Les réponses aux questions suivantes pourront certainement aider à mieux interpréter les

résultats d'analyse fournis par la cellule Qualité de l'air lors de la rédaction des rapports de campagne :

- date du dernier et du prochain entretien des moteurs ;
- nombre d'heures de fonctionnement des moteurs et/ou des torchères ;
- raisons des périodes d'interruption (défaillance technique, quantité ou qualité du biogaz) et solutions apportées ;
- débits de biogaz traités en moteurs et/ou en torchères ;
- débits d'émissions des fumées (en vue de déterminer des flux de polluants vers l'atmosphère) ;
- ....

## 8 ÉMISSIONS SURFACIQUES DE BIOGAZ

### 8.1 Méthodologie

Jusqu'en 2008, une méthode simplifiée, basée uniquement sur des mesures de concentrations à la surface des zones d'enfouissement, était appliquée pour évaluer l'ampleur des émissions de biogaz d'un C.E.T. Des cartes d'iso-teneurs étaient dressées par traitement géostatistique (krigeage linéaire) des données ponctuelles de concentrations relevées sur le terrain. Cette méthode qualitative, décrite dans le rapport annuel "Air" de 2009 et dans la fiche technique *CET-air02-méthodes* <sup>[10]</sup>, fait aujourd'hui partie intégrante d'un nouveau protocole d'investigation plus poussé.

Depuis 2009, l'étude des émissions surfaciques inclut des mesures de concentrations et des **mesures de flux** qui, combinées entre elles via un traitement géostatistique beaucoup plus poussé, permettent d'estimer la **quantité totale de biogaz** qui s'échappe des déchets au travers des couvertures définitives ou provisoires des zones d'enfouissement (voir rapport Kidova - Ephesia Consult <sup>[11]</sup>). Cette méthodologie a été développée par l'ISSeP, en partenariat avec des experts en matière de mesure des flux, l'INERIS (Institut National de l'Environnement industriel et des RISques), et en matière de géostatistiques, KIDOVA (anciennement FSS International r&d).

La stratégie désormais appliquée se déroule en trois phases successives, dont les objectifs respectifs sont détaillés aux paragraphes suivants :

- Phase I : Préparation de la campagne ;
- Phase II : Reconnaissance qualitative préliminaire ;
- Phase III : Cartographie des flux.

#### 8.1.1 Phase I : Préparation de la campagne

La préparation de la campagne a pour objectif principal de donner l'image la plus claire possible du site en son état actuel. Il s'agit de rassembler toutes les informations historiques, visuelles et cartographiques permettant de :

- connaître l'extension et la topographie précises du C.E.T. pour repérer les zones planes, les talus et les zones de ruptures de pente ;
- caractériser chaque zone selon l'âge et la nature des déchets, leur épaisseur ou encore le type de couverture (définitive, provisoire, absente, naturelle) ;
- positionner les puits de dégazage ainsi que le réseau de drains pour le biogaz ;
- repérer les anomalies éventuelles dans la végétation, dont seraient responsables d'éventuelles fuites de biogaz.

## 8.1.2 Phase II : Reconnaissance qualitative préliminaire

L'objectif de cette première phase de mesure est d'obtenir une image rapide et globale des émissions de biogaz (carte d'isoconcentrations) sur l'ensemble du C.E.T. au moyen de la "méthode d'évaluation qualitative" (voir la fiche technique *CET-air02-méthodes* du dossier technique <sup>[10]</sup>) et résumée ci-dessous. Cette méthodologie a évolué au cours des différentes campagnes, au fil de l'expérience acquise, suite aux interprétations successives des résultats et du perfectionnement des appareillages dont dispose l'Institut.

### A. Appareillage

Pour la mesure des émissions surfaciques, l'ISSeP travaille avec un appareil portable équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) – Portafid M3K (Sewerin) permettant une mesure du méthane et avec un analyseur infrarouge (IR) de type Ecoprobe (RS Dynamics) permettant une mesure séparée du méthane, des hydrocarbures totaux (TP) et du CO<sub>2</sub>. Bien que l'utilisation du premier devienne plus sporadique, certains sites font ou feront encore l'objet de mesure avec cet appareil.

Les mesures effectuées avec le FID (Portafid M3K) et l'analyseur IR (Ecoprobe) sont simultanées. Les deux appareils sont reliés (via une bifurcation en Y) à la canne-cloche de prélèvement au moyen d'un tube en tuyau en teflon. La valeur (CH<sub>4</sub>) prise en compte pour le FID est la valeur maximale atteinte durant la période d'intégration de l'analyseur IR. Cette valeur est notée dans le carnet de terrain (le Portafid ne possède pas de mémoire interne). Les concentrations mesurées par l'Ecoprobe (pour le CH<sub>4</sub>, le CO<sub>2</sub> et les hydrocarbures totaux) sont enregistrées dans la mémoire de l'appareil.

Les points de mesure sont implantés à l'aide d'un GPS topographique Trimble 5700 ou R8 dont la précision peut, en conditions de couverture satellitaire optimale, atteindre le centimètre.

Les détails techniques de l'ensemble des appareils utilisés lors de cette phase de l'étude sont repris dans la fiche *CET-air02-méthodes*.

### B. Stratégie d'échantillonnage

Jusqu'en 2004, l'ISSeP ne possédait pas de GPS permettant de positionner de manière exacte chaque point de mesure individuellement. On procédait alors à un quadrillage (mailles carrées) tracé physiquement sur le terrain (cordeau) et dont on callait la position par rapport à des points de repère connus (puits de dégazage, bornes topographiques, ...). La position absolue des points de mesure n'était donc connue que de manière approximative.

De 2004 à 2005, un maillage théorique (toujours carré) était réalisé et les points de ce maillage étaient implantés sur site au moyen d'un GPS de précision. En fonction des observations, il était possible d'ajouter des points a posteriori en profitant de la souplesse de l'implantation par GPS.

Depuis 2006, les points de mesures sont toujours implantés à l'aide du GPS mais de manière aléatoire tout en respectant une maille d'environ 30 m sur la zone réhabilitée et 15 à 20 m ailleurs. Le maillage est renforcé en bordure de site mais aussi dans les zones où un dégazage a été mis en évidence lors des campagnes précédentes (hors zones en exploitation) et dans les zones de faiblesse potentielles (rupture de pente, discontinuité dans la couverture, végétation altérée, etc.). La densité de mesure est également augmentée (en réduisant l'espacement entre les points à environ 5 m) là où un dégazage supérieur à 1.000 ppm est constaté, afin de délimiter le plus précisément possible l'extension des zones d'émissions. L'opérateur s'appuie également sur les informations collectées lors de la préparation de la campagne (Phase I) et sur des indices de fuites directement constatés sur le terrain tels que :

- fissures dans la surface ;
- végétation altérée ;

- interfaces entre zones couvertes ;
- ruptures de pentes et bordures du site ;
- puits de pompage et point de monitoring ;
- jonctions dans le réseau de collecte du gaz ;
- passages d'un système de collecte de biogaz et / ou percolat aérien ou souterrain.

Une mesure est également prise à proximité immédiate de chaque puits de gaz ; ces valeurs, particulières, ne sont toutefois pas prises en compte pour la réalisation des cartes d'émissions surfaciques.

### **C. Traitement géostatistique des mesures de concentration**

Une fois les données collectées sur l'entièreté du site, elles sont reportées sur une carte. Leur cohérence avec les zones homogènes et les particularités définies lors de la phase de préparation est étudiée. Les résultats, exprimés en concentrations, sont alors traités par une méthode géostatistique appelée "krigeage linéaire".

En utilisant cette technique sur les concentrations en CH<sub>4</sub> et en CO<sub>2</sub>, il est possible de discerner des zones caractéristiques sur la surface du C.E.T., notamment celles où le dégazage est plus intense qu'ailleurs. Les cartes ainsi dressées ont un double objectif :

- elles peuvent être exploitées par le gestionnaire pour l'aider à limiter les émissions passives de biogaz (en réalisant des modifications ponctuelles de couverture et/ou en implantant des puits de pompage supplémentaires)
- elles peuvent être utilisées pour définir la stratégie d'échantillonnage de mesures des flux (Phase III).

Les courbes d'isoconcentration en méthane sont tracées à 100 ppm, 500 ppm et 1.000 ppm et celles en CO<sub>2</sub> sont tracées à 1.150 ppm, 2.000 ppm et 3.000 ppm (fixées sur base d'une étude préliminaire réalisée par l'Institut de la corrélation entre les concentrations en méthane et en CO<sub>2</sub>). Il en résulte des zones émissives, considérées comme homogènes, à partir desquelles est élaboré le plan d'échantillonnage prévisionnel de la Phase III.

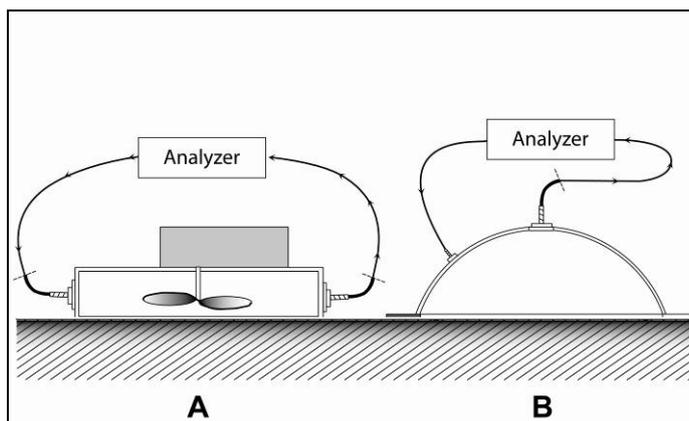
Pour rappel, les valeurs particulières relevées au droit des puits de biogaz ne sont pas prises en compte pour la réalisation des cartes d'émissions surfaciques.

### **8.1.3 Phase III : Cartographie des flux**

Une campagne de mesures des concentrations et des flux a lieu, pour un C.E.T., uniquement dans les zones d'émissions délimitées suite aux Phases I et II. Ces zones émissives résultent du croisement des données disponibles et des zones d'émissions surfaciques obtenues par krigeage pour lesquelles la concentration en CH<sub>4</sub> relevée est supérieure à 100 ppm.

#### **A. Appareillage**

Les campagnes de mesures lors de cette Phase III combinent des mesures de flux proprement dites (chambre statique Ineris) à des mesures simplifiées réalisées au moyen d'une cloche hémisphérique (cloche Odotech "modifiée") de dimension comparable à une chambre de flux mais dont le placement requiert moins de temps (voir Figure 1). Ces deux outils, chambre et cloche, sont connectés au détecteur IR (Ecoprobe) qui peut mesurer simultanément le CH<sub>4</sub>, le CO<sub>2</sub> et les hydrocarbures totaux (TP). Ce sont les pentes de concentrations mesurées successivement dans le temps au moyen de la cloche qui peuvent être corrélées de manière fiable aux mesures de flux.



**Figure 1 : Représentation des supports utilisés: chambre de flux INERIS (A) et cloche Odotech "modifiée" (B).**

L'implantation des points est assurée par un GPS Trimble 5700 ou R8 dont la précision peut, en conditions de couverture satellitaire optimale, atteindre le centimètre.

Les détails techniques de l'ensemble des appareils utilisés lors de cette phase de l'étude sont repris dans la fiche *CET-air02-méthodes*.

Pour aider à la compréhension, dans la suite du texte, les mesures réalisées au moyen de la cloche Odotech seront désignées par le terme "mesures de concentration" bien qu'il s'agisse, en fait, de mesures de flux simplifiées.

## B. Stratégie d'échantillonnage

Une fois la campagne de mesure des émissions surfaciques réalisée (Phase II), le C.E.T. est subdivisé en zones émissives, délimitées en fonction des courbes d'isoconcentration en méthane et des données disponibles collectées lors de la Phase I.

La densité minimale d'échantillonnage appliquée sur un C.E.T., que ce soit avec la cloche ou la chambre de flux, est déterminée sur base de la méthode décrite par l'UK-EA <sup>[12]</sup> et détaillée dans le rapport de Kidova - Ephesia Consult <sup>[11]</sup>. Le Tableau 10 reprend le nombre minimal de mesures de flux (avec la chambre Ineris) et de concentrations (avec la cloche Odotech) à effectuer, en fonction de la superficie d'une zone considérée comme homogène. Globalement, la proportion de ces deux types de mesure est de 1 pour 5 pour respectivement la chambre de flux Ineris et la cloche Odotech.

**Tableau 10 : Densité de mesures de flux et concentration préconisées**

Surface (ha)	UK-EA	ISSeP	
	Nombre flux	Nombre flux	Nombre concentrations
0,5	11	7	31
1	15	9	45
3	26	16	76
5	34	20	104
7	40	24	120

Une fois le nombre d'échantillons à collecter établi, il convient de les positionner au mieux : la stratégie de répartition géographique est définie selon des critères géostatistiques complexes. Sans entrer dans les détails, il s'agit d'optimiser le set de données pour qu'il soit à la fois représentatif de la réalité de terrain et exploitable pour les traitements statistiques ultérieurs.

Lors de chaque campagne, une station météorologique est installée sur le site investigué et ce, durant toute la session de mesures. Les variations de température et de vitesse du vent sont

enregistrées. Toutefois, à ce stade de l'étude, la manière dont les conditions météorologiques impactent les mesures n'est pas encore connue.

### C. Traitement géostatistique

**Dans le but de produire une cartographie** localisant de manière aussi précise que possible les zones de dégazage (cartes de flux), le set de données a fait l'objet d'un traitement statistique et géostatistique complexe. Ce travail a été réalisé par Kidova – Ephesia <sup>[11]</sup>. Sans entrer dans les détails, les données relatives aux canaux TP (total petroleum, hydrocarbures totaux) et méthane ne sont pas optimales pour le traitement appliqué en raison de l'impossibilité d'obtenir des distributions gaussiennes par des méthodes classiques et la difficulté d'exploiter les variogrammes ("effet de pépite pur"). Ces deux problèmes sont probablement, au moins partiellement, dus à la limite de détection trop élevée de la sonde IR (estimée et fixée à 300 ppm), qui induit un trop grand nombre de "0" dans le set de données. Une autre hypothèse pouvant être avancée pour expliquer la relativement faible proportion de CH<sub>4</sub> dans le flux surfacique de biogaz est une oxydation de ce dernier en CO<sub>2</sub> au passage de la couverture. Cette hypothèse reste cependant à confirmer et, dans l'état actuel des connaissances, il reste difficile de réaliser la modélisation spatiale des canaux CH<sub>4</sub> et TP.

Enfin, et cette fois pour les trois gaz, les relations entre flux et pentes de concentration sont très fortes et linéaires (coefficients de variation supérieurs à 0,9 sur les données non transformées).

La partie cartographique de l'étude (cokrigeage) se focalise donc sur le CO<sub>2</sub>. La méthodologie resterait applicable aux autres gaz, à condition de disposer de données mieux structurées spatialement.

#### Cartographie des flux en CO<sub>2</sub>

Les flux sont estimés par cokrigeage en utilisant les données de pentes de concentration comme variable auxiliaire. Les cartes des flux de CO<sub>2</sub> estimés peuvent ainsi être dressées.

#### Estimation du flux global moyen

Pour estimer les **flux globaux moyens**, on aurait pu travailler par intégration des cartes de flux obtenues ci-dessus. Mais étant donné que seul le CO<sub>2</sub> a permis l'obtention de cartes avec suffisamment de robustesse, Kidova - Ephesia a choisi d'utiliser une technique différente ne tenant pas compte de l'arrangement spatial des valeurs mais uniquement de leur histogramme de fréquence. La technique présentée ci-dessous convient donc pour l'ensemble des gaz analysés (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> et TP).

Cette technique, appelée "technique du rééchantillonnage" ou "*bootstrap*", a été mise en œuvre pour estimer le flux global moyen des trois gaz à l'échelle du C.E.T. Kidova - Ephesia a testé trois variantes du *bootstrap* <sup>[11]</sup> et montré que l'utilisation d'un jeu de données combinant mesures de flux et mesures de concentrations, avec une relation concentration-flux définie une fois pour toutes, était optimale.

Sans entrer dans les détails, la technique du *bootstrap* consiste à générer artificiellement des jeux de données simulés équivalents au jeu réel. Le nombre de jeux est choisi arbitrairement. Pour l'étude réalisé par Kidova - Ephesia sur le site de Mont-Saint-Guibert, 1.000 jeux ont été réalisés. Par *jeu simulé équivalent*, on entend un "tirage avec remise" au sein du jeu de valeurs réelles qui est répété autant de fois qu'il y a de données dans ledit jeu réel. On obtient alors autant de valeurs de statistiques que le nombre de jeux simulés (par exemple 1.000 moyennes), et on peut étudier la distribution de ces statistiques (par exemple : la moyenne des moyennes, la variance des moyennes,...).

Le but étant de calculer un "flux global moyen", il y a lieu de calculer pour chaque réalisation une seule valeur de flux, qui sera relative à la totalité de la surface du C.E.T. Pour y parvenir, le

*bootstrap* est réalisé de manière individuelle sur chaque zone. Par exemple, si la zone homogène 1 comporte 100 mesures de flux et/ou de concentrations, on tire 100 fois dans le jeu de données relatif à cette zone, et on calcule la moyenne (parce que le but est de calculer un flux moyen) des 100 valeurs tirées, et ce, en tenant compte du poids géostatistique de chaque valeur tirée (voir "poids de dégroupement" dans le rapport Kidova - Ephesia). Ce flux moyen local est considéré comme caractéristique de la zone homogène. Le "**flux global moyen**" est alors la moyenne des flux de chaque zone, pondérée par les surfaces relatives de ces zones rapportées à la surface totale du C.E.T. (y compris la partie à flux considéré comme nul). Ce calcul est réitéré 1.000 fois pour chacun des trois jeux de données réelles (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et TP). Au terme de ces opérations, trois distributions de flux globaux moyens sont obtenues et des statistiques sont établies (moyennes, écarts types, coefficients de variation, quantiles).

A titre d'information, les valeurs de flux peuvent être comparées aux **valeurs guides** de l'agence de l'environnement britannique UK-EA <sup>[12]</sup>.

Il est très important de souligner que ces valeurs guides britanniques s'appliquent exclusivement à des zones réhabilitées définitivement ou provisoirement et que leur utilisation suppose au préalable, le respect de conditions sur les mesures de concentration dans l'air à la surface des couvertures (1.000 ppm à proximité des puits de dégazage et 100 ppm ailleurs).

Les seuils de flux sont alors fixés comme suit :

- Zone réhabilitée définitivement : 0,001 mg CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>.s, soit 0,0014 ml/m<sup>2</sup>.s,
- Zone réhabilitée provisoirement : 0,1 mg CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>.s, soit 0,14 ml/m<sup>2</sup>.s.

Ils doivent être respectés individuellement par toutes les valeurs moyennes de flux de méthane mesurées dans chaque zone considérée par le plan d'échantillonnage.

In fine, sous réserve des précautions nécessaires et dans la limite des investigations de l'ISSeP, on peut estimer à partir de ces flux globaux moyens la **quantité de méthane totale** qui s'échapperait vers l'atmosphère **au cours d'une année**. Ces émissions surfaciques de méthane non valorisées sont non seulement un manque à gagner pour l'exploitant du C.E.T. mais ont aussi un certain impact sur le phénomène d'effet de serre. Ces pertes ne tiennent pas compte de la proportion non négligeable de méthane qui s'échappe de la surface, mais qui subit une oxydation en CO<sub>2</sub> lors de son passage au travers des couvertures provisoires.

## 8.2 Campagnes

Le Tableau 11 présente l'historique complet des campagnes de mesure des émissions surfaciques déjà réalisées sur les différents C.E.T. depuis 1999.

**Tableau 11 : Historique des campagnes de mesures d'émissions surfaciques réalisées par l'ISSeP**

	MSG	HAL	CAB	FRO	BEL	CRO	BEA	CHA	TEN	HAB	MAL	MOR
<b>1999</b>	FID (mca)	FID (mca)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>2000</b>	-	-	FID (mca)	FID (mca)	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	FID (mca)	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>2001</b>	FID (mca)	-	-	-	FID (mca)	FID (mca)	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	FID (DLat)	-	-	-	-	-	-
<b>2002</b>	-	FID (mca)	FID (mca)	-	-	FID (DLat)	FID (mca)	-	-	-	-	-
<b>2003</b>	-	-	-	FID (mca)	FID (mca)	FID (DLat)	-	-	-	-	-	-
<b>2004</b>	-	-	FID (mce)	-	-	FID (DLat)	FID (mca)	FID (mce)	FID (mce)	-	-	-
<b>2005</b>	FID (mce)	-	-	-	-	FID (mce)	-	FID (mce)	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	FID (DLat)	-	-	-	-	-	-
<b>2006</b>	-	FID (mue)	-	-	-	FID (DLat)	-	FID (mue)	-	FID (mue)	FID (mue)	ECO (mue)
<b>2007</b>	-	-	FID (mue)	FID (mue)	-	FID (DLat)	-	-	-	-	-	-
<b>2008</b>	-	-	-	-	-	FID (DLat)	Eco-Fx (mue)	-	-	-	-	-
<b>2009</b>	Eco-Fx (mue)	-	-	-	-	FID (DLat)	-	Eco-Fx (mue)	-	2 x Eco-Fx (mue)	-	FID (DLat)
<b>2010</b>	-	Eco-Fx (mue)	Eco-Fx	-	-	FID (DLat)	-	-	-	-	FID (mue)	-
<b>Prévu 2011</b>	-	Insp	-	-	-	FID (DLat)	Eco-Fx (mue) Insp	-	Eco-Fx (mue)	-	-	-

<b>Légende</b>	
FID	Campagne intégrant des mesures de concentrations au FID
Eco	Campagne intégrant des mesures de concentrations aux FID et Ecoprobe5
Fx	Campagne intégrant des mesures de flux (chambre Ineris et cloche Odotech) à l'Ecoprobe5
DLat	Détection de fuites latérales de biogaz par ceinture de puits
mca	Détection des émissions surfaciques selon un maillage carré approximatif
mce	Détection des émissions surfaciques selon un maillage carré exact (GPS)
mue	Détection des émissions surfaciques selon un maillage uniforme par zone et exact (GPS)
Insp	Campagne d'essai intégrant des mesures de concentrations et de flux (chambre Ineris et cloche Odotech) au moyen de l'Inspectra

Sans tenir compte de la surveillance régulière obligatoire sur les puits de gaz périphériques à Cronfestu (détection des fuites latérales), près de 35 campagnes de mesure des émissions surfaciques ont d'ores et déjà été réalisées jusqu'à aujourd'hui sur l'ensemble du Réseau. Cela correspond, en moyenne, à 3 campagnes par an. Tous les sites ont fait l'objet d'au moins une campagne complète et, sur certains d'entre eux, jusqu'à 5 campagnes de mesures successives ont été menées. Comme mentionné plus haut, depuis mi-2009, en plus des mesures de concentrations en méthane, des mesures de flux sont également effectuées sur chaque site investigué. Les résultats relatifs à ces deux types de mesures, concentrations et flux, sont présentés dans deux sections distinctes. En ce qui concerne les mesures des **concentrations**, les statistiques établies en 2009 sont mises à jour en tenant compte des dernières campagnes effectuées. Par contre, vu le peu de mesures de **flux** actuellement disponibles, les résultats de

quantification des flux de biogaz sont présentés à titre indicatif dans ce rapport. Ils serviront de point de comparaison pour les futures campagnes à venir.

## 8.3 Résultats

### 8.3.1 Mesures des concentrations

Le Tableau 12 donne un aperçu des résultats obtenus au fil des campagnes menées sur les 12 C.E.T. du réseau, désignés par les lettres A à L afin d'éviter toute comparaison hasardeuse. Il reprend le nombre de campagnes réalisées sur chaque site (dont les superficies totales sont mentionnées à titre indicatif), le nombre de mesures effectuées lors de la **dernière campagne** en date ainsi que les grandeurs de surfaces calculées en fonction de l'intensité du dégazage. Trois catégories de zones sont distinguées, qualifiées comme suit:

- Les zones "très émissives", où la concentration en méthane est supérieure 500 ppm ;
- Les zones "peu émissives", où la concentration est comprise entre 100 et 500 ppm ;
- Les zones "non émissives", où la concentration en méthane est inférieure à 100 ppm.

Les superficies ont été calculées en hectares, sur base de la dernière carte d'isoconcentrations dressée pour chaque site. Ces valeurs sont indicatives puisque, comme mentionné plus haut, elles sont tirées de courbes de concentrations calculées aux moyens de techniques géostatistiques, en constante évolution depuis les débuts du réseau de surveillance.

**Tableau 12 : Statistiques sur les émissions surfaciques à l'échelle du réseau**

	aire totale (ha)	Nb. tot. de campagnes	Date dernière campagne	Nb. de pts dernière campagne	Aire non émissive <sup>1</sup> (ha)	Aire peu émissive <sup>2</sup> (ha)	Aire très émissive <sup>3</sup> (ha)
A <sup>4</sup>	9,0	2	2003	250	9,0	0,0	0,0
B	23,5	4	2007	830	15,7	2,5	5,3
C	4,1	4	2009	380	3,6	0,4	0,1
D <sup>4</sup>	17,5	2	2005	470	16,7	0,6	0,2
E	11,8	3	2007	350	9,8	0,6	1,4
F <sup>5</sup>	13,3	4	2009	627	8,9	1,9	2,5
G <sup>6</sup>	17,2	4	2010	1.292	12,3	2,2	2,7
H	1,2	2	2010	200	1,2	0,0	0,0
I	8,5	3	2008	667	6,0	1,0	1,5
J <sup>4</sup>	1,9	2	2009	125	1,7	0,1	0,1
K	32,0	5	2009	1.154	29,4	1,9	1,2
L	14,0	2	2007	800	11,2	1,8	1,0
<b>Situation 2010</b>	<b>154,4</b>	<b>37</b>	-	<b>7.145</b>	<b>125,4</b>	<b>13,0</b>	<b>16,0</b>
<b>Situation 2009</b>	154,4	32	-	5.984	122,8	13,0	18,6
<b>Proportions de la surface totale 2010</b>					<b>81,2 %</b>	<b>8,4 %</b>	<b>10,4 %</b>
<b>Proportions de la surface totale 2009</b>					<b>79,6 %</b>	<b>8,4%</b>	<b>12,0 %</b>

<sup>1</sup> Concentration en méthane < 100 ppm

<sup>2</sup> 100 ppm < Concentration en méthane < 500 ppm

<sup>3</sup> Concentration en méthane > 500 ppm

<sup>4</sup> C.E.T. complètement réhabilité lors de la dernière campagne

<sup>5</sup> Cumul de deux campagnes (2006 et 2009) pour des zones différentes

<sup>6</sup> Campagne partielle (zone en exploitation inaccessible, valeurs extrapolées probablement surestimées)

Le Tableau 12 montre qu'en fonction de la taille des sites et de la proportion de zones réhabilitées, le nombre de points de prélèvement varie de 125 à près de 1.300 points. Il n'y a donc pas de relation linéaire entre le nombre de mesures et la superficie totale du C.E.T.

Depuis 1999, cela représente un total de plus de 7.000 points de mesures de concentrations en méthane sur l'ensemble du réseau.

Les valeurs actuelles donnent une image "instantanée" de l'étendue totale de zones émissives et, surtout, offrent une possibilité de suivre d'année en année l'évolution de ces dernières. Cela permet notamment de mesurer l'impact des actions correctrices prises par les exploitants et/ou de l'évolution de la maturation des déchets et/ou encore des variations de niveau d'activité sur les sites.

Sur la totalité des 154,4 ha que couvrent les 12 C.E.T. surveillés, la grande majorité de la surface est non émissive (125 ha soit 81 %). Les zones peu émissives cumulées atteignent au plus 13 ha, soit moins de 10 %. Enfin, les 16 ha qui restent (10 % environ) peuvent être qualifiés de "très émissifs". A quelques pourcents près, cet état des lieux est similaire à celui observé en 2009. La légère diminution de la superficie de zones qualifiées de fortement émissives (où la concentration mesurée en méthane est supérieure à 500 ppm) est en partie attribuable aux efforts fournis par les exploitants pour minimiser les émissions passives de biogaz (souvent sur base des recommandations de l'ISSeP) mais aussi à la réhabilitation progressive de certains C.E.T. dont l'autorisation d'exploiter arrive à échéance. L'interdiction de mise en décharge de fractions organiques depuis le 01 janvier 2010 impactera aussi certainement sur les quantités de biogaz produites par les déchets et indirectement sur les émissions de biogaz au travers des couches de couverture.

Il est toutefois important de préciser que la manière dont sont calculées les aires des zones émissives n'a pas toujours été aussi pertinente qu'actuellement. En effet, les stratégies d'échantillonnage établies pour les campagnes plus anciennes (jusqu'en 2004) préconisaient une taille de maille carrée qui ne tenaient pas spécialement compte des observations faites sur terrain. Les zones plus émissives n'étaient pas définies avec précision en raison d'une trop faible densité de points de mesure à proximité de certains endroits où les concentrations en méthane étaient élevées. En conséquence, les tracés des contours sur les cartes d'isoconcentration surévaluaient les proportions relatives des zones très émissives par rapport à celles peu émissives. L'optimisation de la stratégie d'échantillonnage au fil des années a permis de contourner, au moins partiellement, ce problème en réalisant un maillage uniforme sur des zones dont la couverture (finale ou provisoire) était considérée comme homogène et en resserrant celui-ci lorsque des concentrations en méthane importantes y étaient détectées. Cette délimitation en zones homogènes jette les bases de la phase de mesure des flux, dont les résultats sont présentés au point 8.3.2.

Les cartes d'isoconcentrations publiées par l'ISSeP ont souvent été utilisées par les exploitants comme outil pour optimiser le processus de confinement du biogaz et améliorer l'étanchéité de la couverture aux endroits de fuites ponctuelles ou dans les zones moins bien drainées par les puits de récupération des gaz. Certains travaux de couverture additionnelle ou de forages de puits complémentaires ont ainsi été initiés et/ou guidés par ces cartes. Les résultats de ces actions ont ensuite pu, ou pourront être, évalués via les campagnes de surveillance ultérieures.

Au terme de plus de 10 ans de surveillance, deux constats récurrents peuvent être faits :

- Les pentes abruptes, les ruptures de pente en bas et en sommet de talus et les jonctions entre cellules sont souvent le siège d'un dégazage plus intense qu'ailleurs. Ces fuites sont notamment les conséquences de la difficulté technique de mettre en œuvre dans ces zones une étanchéité correcte et/ou d'y implanter des puits de dégazage performants. Des chemins préférentiels de circulation de biogaz s'y développent, créant en surface des "points chauds". La présence de contraintes mécaniques plus importantes au sein d'un talus abrupt joue probablement aussi un rôle, en augmentant la perméabilité du matériau (microfissures notamment).
- Sur de nombreux sites, les espaces annulaires des puits de dégazage posent également des problèmes de fuites. Cette observation démontre qu'il est extrêmement délicat d'implanter des puits de dégazage: si l'étanchéité sommitale des puits est mal assurée, il n'est pas rare que la colonne de massif filtrant installée autour des puits devienne également une voie de dispersion non contrôlée de biogaz.

### 8.3.2 Mesures de flux

Dans le but de quantifier les émissions de biogaz perdues dans l'atmosphère, l'ISSeP, aidé d'experts en la matière, a progressivement mis au point une méthodologie spécifique de mesure des flux surfaciques de biogaz non collectés par le réseau de dégazage. Elle a été appliquée lors d'une campagne pilote menée sur un des C.E.T. du réseau en 2009. L'ensemble des données a fait l'objet d'un traitement géostatistique spécifique : une carte de flux de CO<sub>2</sub> a été dressée et des valeurs de flux globaux moyens en CO<sub>2</sub>, méthane et hydrocarbures totaux ont été calculées. Les statistiques les plus fiables, obtenues avec la technique du *bootstrap* sont présentées au Tableau 13.

**Tableau 13 : Statistiques (*bootstrap*) sur les flux globaux moyens en CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et TP (en ml/m<sup>2</sup>.s)**  
(source : Kidova-Ephesia<sup>[11]</sup>)

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	TP
<b>Moyenne</b>	<b>0,3931</b>	<b>0,2324</b>	<b>0,2189</b>
<b>Écart type</b>	0,1180	0,0994	0,0982
<b>Coefficient de variation</b>	0,3002	0,4274	0,4484
<b>Quantiles</b>			
<b>0,025</b>	0,2052	0,0696	0,0558
<b>0,25</b>	0,3033	0,1572	0,1456
<b>0,75</b>	0,4700	0,2959	0,2777
<b>0,95</b>	0,6504	0,4467	0,4294

Le flux global moyen calculé en CH<sub>4</sub> pour l'ensemble du C.E.T. étudié est supérieur à la valeur guide britannique<sup>[12]</sup> pour les zones réhabilitées provisoirement, à savoir 0,14 ml/m<sup>2</sup>.s, soit 0,1 mg CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>.s (voir 8.1.3, point C).

Il est toutefois du même ordre de grandeur que ce seuil et probablement surestimé étant donné que dans l'état actuel de la méthodologie, le calcul intègre la zone en exploitation, non encore recouverte d'un capping de type "réhabilitation provisoire".

Sur base de cette première étude pilote, il a été constaté que la contribution au flux global de la cellule en exploitation est majeure. Le calcul par *bootstrap* d'un flux global moyen rapporté cette fois aux seules cellules réhabilitées, conduirait certainement à un résultat très nettement inférieur et probablement proche de la conformité à la norme britannique.

A l'inverse, les zones à l'intérieur desquelles le flux mesuré est assimilé à zéro sont tributaires du seuil de détection de l'appareillage utilisé (300 ppm en concentration). Il est certain que le flux moyen réel de ces zones n'est pas strictement nul, mais, à l'heure actuelle, il n'est pas possible d'en évaluer précisément la contribution au dégazage global.

Au final, en l'absence de méthodes de calcul plus précises et/ou d'un appareillage de mesure plus sensible, le résultat obtenu peut être considéré comme une bonne approximation du flux global du C.E.T.

A titre indicatif, sous réserve des précautions nécessaires et dans la limite de nos investigations, il est possible de calculer à partir d'un flux global moyen la quantité totale de méthane qui serait perdue dans l'atmosphère au cours d'une année et d'en évaluer sa proportion par rapport à la quantité valorisée. Sur le site ayant fait l'objet de mesures de flux, approximativement 2.570.000 m<sup>3</sup> de méthane se sont échappés des couvertures provisoires et/ou définitives du C.E.T., ce qui correspond à environ 30 % du volume total produit par les déchets, en ne tenant pas compte de l'oxydation du méthane en CO<sub>2</sub> lorsqu'il diffuse au travers des couvertures provisoires. Cette estimation tient compte d'une composition moyenne de 50 % en méthane dans le biogaz.

Ces chiffres, bien que purement indicatifs, illustrent l'utilité de continuer les efforts de limitation des émissions surfaciques de biogaz (pompage, couverture,...) tant d'un point de vue environnemental qu'économique.

## 8.4 Perspectives

Depuis fin 2010, la cellule Déchets et Sites à Risques possède un Inspectra<sup>®</sup> Laser. Cet appareil est un détecteur ultra sensible et totalement sélectif au méthane qui utilise une technologie de détection par absorption de rayons infrarouges à l'aide d'une cellule de Herriot couplée à une diode laser réglable en fréquence. La combinaison de ces deux technologies en fait un outil très efficace, offrant une plage de mesure allant de **1 ppm à 100 % (v/v)** avec un temps de réponse quasi immédiat. Actuellement, les effluents gazeux (principalement le CH<sub>4</sub> et le CO<sub>2</sub>) émis de manière diffuse au travers de la couverture supérieure sont détectés et quantifiés au moyen de détecteurs portables de type FID (fonctionnant en mode destructif, dans une gamme de concentration de 10 à 11.500 ppm, soit de l'ordre de 1 % v/v) ou IR (fonctionnant en mode non destructif, dans une gamme de concentration de 300 à 500.000 ppm). L'acquisition du nouvel appareil s'inscrit dans le projet en cours de développement visant à quantifier avec le plus de précision possible les faibles flux de méthane en surface des C.E.T. Pour ce type de mesure, il est impératif de travailler avec un détecteur fonctionnant en mode **non destructif** (comme tel est le cas avec la technologie IR/laser) dans une gamme de détection s'étalant de 1 ppm à 100 % v/v. A terme, cet unique appareil devrait avoir les capacités de suppléer les deux autres pour la détection et la quantification du méthane dans toutes les gammes de concentrations. Des campagnes de tests de l'appareil sont en cours et se poursuivront tout au long de l'année 2011.

## 9 EVALUATION DES NUISANCES OLFACTIVES

### 9.1 Méthodologie générale - le "traçage d'odeurs sur le terrain"

Depuis 2000, les études de nuisances olfactives générées par les C.E.T. du réseau sont intégralement confiées à l'Université de Liège, Département des Sciences et de Gestion de l'Environnement (unité Surveillance de l'Environnement du Professeur Nicolas).

Il existe actuellement de nombreuses méthodes permettant de mesurer l'impact olfactif d'un site dans son environnement. Toutefois, bien qu'elles soient complémentaires, il est pratiquement impossible de les réaliser toutes conjointement, essentiellement pour une question de temps. Ainsi, dans une perspective d'évaluer la nuisance au niveau des riverains potentiellement gênés et vu le caractère diffus des sources odorantes sur un C.E.T., la méthode qui appréhende au mieux l'impact olfactif d'un site est celle du traçage d'odeurs sur le terrain (ou olfactométrie déambulatoire). Elle se base sur l'établissement, par des mesures qualitatives sur et aux alentours du site, d'une dizaine de **courbes de perception olfactive** correspondant chacune à un jour d'observations, et à partir desquelles un débit d'odeur moyen est estimé. Ce débit est ensuite utilisé avec le climat annuel moyen pour délimiter des **zones de nuisances**. Il s'agit de périmètres à l'intérieur desquels une odeur d'intensité définie (habituellement  $1 \text{uo}/\text{m}^3$ , ce qui correspond au seuil de perception olfactive) est statistiquement perçue à une fréquence donnée (habituellement plus de 2 % du temps = percentile 98). Un choix méthodologique primordial consiste à ne considérer que l'odeur de déchets frais et/ou l'odeur résultant d'une activité connexe au C.E.T. telle qu'un centre de compostage y attendant (cfr C.E.T. de Habay et de Tenneville) et/ou l'odeur générée par les rampes d'aspersion de produits neutralisants ou désodorisants (cfr C.E.T. de Hallembaye, de Cour-au-Bois et de Monceau-sur-Sambre).

#### 9.1.1 Courbes de perception olfactive

Les courbes de perception olfactive sont tracées à partir de mesures relevées par un panel d'observateurs-experts qui parcourent en équipe la région affectée par la pollution olfactive (traçage de l'odeur). Dans un premier temps, chaque observateur se déplace en zigzagant au travers du panache d'odeur, en général perpendiculairement à la direction du vent. Il note les endroits exacts où il ne perçoit plus l'odeur de la source. Chaque tour odeur dure une à deux heures. Des points "odeur" et des points "non-odeur" sont ainsi identifiés et positionnés sur une carte au moyen d'un GPS, en intégrant la moyenne des observations. Les points "odeur" sont ceux où une odeur émanant du C.E.T. est perçue au moment du passage de l'opérateur, parfois furtivement, mais confirmée par un second, voire un troisième passage. Un point "non odeur" n'est valide qu'après plusieurs passages durant la même période de mesures, confirmant l'absence d'odeur.

Les tours odeurs sont étalés dans le temps et si possible réalisés pour différentes conditions de climat et d'exploitation. Durant chaque période, les données météorologiques sont enregistrées (vitesse et direction du vent, humidité relative, température et radiation solaire). Chaque période ou tour odeur sera donc défini(e) par une date et un intervalle horaire, et caractérisé(e) par les paramètres météorologiques enregistrés.

Les résultats de chaque tour odeur sont introduits individuellement dans un modèle de dispersion bi-gaussien. La simulation vise alors à ajuster itérativement le débit d'émission d'odeur jusqu'à ce qu'il produise, dans les conditions météorologiques du moment, une courbe de perception calculée la plus proche de celle observée sur le terrain. A chaque tour odeur sont ainsi associés une courbe de perception olfactive et un débit d'émission caractéristique du jour où le tour odeur a été réalisé.

### 9.1.2 Principe "worst case"

L'expérience montre que l'origine principale des mauvaises odeurs est la manipulation des déchets. Or, celle-ci n'est effective que quelques heures durant la journée, lorsque le C.E.T. est en activité. C'est pourquoi les tours odeurs sont toujours effectués en période d'activité du C.E.T.

Par ailleurs, en raison notamment du relief accidenté aux alentours de certains C.E.T., les odeurs de déchets frais (ou autres lorsque tel est le cas) ne sont ni continues dans l'espace, ni constantes dans le temps. Elles peuvent survenir par bouffées et ne permettent pas toujours de définir rigoureusement une zone de perception. Un point où une odeur est perçue par bouffées est systématiquement indiqué comme point "odeur".

De ces deux choix méthodologiques, il résulte que, conformément aux principes de précaution des études environnementales, **la nuisance évaluée correspond à la pire des situations que l'on extrapole à une année entière, avec des zones de nuisances qui sont par conséquent systématiquement surévaluées.**

### 9.1.3 Zones de nuisances

Une fois que suffisamment de tours odeurs ont été réalisés et que les débits caractéristiques correspondants ont été ajustés, le débit d'odeur typique du site est calculé (moyenne arithmétique des débits caractéristiques). Ce débit typique est à nouveau introduit dans le modèle de dispersion en utilisant le "climat moyen" de la station du réseau synoptique de l'IRM la plus proche du C.E.T. Ce climat moyen est un ensemble d'occurrences de combinaisons de vitesses de vent, de directions de vent et de classes de stabilité, basé en général sur une trentaine d'années d'observations. Cette modélisation permet de calculer des **zones de nuisances**, aux approximations près dues à l'utilisation du climat moyen et aux limitations du modèle. Il s'agit de périmètres à l'intérieur desquels un riverain est soumis à une odeur d'intensité égale ou supérieure à  $I$  ( $\text{uo}/\text{m}^3$ ) durant plus de  $X$  % du temps, la valeur  $X$  étant égale à  $100-P$  avec  $P$  le percentile d'occurrence d'odeur.

Par exemple, en fixant  $I = 1 \text{ uo}/\text{m}^3$  (concentration d'odeur à la limite de perception du nez humain moyen) et  $X = 2$  (c'est-à-dire  $P = 98$ ), on peut calculer la **courbe de percentile 98 à  $1 \text{ uo}/\text{m}^3$** . Il s'agit d'une zone à l'intérieur de laquelle l'odeur est détectable par un nez humain moyen pendant plus de 2 % du temps (soit 175 heures sur l'année).

L'utilisation de cette courbe de percentile 98 à  $1 \text{ uo}/\text{m}^3$  comme estimateur de la zone de nuisances est une recommandation du Ministère néerlandais de l'Environnement, tout au moins pour les entreprises existantes. Plusieurs pays européens et le Canada se dirigent également vers une réglementation similaire à celle en vigueur en Hollande. En l'absence d'une réglementation belge définitive concernant les odeurs, l'ULg suit ce même principe dans ses rapports.

De récents résultats tendent cependant à démontrer que le niveau de nuisance pour une odeur de déchets n'est pas égal au seuil de perception de  $1 \text{ uo}/\text{m}^3$  mais serait proche de  $5 \text{ uo}/\text{m}^3$ . A nouveau, l'utilisation du P98 à  $1 \text{ uo}/\text{m}^3$  va donc dans le sens du principe de précaution.

## 9.2 Etudes complémentaires optionnelles

Conjointement à une campagne de mesure des odeurs par la méthode du traçage sur le terrain, d'autres approches sont parfois utilisées. La décision de les mettre en œuvre ou non dépend non seulement des caractéristiques spécifiques du site (site multisource, sources d'odeurs canalisées, ...) mais aussi de son environnement et/ou des résultats obtenus par la méthode habituellement mise en œuvre.

Dans le cadre du réseau de contrôle, l'ULg a déjà réalisé les compléments d'enquête suivants :

- caractérisation physicochimique d'échantillons d'odeurs ;

- étude de l'influence des conditions météorologiques ;
- modélisation tridimensionnelle de la dispersion des odeurs sous l'influence du relief ;
- adaptation de la méthodologie pour les sites combinés "enfouissement - compostage" ;
- évaluation de la concentration d'odeur par olfactométrie dynamique ;
- enquêtes auprès des riverains (vigies) ;
- mise en service de nez électroniques.

Ces différentes études complémentaires sont décrites de manière détaillée ci-dessous.

### 9.2.1 Analyses physicochimiques sur échantillons d'odeurs

Un appareil de prélèvement d'air est placé à proximité immédiate de la zone de déversement dans le but d'identifier les principaux composés chimiques générés par les déchets.

Les prélèvements sont réalisés simultanément sur deux cartouches adsorbantes, l'une en Tenax, particulièrement adaptée au piégeage des composés dont le nombre d'atomes de carbone est supérieur à 6 et l'autre en Tenax/Spherocarb, pour adsorber les plus petites molécules comportant de 3 à 6 atomes de carbone (notamment le benzène). L'air ambiant est prélevé, par temps sec, à deux mètres de la zone exploitée, en léger contrebas par rapport au niveau des déchets et "sous le vent", pendant qu'ils sont déversés et étalés. Ce type de prélèvement est donc représentatif non seulement de l'émission des déchets mais aussi de l'ensemble des émissions, y compris celles des engins travaillant sur la zone.

Les analyses sont généralement effectuées au laboratoire d'Arlon, au moyen d'un chromatographe en phase gazeuse (GC) couplé à un spectromètre de masse (MS), par thermo-désorption (TD) des composés piégés dans les cartouches (analyse TD-GC-MS). La technique d'analyse utilisée ne permet cependant pas d'identifier deux molécules souvent responsables des odeurs, à savoir l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) et le sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ). C'est pourquoi, complémentairement aux analyses TD-GC-MS, des tubes colorimétriques Dräger sont parfois utilisés (Monceau-sur-Sambre) pour le dosage de ces deux composés. Les analyses réalisées au laboratoire d'Arlon sont semi-quantitatives, c'est-à-dire que les divers contaminants ne sont pas dosés mais ils sont identifiés et leur abondance relative est calculée.

Cette technique a notamment été utilisée pour les dernières études sur les C.E.T. de Mont-Saint-Guibert, Tenneville, Beaumont, Habay et Malvoisin.

### 9.2.2 Influence des conditions météorologiques

Il s'agit d'utiliser un algorithme permettant d'estimer la classe de stabilité du climat pendant la durée des observations et de mesurer l'influence de ces classes sur la quantification du flux d'odeur.

La méthode se base sur la mesure de la radiation solaire (en  $\text{W}/\text{m}^2$ ) et de la vitesse du vent (en  $\text{m}/\text{s}$ ). Les valeurs correspondant à ces deux variables sont classées en intervalles de valeurs. Chaque classe de stabilité est définie par des croisements d'intervalles de radiation solaire et de vitesse du vent (selon le schéma de Pasquill) et est applicable durant la journée.

Par exemple, l'étude réalisée par l'ULg à Mont-Saint-Guibert en 2005 a permis de constater qu'entre les valeurs extrêmes de classes de stabilité, le débit d'odeur estimé peut être multiplié par un facteur proche de 30.

### 9.2.3 Etude tridimensionnelle et effets du relief

Afin d'évaluer les influences potentielles du relief de l'environnement immédiat d'un site, l'ULg a tenté de modéliser la dispersion du panache en 3 dimensions, avec le logiciel ADMS4

(Numtech). Il s'agit d'un modèle de simulation de la dispersion atmosphérique de type bi-gaussien de deuxième génération. L'un des points forts de ADMS4 est de ne plus décrire la stabilité de l'atmosphère à l'aide des classes de Pasquill-Gifford (utilisées depuis les années 60), mais plutôt grâce à des paramètres physiques variant de façon continue et permettant de caractériser le niveau de turbulence atmosphérique dans les 3 dimensions.

Cette nouvelle approche, appelée "théorie de la similitude" présente deux avantages majeurs en ce sens qu'elle fournit :

- une description continue de l'atmosphère, et non plus sous forme de classes limitant le nombre de situations météorologiques ;
- une description verticale de l'atmosphère, prenant en compte la turbulence atmosphérique générée par le frottement du vent au sol et le réchauffement de la surface par le rayonnement solaire. La couche atmosphérique n'est donc plus considérée comme une couche homogène ; les paramètres de dispersion varient dans les 3 dimensions.

De plus, le modèle utilise un pré-processeur météorologique qui recalcule les profils verticaux des paramètres météorologiques (vent, température, turbulence) à partir des données de surface fournies par les stations météorologiques synoptiques et des paramètres du site (occupation des sols et topographie). Une fois les profils verticaux établis, ADMS peut simuler la dispersion des panaches.

Par rapport au logiciel Tropos utilisé en routine pour évaluer les panaches en 2D, ADMS intègre un modèle d'écoulement diagnostique, FLOWSTAR, qui calcule au besoin les champs de vent et de turbulence en 3D. Contrairement aux modèles gaussiens classiques, qui ne prennent généralement en compte le relief que de façon très grossière (en réévaluant de façon approximative la hauteur des panaches par rapport au sol, avec un vent constant sur tout le domaine), ADMS permet, par exemple, de mettre en évidence la déviation d'un panache due à un obstacle ou à un effet de couloir.

Ce modèle est un bon compromis entre un logiciel gaussien de première génération, qui reste très approximatif pour des sites complexes, et un logiciel eulérien 3D qui résout toutes les équations de la mécanique des fluides dans un réseau maillé mais qui est très lourd au niveau du paramétrage et du temps de calcul.

Le choix du logiciel est également guidé par sa validation au niveau international, notamment grâce à l'outil européen d'évaluation "Model Validation Kit".

Dans ces études intégrant une modélisation tridimensionnelle, l'ULg donne une liste non exhaustive d'effets possibles du relief sur la direction et la vitesse des déplacements d'air, et donc sur la forme et la taille du panache d'odeurs. A titre informatif et pour une description complète de ces effets, le lecteur peut consulter les pages 29 à 32 du rapport de la seconde campagne de mesure de odeurs sur le C.E.T. d'Hallembaye, publié en 2006 ([http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/02hal/2\\_4et.htm](http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/02hal/2_4et.htm)).

L'ULg insiste sur le fait que le relief, et particulièrement les obstacles, peuvent parfois fortement influencer la propagation du panache de manière locale. Néanmoins, à l'échelle de travail d'une étude sur un C.E.T., c'est-à-dire sur une zone s'étendant de 1 à 4 km environ autour de la source, les effets très locaux, comme la perturbation due à un bâtiment, à une haie... peuvent être négligés. L'objectif est en effet de définir une zone globale d'influence. Si la taille de cette zone est importante pour évaluer le nombre de riverains potentiellement gênés, la détermination rigoureuse de sa forme n'est quant à elle pas nécessairement requise. De très légères variations locales dues à la présence d'obstacles particuliers pourront être assimilées aux imprécisions engendrées par les incertitudes diverses.

Une méthodologie particulière nécessite cependant d'être mise en œuvre lors des tours odeurs lorsque le relief est accidenté. Il s'agit de ne pas se limiter à un seul point "non odeur" pour

délimiter le panache, mais de rechercher les odeurs plus en aval en tentant de prédire les effets dus au relief. Cette adaptation requiert essentiellement du bon sens et surtout une longue expérience dans cet exercice des tours odeurs.

En plus de celles réalisées sur le C.E.T. d'Hallembaye (en 2006 et 2010), des modélisations 3D ont récemment été mises en œuvre lors de la campagne à Beaumont en 2008 et à Mont-Saint-Guibert en 2009.

#### 9.2.4 Adaptation de la méthode aux sites mixtes C.E.T. /centre de compostage

Un premier choix méthodologique consiste généralement à ne considérer que l'odeur de déchets frais. Ce choix est justifié par les constatations de terrain : l'odeur principale perçue aux alentours d'un C.E.T. est pratiquement toujours celle générée par les déchets frais, notamment lorsqu'ils sont déversés et remués par les engins de manutention. D'autres odeurs peuvent être également perceptibles : odeurs de biogaz, de percolats, de compost... qui sont facilement identifiables et différenciables de l'odeur de déchets frais.

L'expérience des campagnes de mesures confirme que c'est bien l'odeur de déchets qui est la plus présente et la plus gênante (dans l'espace et dans le temps) lorsque l'on s'éloigne un peu des sources spécifiques. En outre, les autres odeurs étant beaucoup plus occasionnelles et souvent dues à des problèmes d'exploitation (fuites dans les réseaux de récupération du biogaz par exemple), il est pratiquement impossible d'en modéliser les émissions. Par ailleurs, elles sont très souvent limitées à l'intérieur même du site.

La situation est un peu différente dans les cas spécifiques des C.E.T. de Habay et Tenneville. Sur ces sites, l'odeur des centres de compostage attenants aux C.E.T. supplante en général celle émanant des déchets mis en décharge. Cette odeur de compost a été prise en compte lors des campagnes de mesure des odeurs, puisqu'il s'agit d'une odeur résultant d'une activité liée à l'exploitation du C.E.T.

#### 9.2.5 Evaluation de la concentration d'odeur par olfactométrie dynamique

L'olfactométrie dynamique permet d'évaluer, selon la norme européenne EN 13725, la variable **concentration d'odeur** d'un échantillon prélevé dans un sac inerte en Tedlar. La mesure se fait à l'aide d'un olfactomètre et d'un jury de nez humains dans un local adapté. Les membres du jury sont préalablement "testés" au moyen d'un composé standard odorant, le *n*-butanol ; ils sont soumis à une séquence de dilutions de l'alcool avec un gaz neutre (du plus dilué au moins dilué) afin d'obtenir une estimation des seuils de détection individuels. Sur base de la moyenne géométrique de ceux-ci, le facteur de dilution expérimental est déterminé et comparé au facteur de dilution réel de l'échantillon standard.

La valeur de la concentration d'odeur correspond à ce facteur de dilution. Par exemple, si l'échantillon a du être dilué 1.000 fois pour atteindre ce seuil de détection, sa concentration d'odeur sera, en moyenne pour les membres d'un jury, de 1.000 unités odeur européennes par m<sup>3</sup> (ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>). En conséquence, on en déduit également la notion essentielle suivante : 1 ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup> est la concentration d'odeur correspondant à la limite de perception d'un nez moyen pour une odeur donnée. La concentration d'odeur s'exprime donc ensuite en termes de multiples du seuil de détection. L'étendue de mesure va en général de 10<sup>1</sup> ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup> à 10<sup>7</sup> ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup> (y compris la prédilution).

La mesure est réalisée grâce à un olfactomètre dynamique dont la procédure est la suivante : après être mélangé à un flux d'air inodore, le flux d'échantillon dilué avec précision est présenté aux sujets par l'intermédiaire de masques d'inhalation. Différentes dilutions sont ainsi soumises au jury. Le déroulement de l'étude est de partir d'une dilution élevée, puis de présenter au jury des concentrations croissantes selon une progression géométrique d'ordre 2. La réponse des assesseurs est dite "à choix forcé", c'est-à-dire que chaque personne a le choix entre trois ports

de flairage, l'odeur diluée n'étant présente que dans un seul. L'olfactomètre utilisé est l'appareil ODILE de la firme canadienne Odotech.

Le mode de prélèvement sur terrain consiste à remplir d'air odorant un sac de 60 à 80 litres en Tedlar. Le sac est placé dans un caisson rigide mis en dépression par une pompe. La prise d'air vers l'ambiance est un tuyau en téflon connecté au sac. Celui-ci se gonfle donc par simple différence de pression, sans contact avec la pompe. La durée du prélèvement est généralement fixée à une dizaine de minutes.

De tels compléments d'étude ont récemment été réalisés lors des campagnes à Malvoisin en 2007 et à Monceau-sur-Sambre (Champ de Beaumont) en 2008.

### 9.2.6 Enquêtes par questionnaires auprès des riverains

L'enquête auprès de la population constitue un bon moyen d'investigation pour évaluer la gêne ou la nuisance d'une source d'odeur chez les riverains. Dans ce cadre, il est toutefois essentiel de bien cibler les questions, de manière à obtenir des réponses aussi peu biaisées que possible. Ainsi, il n'est pas inutile de "détourner" l'attention de la personne interrogée, en lui posant des questions sur d'autres types de nuisances, comme la nuisance sonore par exemple, et de lui demander de comparer les deux.

C'est le sens de la recommandation allemande VDI 3883 (part 1) "*Effects and assessment of odours, psychometric assessment of odour annoyance*" dont s'inspire l'ULg dans ses études. L'objectif de la VDI 3883 est d'évaluer, en faisant appel aux riverains, l'importance de la nuisance dans une zone géographique donnée et de comparer la nuisance de différentes zones, en vue d'en déterminer une situation moyenne. Elle n'a pas pour objectif le suivi continu de la nuisance en fonction du temps. Le questionnaire qu'elle propose porte donc sur la situation générale. La nuisance considérée ici est la nuisance perçue par la communauté sondée. Elle est évaluée par le pourcentage de personnes extrêmement gênées. Le questionnaire-type est constitué d'une quinzaine de questions générales sur le niveau de pollution du quartier (y compris le bruit), les effets de l'éventuelle pollution, la fréquence de celle-ci, le type d'odeur perçue... et d'un volet plus personnel destiné à caractériser les riverains, sous couvert d'anonymat. Le questionnaire proprement dit est accompagné d'une lettre de présentation ou directement proposé aux riverains par voie orale.

L'ULg a mené ce type d'enquête lors des études de Malvoisin et de Cour-au-Bois, toutes deux en 2007.

### 9.2.7 Riverains vigies

Cette méthode n'a jusqu'à présent été mise en œuvre que sur le C.E.T. de Cour-au-Bois. Il s'agit de confier à des riverains très consciencieux et participatifs, le soin de consigner à heures fixes et pendant de très longues périodes, leur perception ou absence de perception des odeurs. Dans le cas de Cour-au-Bois, plus de 1.000 observations régulières ont été consignées par les vigies et communiquées périodiquement à l'exploitant.

### 9.2.8 Nez électroniques

Afin de suivre en continu les émissions d'odeurs émanant des activités d'un centre de traitement de déchets (enfouissement, recyclage, tri, compostage, ...), l'ULg a concentré une partie de ses efforts pour mettre au point un système de senseurs capables de détecter des odeurs spécifiques et d'en enregistrer les variations temporelles. Ces **nez électroniques** sont équipés de capteurs rendus sélectifs à de grandes familles gazeuses au moment de leur fabrication (en incorporant des dopants, en modifiant la géométrie des électrodes, ...). Il est possible par exemple d'augmenter la sensibilité d'un premier capteur aux solvants organiques, d'un second aux acides gras, d'un troisième aux gaz combustibles, ... Le principe de la technique est de considérer comme réponse de l'instrument non pas chaque signal de chaque capteur envisagé séparément,

mais bien l'ensemble de tous les signaux enregistrés pour un nez électronique. L'image globale formée par la combinaison de ceux-ci constitue une véritable signature caractéristique d'une source odorante. Cette méthodologie repose donc sur une éducation préalable du nez à toutes les émissions gazeuses potentielles d'un site. Cet apprentissage conduit à l'élaboration d'un modèle de reconnaissance reliant une signature caractéristique à une atmosphère typique émise par une source définie. Sur le terrain, le nez électronique doit donc être capable de détecter l'émergence d'une émission gazeuse puis d'en reconnaître l'origine.

Outre cette reconnaissance qualitative, la phase d'apprentissage vise également à élaborer un modèle de prévision quantitative de la concentration de l'odeur. A chaque passage d'un échantillon sur le nez électronique, l'opérateur réalise une olfactométrie dynamique avec un panel de personnes triées sur le volet. Il peut ainsi calibrer un modèle qui permettra ensuite d'estimer la "force" de l'odeur à partir des signaux des capteurs.

Pratiquement, sur terrain, un réseau de nez électroniques est placé en périphérie du site de manière à ce que l'émergence d'une odeur identifiable soit toujours détectée et ce, quelle que soit la direction du vent. Un ordinateur central collecte les données de ces appareils, ainsi que celles d'une station météorologique. Après traitement des données en ligne, le système fournit en **temps réel**, l'occurrence d'un événement odeur, l'identification de sa source, sa "force" et la direction prévisible de sa propagation. L'exploitant peut ainsi être en mesure d'anticiper les éventuelles nuisances olfactives dans le voisinage.

L'ULg a réalisé les premiers essais pilotes dans le cadre de la campagne odeurs menée sur le C.E.T. d'Habay en 2009. Le choix de ce C.E.T. s'est justifié non seulement par la proximité géographique du site par rapport aux bâtiments de l'unité de recherche de l'ULg (campus d'Arlon) mais aussi par l'intérêt que pouvait présenter ce site multisource d'odeurs (compostage, enfouissement, tri, bio-séchage). Actuellement, des tests d'optimisation sont encore en cours à Habay avec une participation active de l'exploitant.

### 9.3 Campagnes

Le Tableau 14 recense l'ensemble des campagnes réalisées par le CERTECH (jusqu'en 2001) puis par l'ULg. Au total, 21 études réalisées selon la méthodologie de l'ULg, avec ou sans complément, ont été réalisées. Hormis à Froidchapelle, à Cronfestu, à Belderbusch et à Morialmé, qui sont des sites soit totalement réhabilités donc non générateurs d'odeurs, soit tellement isolés qu'aucun riverain ne peut subir de nuisance, l'ensemble des sites a d'ores et déjà fait l'objet de plus d'une campagne de surveillance. En moyenne, l'ULg se voit confier de 2 à 3 études par an, ce qui permet de revenir sur les sites pertinents tous les 3 ou 4 ans environ.

**Tableau 14 : Historique des campagnes de nuisances olfactives réalisées depuis 1999**

	MSG	HAL	CAB	FRO	BEL	CRO	BEA	CHA	TEN	HAB	MAL	MOR
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	SP-SD	SP										
2000	-	-	SP	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	TO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	TO	TO	-	-	-	TO-3D	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	TO	TO	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	TO-SD	-	-	-	TO-SD	TO	TO-3D	-	-	-
2005	TO	-	-	-	-	-	-	-	-	TO-ER	-	-
2006	-	TO-3D	-	-	-	-	-	TO	-	-	TO-ER	-
2007	-	-	TO	-	-	-	-	-	-	-	RV-ER	-
	-	-	ER-RV	-	-	-	-	-	-	-	SD	-
2008	-	-	-	-	-	-	TO-3D	-	TO-3D	-	RV-ER	-
	-	-	-	-	-	-	SD	-	SD-SP	-	-	-
2009	TO-ER-3D	-	-	-	-	-	-	-	-	TO-ER-NE-SD	-	-
2010	-	TO-3D-ER	TO-ER	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prévu 2011	-	-	-	-	-	-	TO-NE	-	TO-SP-SD (?)	-	-	-
Légende												
SP	Prélèvement à une source ponctuelle pour analyse olfactométrique											
SD	Prélèvement à une source diffuse (chambre de flux) pour analyses olfactométriques (analyses physico-chimiques ou olfactométrie dynamique)											
TO	Traçage d'odeurs (méthode ULg-FUL)											
3D	Modélisation 3D de la dispersion des odeurs											
ER	Enquête auprès des riverains par un questionnaire											
RV	Monitoring par un "riverain vigie"											
NE	Nez électroniques											

Le Tableau 14 montre clairement les initiatives de plus en plus fréquentes de l'ULg visant à diversifier les techniques mises en œuvre dans le domaine des odeurs au sens large (modélisation 3D, nez électroniques). Les campagnes les plus récentes démontrent clairement l'utilité et la complémentarité des approches. Par exemple, les résultats d'une longue surveillance par des riverains vigies (Cour-au-Bois, 2007) a permis de calibrer, par des observations objectives sur le terrain, les périmètres de nuisances. Ce travail semble montrer, comme cela a déjà été publié dans des articles spécialisés, que le seuil de nuisances réelles - c'est-à-dire la concentration d'odeurs à partir de laquelle les riverains, non seulement perçoivent l'odeur, mais la considèrent comme gênante, n'est pas égal à 1 uo/m<sup>3</sup> mais plutôt proche de 5 uo/m<sup>3</sup>.

## 9.4 Résultats

Le Tableau 15 regroupe les résultats obtenus lors des **dernières campagnes** en date réalisées par l'ULg (méthode du traçage odeurs sur terrain) sur les sites encore en activité ou en cours de réhabilitation. Il correspond à une mise à jour de la situation arrêtée en 2009 (voir rapport Annuel Air de 2009 <sup>[1]</sup>) en incluant les trois campagnes réalisées de début 2009 à mi-2010. Les C.E.T. réhabilités depuis plus de 5 ans (au nombre de trois), ayant démontré l'absence d'impact olfactif, n'ont plus été pris en compte pour dresser le bilan des nuisances en 2010. A titre comparatif, les deux dernières lignes du tableau restituent les résultats présentés dans le rapport annuel de 2009. A l'instar de ce dernier, les sites ont été symbolisés par les lettres de A à I et ce, de manière à éviter toute comparaison non pertinente entre eux.

**Tableau 15 : Statistiques sur les nuisances olfactives à l'échelle du réseau**

C.E.T	nb de camp.	Dernière campagne en date					
		année	débit (uo/s)			périmètre P98 à 1 uo/s	
			min	moy	max	Distance (m)	Superficie (km <sup>2</sup> )
A	3	oct-07	60.300	78.400	105.300	1.800	5
B	2	avr-06	45.700	120.600	182.000	1.500	9,5
C	1	juin-03	9.900	39.300	69.000	1.200	3
D	2	juil-09	59.700	109.600	159.930	700	5,7
E	3	juil-10	52.000	150.000	369.900	1.300	5,4
F	1	févr-07	8.000	21.800	46.800	800	1,4
G	3	mai-08	21.000	78.200	155.000	1.300	4,3
H	3	déc-09	25.600	55.700	92.500	1.250	2,3
I	3	nov-08	65.700	127.000	429.000	1.800	6
<b>Tot. 2010</b>	<b>21</b>	-	<b>347.900</b>	<b>780.600</b>	<b>1.609.430</b>	-	<b>43,1</b>
<b>Min 2010</b>	-	-	8.000	21.800	46.800	700	1,4
<b>Moy 2010</b>	-	-	38.600	86.700	178.800	1.300	4,8
<b>Max 2010</b>	-	-	65.700	150.000	429.000	1.800	9,5
Tot. 2008	18	-	409.700	1.088.100	2.375.300	-	65,6
Tot. 2007	16	-	355.200	1.203.100	3.656.300	-	76,9

Afin d'évaluer un impact olfactif global, les débits déterminés lors des campagnes reprises dans le Tableau 15 (sites réhabilités non inclus) ont été additionnés afin d'obtenir un **débit total d'odeurs** pour les activités d'enfouissement de déchets et de certaines activités connexes telles que le compostage, le bioséchage, la biométhanisation ou le séchage de boues (uniquement pour 2 des 12 sites). La même opération a été réalisée pour les **superficies des zones de nuisances**, ce qui permet d'estimer l'étendue cumulée des zones de nuisances olfactives générées par l'ensemble des sites implantés en Région wallonne.

On observe de cette manière que le débit total cumulé varie de minimum 348.000 à maximum 1.609.500 unités odeur par seconde pour les différents C.E.T. Sur base des dernières campagnes réalisées sur 9 des 12 C.E.T. du réseau, le débit cumulé des 9 C.E.T. réunis s'élève à environ 780.600 uo/s. La valeur moyenne générale d'émission d'odeur par C.E.T. s'évalue à environ 86.700 uo/s (valeur pondérée par les nombres de journées de mesures). Cependant, une variabilité importante de ce débit moyen par site est souvent observée entre tous les C.E.T., allant de 22.000 uo/s à plus de 120.600 uo/s. Celle-ci est inhérente non seulement à la méthode de mesure en tant que telle (perception des odeurs par le panel d'experts) mais aussi et surtout à une série de paramètres relatifs aux conditions d'exploitation (taille du site, capacité de traitement, étendue de la zone de déversement des déchets, nature des déchets, activités connexes, ...) et à l'implantation du site (topographie, écrans naturels, ...).

Comparativement à la situation arrêtée fin 2008 (reprise dans le rapport annuel de 2009 et à la ligne vert plus foncé du Tableau 15), force est de constater une amélioration notable de l'intensité des émissions odeurs des C.E.T. Celle-ci est principalement attribuable à plusieurs facteurs:

- la fermeture progressive des C.E.T. dont l'autorisation d'exploiter arrive à échéance (MAL, CHA) ;
- le changement de la nature des déchets acheminés en C.E.T. (plus de fractions organiques depuis janvier 2010) ;
- la diminution nette du volume de déchets à enfouir (concomitamment au développement de filières de valorisation/recyclage) ;
- les efforts continus de la plupart des exploitants à réduire leurs émissions olfactives par la mise en œuvre de systèmes neutralisant/masquant les odeurs ou d'actions visant à éviter leur propension dans l'atmosphère, de couverture des déchets frais par du compost, ...

À propos de ce dernier point, des modifications récentes apportées au mode de gestion des centres de compostage de Tenneville et Habay (arrêt des retournements d'andains) ont permis de diminuer les débits d'odeurs générés par ces derniers, clairement supérieurs à ceux des centres d'enfouissement. A ce jour, les deux sites ont fait l'objet d'une campagne odeur "post-amélioration". Des diminutions moyennes des émissions d'environ 60 et 70 % ont été observées pour les sites de Tenneville et Habay respectivement. Si l'on ajoute à cela la fermeture récente du site de Malvoisin et la diminution des activités à Froidchapelle, on peut raisonnablement affirmer que le niveau moyen du débit d'odeurs total généré par l'ensemble des C.E.T. du réseau est en nette décroissance depuis deux ans.

Etonnamment, le lien entre la taille des C.E.T. et l'étendue des zones de nuisances (périmètres P98) n'est pas toujours très net. Par contre, il est clair que les sites mixtes compostage/C.E.T. génèrent un flux d'odeur combiné plus important et donc des zones de nuisances plus étendues que les C.E.T. Les études de l'ULg ont également permis de démontrer, sur plus d'un site, que les rampes d'aspersion de produits neutralisants ou masquants, avaient pour effet d'augmenter les distances de perception des odeurs. Par exemple, les chiffres repris dans le Tableau 15 pour le C.E.T. de Beaumont n'intègrent que les flux d'odeurs de déchets frais. Si on considère que l'odeur de produits masquants est également gênante (notion subjective), on aurait, à Beaumont comme sur d'autres sites, des chiffres significativement plus élevés (jusqu'à + 60 % en débit et + 80 % en surface de zone de nuisances). Le choix de ne pas considérer cette source olfactive s'appuie sur le constat suivant : l'utilisation des rampes d'aspersion a pour effet de diminuer le nombre de plaintes et non de les augmenter. Ce constat semble démontrer par la pratique que l'effet des substances vaporisées dans l'air par les exploitants est bel et bien d'atténuer la nuisance et non de l'aggraver.

Les derniers constats intéressants mis en évidence par les chiffres globaux du Tableau 15 concernent l'étendue des zones de nuisances. La distance maximale de propagation des odeurs n'excède 2 km que dans de très rares cas. L'étendue totale du territoire que l'on peut qualifier de "potentiellement atteint" par des nuisances olfactives est de l'ordre de 43 km<sup>2</sup> (contre 65 km<sup>2</sup> en 2008), soit 0,25 % de la Wallonie. En pondérant ce résultat par la densité de population, nettement inférieure à la moyenne wallonne aux alentours des C.E.T., on obtiendrait une fraction encore plus faible en termes de proportion de la population gênée par les odeurs.

## 10 QUALITÉ DE L'AIR À L'IMMISSION

Par "qualité de l'air ambiant", on entend la "concentration de différents polluants dans l'air ambiant", c'est-à-dire l'addition de la pollution de fond et de la pollution résultant des émissions d'une installation. Les polluants pris en considération sont sélectionnés en fonction de la nature des activités et/ou des matériaux utilisés sur le site. La méthode d'investigation appliquée, similaire pour tous les C.E.T. en Région wallonne, permet de déterminer la pollution maximale engendrée par le C.E.T. dans son environnement proche ou à proximité des habitations voisines.

Celle-ci peut être appréhendée de deux façons distinctes, souvent complémentaires : par des prélèvements directs de l'air ambiant dans des tubes spécifiques ou au moyen de laboratoires mobiles déposés sur le site même ou dans son environnement proche.

### 10.1 Contrôles par prélèvements directs

Entre 1999 et 2001, des campagnes de prélèvement ont été réalisées à l'aide d'échantillonneurs automatiques, constitués de tubes à phases spécifiques Carbotrap équipés de pompes de prélèvements. Les composés adsorbés sur ces tubes dits "actifs" pendant des intervalles de 24 heures, sont ensuite désorbés thermiquement en laboratoire et analysés par chromatographie en phase gazeuse couplée à une détection par spectrométrie de masse (GC-MS). Cela permet de doser les hydrocarbures volatils, notamment les BTEX, et les hydrocarbures chlorés.

En 2007, une campagne de grande ampleur a été organisée sur le site de Cour-au-Bois selon un protocole légèrement modifié. Les échantillons n'ont plus été prélevés au moyen de tubes actifs, mais sur des tubes "passifs", dans lesquels l'air pénètre spontanément, au travers d'un matériau adsorbant tapissant l'intérieur du tube. Vu la lenteur du processus de diffusion et dans le but de pouvoir atteindre des concentrations supérieures aux seuils de détection de la GC-MS, ces tubes sont installés pour une période beaucoup plus longue dans l'environnement du C.E.T. (+/- 4 semaines, selon la nature des tubes).

En 2011, une campagne combinant l'utilisation de tubes passifs et actifs sera réalisée sur le site de Tenneville. L'intérêt de ce site réside dans la diversité et le nombre de sources potentielles de COV (dalle de compostage, sécheur de boues, C.E.T., unité de biométhanisation, hall de stockage de déchets, ...). Un emplacement judicieux de ces tubes permettra de mieux appréhender la nature et l'ampleur de la pollution émise par chacune des sources, considérées individuellement.

### 10.2 Surveillance par laboratoires mobiles

Depuis 1999, la qualité de l'air atmosphérique dans l'environnement proche des C.E.T. est étudiée via l'installation de laboratoires mobiles durant une période suffisante (au minimum 6 semaines) et à des emplacements judicieusement choisis. Ces cabines sont équipées de moniteurs analytiques permettant des mesures en continu de plusieurs paramètres ; l'une d'entre elles dispose par ailleurs d'une station météorologique.

Jusqu'à présent, les mesures étaient au moins réalisées en deux endroits situés directement en bordure du site étudié :

- le premier, situé en amont par rapport aux vents dominants, permettant de mesurer la pollution de fond pour la région ;
- le second, en aval immédiat, permettant de mesurer la pollution maximale engendrée par le C.E.T. dans son très proche environnement.

Lorsque cela se justifie, des laboratoires mobiles sont également stationnés à proximité des habitations privées en périphérie du site (campagnes riverains).

Depuis 2010, la notion de "cabine amont" et "cabine aval" relativement à la direction des vents dominants par rapport au C.E.T. a progressivement été abandonnée étant donné les variations considérables de direction de vents parfois observées au cours d'une même campagne de mesures. Dans pareille situation, la différence des concentrations des polluants dans l'air mesurée entre les deux cabines (bruit de fond *vs* pollution endogène) n'était pas représentative de l'impact réel du C.E.T. La nouvelle façon d'aborder la problématique "Qualité de l'air" consiste à calculer l'apport moyen d'un polluant dans une direction précise, celle du C.E.T. Pour cela, il faut définir pour chaque laboratoire mobile un "secteur C.E.T." englobant tous les directions de vent passant au-dessus de ce dernier avant d'atteindre la cabine. L'angle de ce secteur est fonction de l'emplacement de la cabine d'analyses et des limites géographiques du C.E.T. L'**apport global** du secteur "C.E.T." est défini comme étant la concentration moyenne des apports, calculée pour l'ensemble des directions de vents qu'il couvre. A l'inverse, pour la même cabine, le bruit de fond sera défini comme la moyenne des concentrations pour des directions de vents incluses dans le secteur "non C.E.T." (toutes les directions de vent ne passant pas au-dessus du C.E.T.). Ainsi, **une même cabine donne, à elle seule, une évaluation de l'impact du site**, par simple comparaison des concentrations obtenues dans les secteurs "C.E.T." et "non C.E.T."

Dans ce nouveau contexte interprétatif, l'implantation des cabines n'est plus choisie exclusivement par rapport à la direction des vents dominants mais tient compte de la position :

- des zones potentiellement plus polluantes (zones en exploitation) ;
- des cabines de l'exploitant (lorsqu'elles existent) ;
- des riverains potentiellement impactés par le site ("campagne riverains").

Pour un C.E.T., les paramètres suivants sont habituellement utilisés comme traceurs de la pollution atmosphérique générée par l'activité du site :

- le méthane (CH<sub>4</sub>), qui est un excellent traceur de l'évolution de la biodégradation des déchets organiques enfouis, et par conséquent de l'activité du C.E.T. ;
- le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S), servant de traceur pour les odeurs de biogaz ;
- les hydrocarbures aromatiques monocycliques légers (BTEX) et principalement le benzène et le toluène, importants pour l'analyse toxicologique ;
- le limonène et l' $\alpha$ -pinène (terpènes de formule brute C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>), traceurs de l'odeur de déchets frais.

En parallèle, des paramètres météorologiques sont mesurés en continu :

- la direction et la vitesse du vent ;
- la température et le degré d'humidité.

Outre la comparaison des valeurs moyennes mesurées à des normes internationales, la manière la plus parlante d'interpréter les résultats d'analyses collectés pendant la période de mesures est de représenter graphiquement les concentrations moyennes en fonction de la direction du vent ; il s'agit des **roses de pollution** (voir 10.4).

### 10.3 Méthodes d'analyses

Les méthodes d'analyses utilisées dans les laboratoires mobiles sont les suivantes :

- CH<sub>4</sub> : analyseur HC51M, détection par ionisation de flamme ;
- H<sub>2</sub>S : analyseur SO<sub>2</sub> avec rack convertisseur, analyseur AF21M (en 1999), analyseur 45C (2002), analyseur API-101A (2006), analyseur 45C (TEI) (2009), détection par fluorescence dans l'UV après filtration sélective du SO<sub>2</sub> puis conversion catalytique par un oxyde métallique ;
- BTEX et COV : analyseur Chrompack (1999), analyseur Syntech Spectras GC955 (2002), analyse par chromatographie (avec une préconcentration préalable) et détecteur PID ;
- NO et NO<sub>2</sub> : analyseur AC31M (1999), réaction de chemiluminescence du NO en présence d'ozone ;
- Poussières : analyseur MP101M ou MPSI100, mesure de la masse de poussières récoltées sur ruban de papier filtre par absorption sur papier Bêta.

Depuis 2001, les particules en suspension ne font plus l'objet d'analyses de routine lors des campagnes de contrôle de la qualité de l'air. De même, les derniers résultats relatifs à la mesure des oxydes d'azote (NO et NO<sub>x</sub>) remontent à 2003. Dans le courant 2011, les laboratoires mobiles seront équipés d'analyseurs permettant de mesurer le NH<sub>3</sub> (analyseurs NO/NO<sub>x</sub> équipés de convertisseur de NH<sub>3</sub>).

### 10.4 Méthodes interprétatives

La première démarche interprétative en matière de qualité de l'air consiste à comparer les valeurs mesurées à des normes internationalement reconnues (tant en termes de santé que de gêne olfactive). Quatre paramètres sont particulièrement importants et mesurables au vu de la méthodologie employée : l'existence de dépassements, leur importance, leur durée et leur fréquence. En fonction de ces paramètres, des recommandations peuvent être émises visant à minimiser ces dépassements.

La seconde fait appel à la notion de roses de pollution. Une rose de pollution est une représentation, pour une station et un polluant donnés, de la concentration moyenne en ce polluant associée à chaque direction du vent. On calcule, pour chaque secteur géographique, la moyenne des valeurs mesurées pour toutes les directions de vents correspondant à ce secteur. On obtient alors une répartition secteur par secteur, dont la valeur radiale est proportionnelle à la concentration du polluant arrivant au point de mesure lorsque le vent provient de la direction dudit secteur. Les roses sont réalisées après filtrages des données pour éliminer les concentrations mesurées en conditions de vent trop faible. Traditionnellement, et pour suivre les bonnes pratiques internationales en la matière, le seuil de 1 m/s est utilisé. Toutefois, le choix se porte parfois sur une représentation des roses avec un seuil à 0,5 m/s car ces dernières montraient des apports "C.E.T." non détectables sur les roses filtrées à 1 m/s. Dans le cadre de ce rapport, pour l'étude comparative des impacts d'année en année, en tenant compte des secteurs directionnels "C.E.T." et "non C.E.T." toutes les statistiques ont été recalculées avec un filtre fixé à 1 m/s.

Ces deux modes interprétatifs sont amplement détaillés dans le rapport annuel air de 2009 <sup>[1]</sup>.

Dans le cadre de cette mise à jour du rapport, l'accent sera mis sur le **nouveau contexte interprétatif** décrit plus haut, à savoir une évaluation de l'apport en polluants des secteurs "C.E.T." et "non C.E.T.", définis pour chaque laboratoire mobile, lors de chaque campagne et pour chaque site. Les résultats amassés depuis 1999 (date de la première campagne de mesure de la qualité de l'air sur les C.E.T. du Réseau) ont donc été exploités en ce sens. Les constats tirés de cette nouvelle analyse sont repris au point 10.6.2 (p 51).

## 10.5 Campagnes

Le Tableau 16 recense toutes les campagnes de surveillance de la qualité de l'air réalisées depuis 1999. Au total, 32 campagnes ont été menées de 1999 à 2010, au rythme moyen de 2 à 3 par an, ce qui permet de revenir sur chaque site tous les 3 à 4 ans. En fonction de la disposition des lieux, il est fréquent de déplacer les laboratoires mobiles durant une partie de la période de mesures afin de contrôler certaines cibles spécifiques (riverains proches). Il n'est dès lors pas rare que les campagnes comptent 3 ou quatre "stations", c'est-à-dire localisations du laboratoire mobile.

Jusqu'à fin 2010, 1 des 12 C.E.T. a fait l'objet de 5 campagnes consécutives dans le temps et 2 autres sites en comptabilisent 4. Ce suivi à long terme permet, pour des localisations de stations similaires, d'extraire des tendances quant à l'évolution temporelle de la qualité de l'air sur les différents sites étudiés. Comme déjà mentionné, la méthodologie a subi quelques ajustements au cours du temps. Les campagnes combinées laboratoires mobiles-échantillonneurs automatiques (tubes actifs) sont devenues très sporadiques à partir de 2002 et réalisées uniquement afin de répondre à des problématiques très spécifiques (campagnes de Cour-au-Bois en 2008). Dès 2003, les analyses de l' $\alpha$ -pinène et du limonène, composés odorants émis par les déchets frais, ont été ajoutées aux sets de paramètres contrôlés. A partir de 2011, les laboratoires seront équipés d'analyseurs permettant de doser l'ammoniac, un composé qui pourrait se trouver présent sur certains sites dont l'activité ne se limite pas sensu stricto à l'enfouissement des déchets (sites comportant une dalle de compostage, un centre de tri, un sécheur de boues de stations d'épuration, ...). Il est très probable que sur ces sites multisources, de nouveaux prélèvements sur tubes à charbon actif soient réalisés.

**Tableau 16 : Historique des campagnes d'analyses d'air extérieur réalisées par l'ISSeP**

	MSG	HAL	CAB	FRO	BEL	CRO	BEA	CHA	TEN	HAB	MAL	MOR
1999	2S/4P	2S/4P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4TPr	3TPr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	2S/4P	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	5TPr	2S/4P	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	3S/3P	-	-	-	2S/4P	1S3P	-	-	-	-	-	-
	1TPr	-	-	-	4TPr	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	2S/4P	2S/4P	-	-	-	2S/3P	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	2S/3P	2S/3P	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	2S/4P	-	-	-	2S/4P	2S/4P	2S/4P	-	-	-
2005	3S/4P	-	-	-	-	1S/3P	-	-	-	3S/4P	-	-
2006	-	2S/4P	-	-	-	-	-	-	-	-	2S/4P	2S/4P
2007	-	-	4S/4P	1S/4P	-	-	-	1S/1P	-	-	1S/1P	-
2008	-	-	15 TP	-	-	-	2S/4P	-	-	-	1S/1P	-
2009	3S/4P	-	-	-	-	-	-	-	-	3S/4P	-	-
2010	-	4S/4P	4S/4P	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prévu 2011	-	-	-	-	-	-	4S/4P	-	2S/4P x TP	-	-	-
Légende												
2S/4P	Analyse par laboratoire mobile, 2 stations, 4 paramètres ou groupes de paramètres											
3COVr	Prélèvement actif de COV chez les riverains et analyses labo, 3 points de prélèvement											
15TP	Prélèvement passif de COV et analyses labo, 15 points de prélèvement											

## 10.6 Résultats

### 10.6.1 Approche "classique"

En ajoutant les résultats enregistrés lors des deux campagnes de mesure de la qualité de l'air de 2010 à ceux obtenus depuis la mise sur pied du réseau de surveillance, il n'est apparu que d'infimes variations des statistiques globales. Pour rappel, dans cette approche, une distinction "absolue" entre positions amont et aval est faite (en fonction des vents dominants). Lorsque les laboratoires sont placés directement sur le C.E.T., à proximité des déchets, la position est classée dans la catégorie "aval".

Le Tableau 17 présente, pour rappel, les résultats pour quelques paramètres considérés comme représentatifs de la pollution générée par un C.E.T. ou présentant un risque sanitaire. Les trois dernières lignes du tableau donnent des informations sur des dépassements de "valeur guide" (VG dans le tableau). Pour le méthane, il s'agit de la concentration considérée comme normale dans un environnement exempt de pollution (1,35 mg/Nm<sup>3</sup>). Pour le sulfure d'hydrogène et le limonène, il s'agit des seuils olfactifs, donc les seuils à partir desquels il pourrait y avoir une gêne sensorielle pour les riverains. Pour le benzène, il s'agit de la valeur maximale admissible dans l'air (5 µg/m<sup>3</sup> depuis 2010) fixée par la Directive 2000/69/CE, traduite dans un AGW du 5/12/2002. Pour les poussières enfin, il s'agit du seuil limite fixé par la Directive 2008/50 sur la qualité de l'air en Europe, à ne pas dépasser plus de 35 jours par an, soit 10 % du temps environ.

**Tableau 17 : Statistiques 2009 sur les résultats d'analyses d'air extérieur à l'échelle du réseau**

	CH <sub>4</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> ) VG*=1,35		H <sub>2</sub> S (µg/Nm <sup>3</sup> ) VG=7		Benzène (µg/Nm <sup>3</sup> ) VG=5 (moy /an)		Limonène (µg/Nm <sup>3</sup> ) VG = 10		Poussières (µg/Nm <sup>3</sup> ) VG = 50 (35j/an)	
	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval
nb de campagnes	20	27	21	25	18	23	9	14	8	6,0
Moyenne Min	1,2	1,4	1,0	1,0	0,2	0,2	0,1	0,1	14,0	17,0
Moyenne	2,9	4,8	1,5	2,1	0,8	0,9	0,9	2,8	23,2	24,8
Moyenne Max	9,4	30,0	5,0	5,0	1,6	2,6	8,0	14,9	33,0	34,0
Maximum	100	96	157	62	37	257	139	442	217	196
> VG (%t) min	21%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%
> VG (%t) moy	58%	65%	2%	5%	0%	0%	4%	7%	10%	20%
> VG (%t) max	100%	100%	15%	21%	0%	0%	23%	40%	33%	38%

Les constats tirés de ces statistiques figurent dans le rapport annuel 2009. Ils peuvent être résumés comme ci-dessous.

Pour le méthane, sur base des concentrations moyennes en amont et en aval du C.E.T., une différence relativement faible de qualité d'air est observée. Cela ne signifie pas pour autant que les C.E.T. n'ont aucune influence sur la qualité de l'air, puisque les teneurs moyennes en méthane sont globalement plus importantes que le niveau de fond (1,35 mg/Nm<sup>3</sup>), et ce, dans les deux positions. Par contre, cela confirme que les notions mêmes d'amont et d'aval par rapport aux vents dominants telles que définies au début de la section 10.2 (et utilisées dans le rapport annuel précédent), n'ont pas de réelle signification. Il n'est en effet pas rare, malgré la durée importante des campagnes de mesures (minimum 6 semaines), que les vents enregistrés soient orientés dans une direction opposée aux vents dominants pendant une forte proportion du temps des mesures, rendant l'évaluation de l'impact du site nettement plus aléatoire. C'est la raison pour laquelle la notion d'apport de polluants des secteurs "C.E.T." et "non C.E.T." a été introduite dans la version actualisée de ce rapport pour l'exploitation des résultats collectés.

Le constat d'impact a été fait de manière très fréquente pour le méthane mais, la plupart du temps, jusqu'à des distances assez faibles des zones d'enfouissement, et de manière sporadique pour le H<sub>2</sub>S et le limonène. A l'inverse, il n'est pas rare que les campagnes de surveillance

révèlent la présence de sources polluantes extérieures aux C.E.T. Parfois, ces sources extérieures sont identifiables (par exemple, l'influence d'une voirie sur les concentrations en benzène, dues aux gaz d'échappement des véhicules ou celle d'un zoning industriel émettant des fumées chargées de composés semblables). Parfois elles demeurent inconnues.

En ce qui concerne les risques sanitaires, aucune campagne n'a permis d'en démontrer la présence aux alentours des C.E.T. Bien entendu, cette affirmation ne s'appuie que sur un set ciblé et limité d'analyses. L'extension de la surveillance à d'autres contaminants cités dans la littérature scientifique (notamment le chlorure de vinyle) est l'un des challenges pour le futur du Réseau. Ce projet fera prochainement l'objet d'une étude de faisabilité au sein de l'Institut, par l'intermédiaire de mesures au moyen de tubes passifs.

Enfin, durant la plupart des campagnes, les pics de pollution ont été enregistrés par temps calme, les vents faibles diminuant la capacité de dilution et de dispersion des contaminants. L'altération de la qualité de l'air est aussi plus souvent marquée en soirée ou aux petites heures du matin. Ces constats semblent indiquer que les facteurs climatiques prédominent sur les autres facteurs (comme par exemple le niveau d'activité du site) en termes d'influence sur la qualité de l'air.

De nombreux rapports de campagnes concluent qu'il n'est pas suffisant de suivre l'évolution des concentrations en substances odorantes (telles que les terpènes et le H<sub>2</sub>S) pour appréhender complètement les nuisances olfactives perçues par les riverains. Par contre, à plus d'une reprise, le placement d'un laboratoire mobile chez les riverains se plaignant d'odeurs a permis de relativiser et/ou d'objectiver la nuisance par des mesures. Lorsque de telles campagnes ciblées ont pu être organisées ("campagnes riverains"), une assez bonne corrélation entre les "épisodes odeurs" recensés par les riverains et les pics de concentrations mesurés par les laboratoires a pu être établie. Sur le plan des odeurs, l'expérience acquise par le Réseau de contrôle tend dès lors à confirmer le caractère très complémentaire des approches "nuisances olfactives" et "qualité de l'air".

### 10.6.2 Approche par "secteurs"

Dans la **nouvelle approche**, qui instaure les notions de **secteurs "C.E.T."** et **"non-C.E.T."**, les résultats ont été exploités de la façon suivante : une fois les secteurs définis, les concentrations moyennes par secteurs ont été calculées pour chaque station et chaque contaminant (CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, BTEX, limonène et  $\alpha$ -pinène), sur base d'un seuil minimal de vitesse de vent à 1 m/s. Ainsi, chaque station possède son jeu de couples de mesures par paramètre (par exemple, couple [apport secteur "C.E.T." / apport secteur "non C.E.T."] pour le méthane, pour le H<sub>2</sub>S, ...). Par la suite, un ratio entre ces deux apports ("C.E.T." vs "non C.E.T.") a été calculé pour chaque couple de mesure. C'est ce ratio qui, in fine, est considéré comme représentatif de l'impact réel de l'activité du site, indépendamment des variations d'orientations du vent.

Les résultats ont été exploités selon 3 approches différentes et sont présentés aux Tableau 18, Tableau 19, Tableau 20, Tableau 21 et Tableau 22 :

- une approche globale, qui calcule les valeurs des apports en contaminants provenant des secteurs "C.E.T." et "non C.E.T." pour tous les sites et toutes les stations confondus (Tableau 18) ;
- une approche plus spécifique, visant à obtenir des statistiques représentatives des apports en fonction de l'emplacement relatif des stations par rapport à la source présumée de pollution, en distinguant successivement :
  - les stations localisées à proximité directe de la zone en exploitation (Stations A, Tableau 19) ;
  - les stations situées en bordure du C.E.T. (Stations B, Tableau 20) ;
  - les stations placées à l'extérieur du site (campagnes riverains) (Stations C, Tableau 21).

- une approche "spatio-temporelle" qui, pour un site précis, permet d'évaluer l'évolution des concentrations au cours du temps d'une part (selon la fréquence des campagnes ISSeP) et en fonction de la distance des stations par rapport à la zone exploitée d'autre part (Tableau 22).

Pour l'approche spécifique, les stations ayant été placées sur des sites réhabilités définitivement ou en passe de l'être ont été retirées du lot de résultats. En effet, l'expérience a montré que globalement, sauf incident technique survenu aux installations de collecte ou de traitement du biogaz, la qualité de l'air n'était plus altérée. Les valeurs mesurées pour l'ensemble des paramètres sont généralement de l'ordre de grandeur des bruits de fonds régionaux ou, dans le cas où des dépassements sont observés, l'origine de la pollution n'était pas due au C.E.T.

**Remarque** : lors de l'exploitation des résultats, toutes les concentrations présentant des valeurs inférieures aux seuils de détection ont été remplacées par la valeur du seuil de détection de chaque paramètre. De cette façon, les statistiques telles que rapportées dans la suite de ce rapport constituent un "worst case" étant donné qu'elles assimilent plus que certainement des concentrations réellement nulles à des valeurs correspondant aux seuils de détection de certains paramètres.

## A. Approche globale

Le Tableau 18 présente les résultats recalculés en tenant compte des apports en polluants par secteur de direction de vents (d'une part ceux passant au-dessus du C.E.T. et d'autre part ceux ne passant pas au-dessus du C.E.T.), toutes localisations de stations confondues. Dans le détail, le tableau reprend, **pour chaque paramètre** :

- Le nombre de station du réseau ayant mesuré ce paramètre ;
- Les valeurs minimales, maximales et moyennes, de même que la médiane et le centile 90 (P90) calculées individuellement pour le secteur "C.E.T." et le secteur "non C.E.T." ;
- Les mêmes statistiques sur les rapports entre secteurs "C.E.T."/"non C.E.T.", préalablement calculés pour chaque station.

Ces dernières valeurs ne sont pas calculées à partir des valeurs correspondantes pour les deux secteurs présentées dans le tableau : il s'agit de statistiques sur les rapports et pas d'un rapport entre les statistiques.

Au total, sur les 33 campagnes menées par l'Institut depuis 1999, pas moins de 50 emplacements (stations) ont été sélectionnés dans le but d'évaluer la qualité de l'air dans l'environnement du site (à l'immission). Dans la mesure du possible, tous les paramètres figurant dans la première colonne du tableau sont analysés. Le nombre de stations plus faibles pour les BTEX ou les terpènes (limonène et  $\alpha$ -pinène) signifie que certains problèmes techniques au niveau des analyseurs ont été rencontrés lors de la campagne ou que, pour des raisons liées à l'état d'exploitation, l'étude de ces paramètres ne se justifiait plus. En effet, sur un site n'accueillant plus de déchets, il est peu pertinent d'y mesurer des paramètres traceurs de déchets frais tels que les terpènes.

**Tableau 18 : Statistiques sur les apports par secteur ; toutes stations confondues**

Paramètre * (unité)	Apport secteur	nb stations	Min	Max	Moyenne	Médiane	P90
	Ratio secteurs						
CH <sub>4</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	51	1,11	36,23	<b>4,88</b>	2,72	10,23
	"non C.E.T."	51	0,99	14,11	<b>2,05</b>	1,38	2,54
	"C.E.T."/"non C.E.T."	51	0,88	8,57	<b>2,32</b>	1,83	3,98
H <sub>2</sub> S (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	48	1,00	8,91	<b>1,91</b>	1,21	4,11
	"non C.E.T."	48	1,00	4,20	<b>1,35</b>	1,05	2,19
	"C.E.T."/"non C.E.T."	48	0,78	6,12	<b>1,40</b>	1,10	2,00
Limonène (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	34	0,10	31,56	<b>1,84</b>	0,35	1,64
	"non C.E.T."	34	0,10	6,20	<b>0,91</b>	0,14	3,49
	"C.E.T."/"non C.E.T."	34	0,28	16,50	<b>2,72</b>	1,00	5,91
Benzène (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	37	0,10	1,68	<b>0,61</b>	0,54	1,26
	"non C.E.T."	37	0,10	2,16	<b>0,60</b>	0,36	1,37
	"C.E.T."/"non C.E.T."	37	0,37	5,50	<b>1,18</b>	0,98	1,62
Toluène (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	37	0,10	5,27	<b>1,41</b>	1,09	2,72
	"non C.E.T."	37	0,10	3,26	<b>1,23</b>	1,17	2,11
	"C.E.T."/"non C.E.T."	37	0,26	3,98	<b>1,27</b>	1,00	2,24
Éthylbenzène (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	34	0,10	6,16	<b>0,52</b>	0,24	0,81
	"non C.E.T."	34	0,10	1,05	<b>0,29</b>	0,17	0,67
	"C.E.T."/"non C.E.T."	34	0,54	26,78	<b>2,10</b>	1,06	2,24
m+p-Xylènes (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	35	0,10	2,30	<b>0,64</b>	0,51	1,49
	"non C.E.T."	35	0,10	1,77	<b>0,48</b>	0,30	1,09
	"C.E.T."/"non C.E.T."	35	0,31	7,03	<b>1,52</b>	1,20	2,64
o-Xylène (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	34	0,10	11,89	<b>1,17</b>	0,12	3,50
	"non C.E.T."	34	0,10	11,20	<b>1,13</b>	0,11	2,78
	"C.E.T."/"non C.E.T."	34	0,10	3,27	<b>1,21</b>	1,00	2,26
α-Pinène (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	32	0,10	2,57	<b>0,61</b>	0,35	1,43
	"non C.E.T."	32	0,10	1,00	<b>0,31</b>	0,14	0,80
	"C.E.T."/"non C.E.T."	32	0,31	8,62	<b>2,27</b>	1,42	4,55

\* Limites de détection CH<sub>4</sub> : aucune (valeur du bruit de fond, soit 1,35 mg/Nm<sup>3</sup>), H<sub>2</sub>S : 1 µg/Nm<sup>3</sup>, limonène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, benzène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, éthylbenzène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, m+p-xylènes : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, o-xylène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, α-pinène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>.

L'analyse de ce tableau permet de tirer quelques constats généraux et préliminaires relatifs à l'impact des C.E.T. wallons sur la qualité de l'air à l'immission. Des conclusions ciblées et plus pertinentes seront présentées pour les approches spécifiques et spatio-temporelle (voir points B et C ci-dessous).

De façon générale, une altération de la qualité de l'air est observable pour tous les paramètres analysés, comme en témoignent les moyennes des ratios des apports "C.E.T." vs "non C.E.T.". Pour rappel, ces ratios permettent de mettre en évidence de façon plus fiable une pollution endogène réelle du C.E.T., en s'affranchissant des variations de directions de vents au cours de la campagne. Ainsi, des augmentations de concentrations moyennes allant de 20 à 230 % pour certains paramètres peuvent être observées entre les secteurs "non C.E.T." et "C.E.T." (Tableau 18, colonne 6). A titre illustratif, les Figure 2 et Figure 3 présentent la division de l'espace en secteurs autour d'une station, établie sur base des limites du site, et les concentrations moyennes en méthane et en sulfure d'hydrogène calculées pour chacun d'eux.

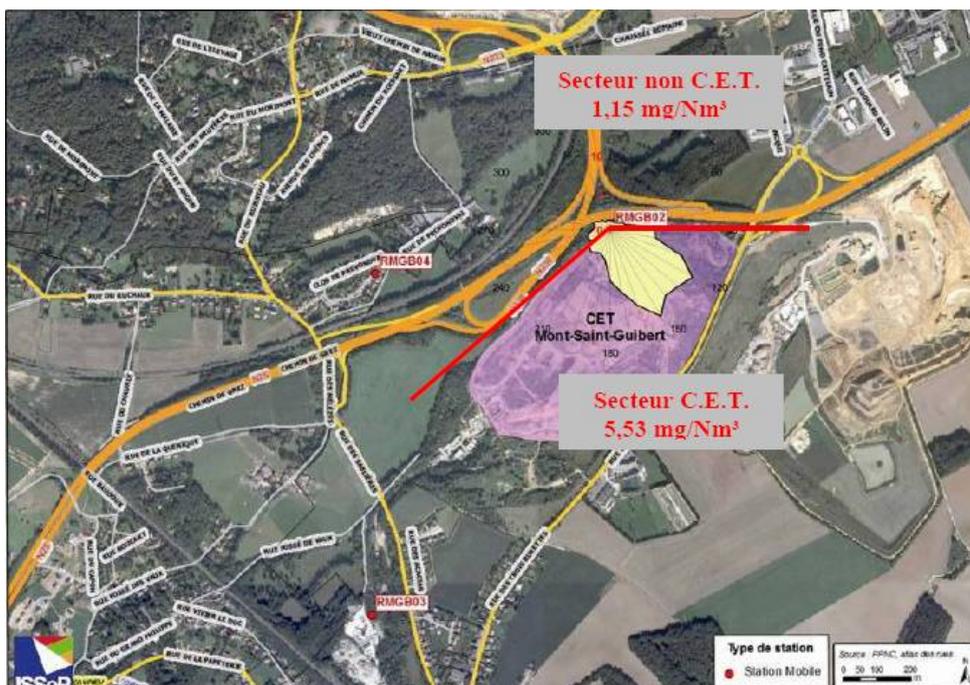


Figure 2 : Rose de pollution du méthane et secteurs directionnels – station RMGB02 (MSG)  
Apports secteurs "C.E.T." et "non C.E.T." pour le méthane du 05/08/09 au 25/11/09

(source : rapport ISSeP n° 505/2010)

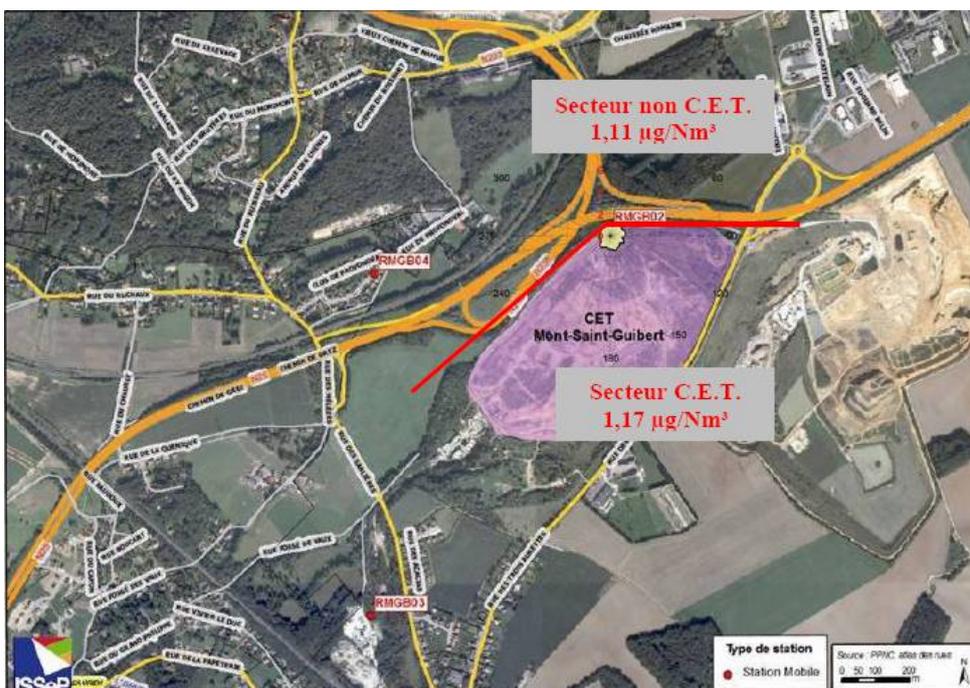


Figure 3 : Rose de pollution du méthane et secteurs directionnels – station RMGB02 (MSG)  
Apports secteurs "C.E.T." et "non C.E.T." pour le sulfure d'hydrogène du 05/08/09 au 25/11/09

(source : rapport ISSeP n° 505/2010)

Les rapports entre les concentrations moyennes des secteurs "C.E.T." et "non C.E.T." sont particulièrement élevés pour les traceurs de déchets frais (le limonène et l' $\alpha$ -pinène) et pour le méthane. Des augmentations de concentrations entre les deux secteurs d'un facteur au moins égal à 2,32 (jusqu'à 2,72 pour le limonène) sont observées pour ces trois micropolluants. A ces

concentrations moyennes élevées correspondent généralement des dépassements de seuils olfactifs et des problèmes de nuisances pour les travailleurs sur site et les riverains.

Certains paramètres, tels que le méthane, le limonène et l'ortho-xylène, peuvent être ponctuellement détectés à des concentrations très élevées dans l'air en provenance du C.E.T., comme en témoignent les valeurs de la colonne 5 du Tableau 18. Pour les trois paramètres précités, ces pics de concentration peuvent atteindre respectivement de l'ordre de 30, 300 et 100 fois le bruit de fond (dont la valeur a été assimilée à celle de la limite de détection pour le limonène et l'o-xylène).

En matière de risques sanitaires, les valeurs confirment que la concentration maximale en benzène observée sur l'ensemble des sites ( $1,68 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , voir colonne 5, ligne 5 du Tableau 18) n'a jamais dépassé la valeur guide de  $5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  (moyenne annuelle). Il n'y a pratiquement pas d'impact pour ce paramètre.

L'approche globale qui vient d'être commentée présente néanmoins l'inconvénient qu'elle "lisse" les concentrations entre les différentes stations en considérant comme équivalement exposés à la source de polluants tous les emplacements ayant fait l'objet d'une campagne. Il est pourtant indéniable qu'une station située à proximité d'une zone en exploitation présentera des accroissements de concentrations entre les deux secteurs significativement plus marqués que pour des stations placées dans les jardins des riverains, à plusieurs centaines de mètres du site. Une approche différenciant chaque localisation de stations a donc été envisagée ; elle est présentée dans les sections suivantes.

## **B. Approche spécifique**

Cette démarche plus spécifique vise donc à obtenir des statistiques représentatives des apports en fonction de l'emplacement relatif des stations par rapport à la zone en exploitation et de la périphérie du site. L'analyse des résultats pour les trois groupes de stations (A, B et C) est présentée ci-dessous.

### **Stations A : stations localisées à proximité de la zone en exploitation**

Parmi les 51 stations ayant fait l'objet de mesures par l'ISSeP, 3 seulement ont été placées à proximité d'une zone en exploitation, et ce sur un seul site du Réseau. Ce nombre de trois (pour le méthane et le  $\text{H}_2\text{S}$ ) ou de deux (pour tous les autres paramètres) correspond en fait au nombre de campagnes ayant été réalisées au cours du temps sur ce même site. Chaque emplacement a évolué en fonction de la zone de travail du C.E.T. au moment de la campagne.

Bien qu'établir des statistiques sur un nombre si faible de données soit assez peu pertinent (raison pour laquelle les deux dernières colonnes du tableau ont été grisées), quelques constats flagrants peuvent ressortir de ce set de données, principalement des valeurs moyennes (colonne 6 du Tableau 19).

**Tableau 19 : Statistiques sur les apports par secteur ; stations situées à proximité de la zone exploitée**

Paramètre * (unité)	Apport secteur Ratio secteurs	nb stations	Min	Max	Moyenne	Médiane	P90
CH <sub>4</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	3	10,23	21,22	<b>15,51</b>	15,08	19,99
	"non C.E.T."	3	2,05	2,48	<b>2,24</b>	2,20	2,42
	"C.E.T."/"non C.E.T."	3	4,99	8,57	<b>6,80</b>	6,85	8,22
H <sub>2</sub> S (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	3	1,06	8,91	<b>5,36</b>	6,12	8,35
	"non C.E.T."	3	1,00	1,77	<b>1,26</b>	1,00	1,61
	"C.E.T."/"non C.E.T."	3	1,06	6,12	<b>4,07</b>	5,05	5,90
Limonène (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	2	0,13	0,23	<b>0,18</b>	0,18	0,22
	"non C.E.T."	2	0,10	0,10	<b>0,10</b>	0,10	0,10
	"C.E.T."/"non C.E.T."	2	1,34	2,27	<b>1,81</b>	1,81	2,18
Benzène (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	2	0,60	0,61	<b>0,60</b>	0,60	0,61
	"non C.E.T."	2	0,26	0,30	<b>0,28</b>	0,28	0,29
	"C.E.T."/"non C.E.T."	2	2,05	2,30	<b>2,18</b>	2,18	2,28
Toluène (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	2	3,79	5,27	<b>4,53</b>	4,53	5,12
	"non C.E.T."	2	0,95	1,73	<b>1,34</b>	1,34	1,66
	"C.E.T."/"non C.E.T."	2	3,04	3,98	<b>3,51</b>	3,51	3,88
Éthylbenzène (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	2	0,38	0,80	<b>0,59</b>	0,59	0,76
	"non C.E.T."	2	0,13	0,24	<b>0,19</b>	0,19	0,23
	"C.E.T."/"non C.E.T."	2	1,58	6,04	<b>3,81</b>	3,81	5,59
m+p-Xylènes (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	2	0,81	1,57	<b>1,19</b>	1,19	1,49
	"non C.E.T."	2	0,22	0,31	<b>0,27</b>	0,27	0,30
	"C.E.T."/"non C.E.T."	2	2,61	7,03	<b>4,82</b>	4,82	6,59
o-Xylène (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	2	0,12	0,32	<b>0,22</b>	0,22	0,30
	"non C.E.T."	2	0,10	0,13	<b>0,11</b>	0,11	0,12
	"C.E.T."/"non C.E.T."	2	0,96	3,22	<b>2,09</b>	2,09	6,40
α-Pinène (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	2	0,64	0,86	<b>0,75</b>	0,75	0,84
	"non C.E.T."	2	0,10	0,14	<b>0,12</b>	0,12	0,14
	"C.E.T."/"non C.E.T."	2	4,59	8,62	<b>6,61</b>	6,61	8,63

\* Limites de détection CH<sub>4</sub> : aucune (valeur du bruit de fond, soit 1,35 mg/Nm<sup>3</sup>), H<sub>2</sub>S : 1 µg/Nm<sup>3</sup>, limonène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, benzène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, éthylbenzène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, m+p-xylènes : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, o-xylène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, α-pinène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>.

Sur le site envisagé, la station mesure des impacts importants sur la qualité de l'air liés aux activités de déchargement, étalage et compactage des déchets fraîchement déposés. Ainsi, sur base de concentrations globalement équivalentes ou proches du bruit de fond (voire de la limite de détection des analyseurs) pour les secteurs de vents ne passant pas au dessus de la zone exploitée, des augmentations évidentes sont observées dans les vents en provenance de la zone en exploitation.

Cette influence est particulièrement prononcée pour le méthane, pour lequel la concentration moyenne passe de 2,24 mg/Nm<sup>3</sup> à 15,51 mg/Nm<sup>3</sup> du secteur "non C.E.T." au secteur "C.E.T.". Pour ce paramètre, un pic de concentration dans l'air ambiant atteignant 21,22 mg/Nm<sup>3</sup> a été observé ponctuellement.

Des conclusions similaires peuvent être tirées des résultats relatifs au sulfure d'hydrogène et à l'α-pinène, pour lesquels des augmentations de concentrations de facteurs 4 et 6,6 ont respectivement été calculées. Le premier est vraisemblablement issu de la réduction des sulfates en H<sub>2</sub>S en milieu anoxique, soit dans les camions de transport des déchets, soit dans les couches sous-jacentes des déchets au sein desquelles la dégradation par les bactéries a déjà commencé. Le passage des engins et les vibrations associées favorisent probablement un certain dégazage superficiel (cette hypothèse est également valable pour les émissions de méthane). Quant à l'α-pinène, il trouve sa source naturelle dans les végétaux et synthétique dans certains solvants et insecticides.

Dans une moindre mesure, les composés monoaromatiques montrent des augmentations non négligeables mais ne présentent toutefois pas de concentrations préoccupantes pour la santé des travailleurs sur site.

Les émissions des engins de chantier (BTEX) et le début de la décomposition des déchets fraîchement déposés ayant séjourné antérieurement en milieu pauvre en oxygène constituent les sources principales de micropolluants au niveau de la zone de travail. Il est évident que la liste des contaminants ayant fait l'objet d'un suivi n'est pas exhaustive ; elle s'avère néanmoins être assez bien représentative de la pollution potentiellement générée par l'activité du site.

Bien que les données disponibles pour ces stations puissent amener à dresser un constat d'impact significatif des sites sur l'environnement immédiat de la zone d'étude, les stations implantées à plus grande distance (bordure de site ou périphérie) montrent que, effet de dilution aidant, cet impact n'est que local.

La variation spatiale des concentrations est discutée au point C de la page 60.

### **Stations B : stations localisées en bordure du site**

La démarche présentée pour les stations A, en proximité des zones exploitées, a été réitérée en ne considérant ici que les stations placées en bordure de site (stations B). Seuls les sites encore en exploitation ont été examinés ; les campagnes réalisées sur les sites déjà réhabilités (Belderbusch, Cronfestu et Malvoisin pour la dernière campagne de 2008) ou en passe de l'être (Morialmé) au moment de la campagne n'ont pas été prises en compte. De fait, l'analyse préliminaire des résultats a confirmé l'absence de valeurs supérieures aux seuils de détection. Toutefois, pour le C.E.T. de Morialmé, qui n'accueillait plus de déchets en 2006 mais dont quelques déchets anciens étaient encore visibles, tous les paramètres ont été intégrés aux statistiques du Tableau 20, à l'exception des traceurs de déchets frais (limonène et  $\alpha$ -pinène). Au final, sur les 51 stations dont dispose l'ISSeP, 27 au plus répondaient aux critères précités.

Comme précédemment, les valeurs de concentrations (ou ratios de concentrations) minimales, maximales, moyennes, médiane de même que le centile 90 sont présentés.

**Tableau 20 : Statistiques sur les apports par secteur ; stations situées en bordure de site**

Paramètre * (unité)	Apport secteur Ratio secteurs	nb stations	Min	Max	Moyenne	Médiane	P90
<b>CH<sub>4</sub></b> (mg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	27	1,41	36,23	<b>5,65</b>	3,63	9,45
	"non C.E.T."	27	1,16	14,11	<b>2,16</b>	1,43	2,75
	"C.E.T."/"non C.E.T."	27	1,15	6,93	<b>2,48</b>	2,32	3,97
<b>H<sub>2</sub>S</b> (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	25	1,00	4,64	<b>1,91</b>	1,25	4,19
	"non C.E.T."	25	1,00	4,20	<b>1,44</b>	1,05	2,81
	"C.E.T."/"non C.E.T."	25	0,93	2,26	<b>1,31</b>	1,25	2,25
<b>Limonène</b> (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	17	0,10	31,56	<b>3,24</b>	0,86	6,52
	"non C.E.T."	17	0,10	6,20	<b>1,36</b>	0,15	4,70
	"C.E.T."/"non C.E.T."	17	0,34	16,50	<b>4,18</b>	1,02	10,86
<b>Benzène</b> (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	20	0,12	1,68	<b>0,56</b>	0,41	1,11
	"non C.E.T."	20	0,13	1,40	<b>0,57</b>	0,37	1,35
	"C.E.T."/"non C.E.T."	20	0,69	1,84	<b>1,00</b>	0,92	1,23
<b>Toluène</b> (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	20	0,12	3,47	<b>1,31</b>	1,10	2,34
	"non C.E.T."	20	0,12	3,26	<b>1,18</b>	1,11	2,49
	"C.E.T."/"non C.E.T."	20	0,38	2,28	<b>1,23</b>	1,04	1,97
<b>Ethylbenzène</b> (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	19	0,10	6,16	<b>0,65</b>	0,26	0,76
	"non C.E.T."	19	0,10	1,05	<b>0,29</b>	0,16	0,64
	"C.E.T."/"non C.E.T."	19	0,54	26,78	<b>2,65</b>	1,10	2,42
<b>m+p-Xylènes</b> (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	18	0,10	1,40	<b>0,56</b>	0,34	1,13
	"non C.E.T."	18	0,10	1,66	<b>0,41</b>	0,26	0,85
	"C.E.T."/"non C.E.T."	18	0,64	3,99	<b>1,54</b>	1,33	2,96
<b>o-Xylène</b> (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	19	0,10	5,97	<b>0,78</b>	0,14	2,44
	"non C.E.T."	19	0,10	5,63	<b>0,72</b>	0,11	1,49
	"C.E.T."/"non C.E.T."	19	0,46	3,27	<b>1,26</b>	1,00	2,89
<b>α-Pinène</b> (µg/Nm <sup>3</sup> )	"C.E.T."	17	0,10	2,57	<b>0,79</b>	0,53	2,15
	"non C.E.T."	17	0,10	1,00	<b>0,36</b>	0,13	0,85
	"C.E.T."/"non C.E.T."	17	0,60	7,69	<b>2,42</b>	1,84	6,40

\* Limites de détection CH<sub>4</sub> : aucune (valeur du bruit de fond, soit 1,35 mg/Nm<sup>3</sup>), H<sub>2</sub>S : 1 µg/Nm<sup>3</sup>, limonène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, benzène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, éthylbenzène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, m+p-xylènes : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, o-xylène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, α-pinène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>.

En comparant les Tableau 19 et Tableau 20, une conclusion prévisible mais flagrante peut être tirée des résultats : les apports moyens par secteurs ("C.E.T." et "non C.E.T."), de même que leurs ratios, sont plus faibles pour l'ensemble des paramètres, à l'exception du limonène. Pour ce polluant, la concentration moyenne calculée pour le secteur "non C.E.T." des stations situées en bordure de site est plus élevée que concentration moyenne calculée pour le secteur "C.E.T." des stations situées à proximité de la zone en exploitation. Cet effet est probablement imputable à une valeur très élevée de concentration en limonène (31,56 µg/Nm<sup>3</sup>) enregistrée dans une des stations B ; l'analyse des valeurs médianes et du centile 90 confirme que ce point est bel et bien un *outlier*. Cette analyse des résultats est également à prendre avec beaucoup de précautions étant donné le peu de mesures disponibles pour les stations déposées à proximité de la zone en exploitation.

Il est important de rappeler que les secteurs "C.E.T." et "non C.E.T." sont définis sur base des limites géographiques du site, telles qu'illustrées aux Figure 2 et Figure 3 (voir p 54). En englobant la superficie totale du C.E.T., en ce comprises celles des zones exploitée(s) et réhabilitée(s) provisoirement - ou définitivement, il est aisément concevable que les concentrations extrêmes soient nivelées à un niveau moyen de contamination. C'est d'ailleurs ce qui a motivé cette évaluation distincte de l'impact de la zone exploitée d'une part et de l'ensemble du C.E.T. d'autre part.

### Stations C : stations localisées à l'extérieur du site (campagnes riverains)

En sus des campagnes réalisées sur et en bordure de site (campagnes C.E.T.), l'ISSeP réalise depuis quelques années des campagnes de mesure de la qualité de l'air au niveau des riverains

potentiellement les plus impactés par l'activité du C.E.T. (habitations privées les plus proches ou situées dans une direction privilégiée pour la dispersion des polluants). Pour ces campagnes riverains, les laboratoires mobiles (stations C) initialement stationnés sur site sont déplacés et déposés chez des habitants préalablement avertis, pour une durée approximative de 2 mois. Au total, 16 stations ont déjà permis d'évaluer l'altération de la qualité de l'air lors de 12 campagnes de contrôle sur 7 C.E.T. du Réseau. Les distances de ces stations par rapport à la limite d'un site varient de 250 à 2.500 m. En général, le choix de leur implantation est motivé non seulement par la densité de riverains potentiellement les plus exposés mais aussi par les résultats des campagnes d'impact olfactif. En effet, ces campagnes riverains permettent souvent de valider ou d'invalider des plaintes odeurs par quantification des composés odorants dans l'air ambiant et mesure des paramètres météorologiques (direction du vent essentiellement).

Les statistiques établies sur l'ensemble des paramètres analysés pour ces stations C sont présentées au Tableau 21.

**Tableau 21 : Statistiques sur les apports par secteur ; stations situées à l'extérieur du site**

Paramètre * (unité)	Apport secteur	nb stations	Min	Max	Moyenne	Médiane	P90
	Ratio secteurs						
CH <sub>4</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	" C.E.T."	16	1,11	18,27	<b>2,63</b>	1,55	2,35
	"non C.E.T."	16	0,99	12,98	<b>2,01</b>	1,30	1,51
	"C.E.T."/"non C.E.T."	16	0,88	1,81	<b>1,26</b>	1,21	1,72
H <sub>2</sub> S (µg/Nm <sup>3</sup> )	" C.E.T."	14	1,00	3,99	<b>1,44</b>	1,15	2,56
	"non C.E.T."	14	1,00	2,53	<b>1,20</b>	1,09	1,28
	"C.E.T."/"non C.E.T."	14	0,78	2,21	<b>1,16</b>	1,03	1,58
Limonène (µg/Nm <sup>3</sup> )	" C.E.T."	12	0,10	1,53	<b>0,57</b>	0,35	0,75
	"non C.E.T."	12	0,10	2,45	<b>0,59</b>	0,32	0,58
	"C.E.T."/"non C.E.T."	12	0,28	3,73	<b>1,29</b>	1,00	2,33
Benzène (µg/Nm <sup>3</sup> )	" C.E.T."	14	0,10	1,61	<b>0,69</b>	0,58	1,23
	"non C.E.T."	14	0,10	2,16	<b>0,71</b>	0,49	1,16
	"C.E.T."/"non C.E.T."	14	0,37	5,50	<b>1,29</b>	0,99	1,47
Toluène (µg/Nm <sup>3</sup> )	" C.E.T."	14	0,10	2,43	<b>1,16</b>	0,93	2,12
	"non C.E.T."	14	0,10	2,17	<b>1,28</b>	1,43	1,94
	"C.E.T."/"non C.E.T."	14	0,26	3,19	<b>1,05</b>	0,96	1,78
Éthylbenzène (µg/Nm <sup>3</sup> )	" C.E.T."	12	0,10	1,14	<b>0,35</b>	0,15	0,82
	"non C.E.T."	12	0,10	0,87	<b>0,31</b>	0,19	0,56
	"C.E.T."/"non C.E.T."	12	0,57	1,47	<b>1,02</b>	1,00	1,54
m+p-Xylènes (µg/Nm <sup>3</sup> )	" C.E.T."	14	0,10	2,30	<b>0,72</b>	0,44	1,59
	"non C.E.T."	14	0,10	1,77	<b>0,61</b>	0,48	1,12
	"C.E.T."/"non C.E.T."	14	0,63	1,45	<b>1,12</b>	1,09	1,42
o-Xylène (µg/Nm <sup>3</sup> )	" C.E.T."	12	0,09	11,89	<b>2,06</b>	0,10	0,91
	"non C.E.T."	12	0,07	11,20	<b>2,07</b>	0,14	0,61
	"C.E.T."/"non C.E.T."	12	0,65	1,70	<b>1,01</b>	1,00	1,34
α-Pinène (µg/Nm <sup>3</sup> )	" C.E.T."	10	0,10	1,10	<b>0,35</b>	0,18	0,83
	"non C.E.T."	10	0,10	0,64	<b>0,22</b>	0,13	0,31
	"C.E.T."/"non C.E.T."	10	0,82	4,18	<b>1,58</b>	1,31	2,71

\* Limites de détection CH<sub>4</sub> : aucune (valeur du bruit de fond, soit 1,35 mg/Nm<sup>3</sup>), H<sub>2</sub>S : 1 µg/Nm<sup>3</sup>, limonène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, benzène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, éthylbenzène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, m+p-xylènes : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, o-xylène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>, α-pinène : 0,10 µg/Nm<sup>3</sup>.

L'analyse des résultats de ce tableau montre une diminution nette des concentrations dans l'air analysé dans les stations C, à plus grande distance de la source de pollution, à proximité des habitations privées. Une majorité de ratios de concentrations mesurées dans les secteurs "C.E.T." et "non C.E.T." est proche de l'unité, ce qui indique que les impacts des C.E.T. ne sont plus mesurables à cette distance.

Pour le méthane, des pics de concentrations (18,27 mg/Nm<sup>3</sup> et 12,98 mg/Nm<sup>3</sup> pour les secteurs "C.E.T." et "non C.E.T." respectivement) peuvent être observés mais, comme en témoignent les

valeurs faibles des centiles 90, ces phénomènes sont sporadiques. En moyenne, les concentrations sont assez proches du bruit de fond (1,35 mg/Nm<sup>3</sup>).

Les composés monoaromatiques, à l'exception du benzène, n'altèrent plus la qualité de l'air à l'extérieur du site (rapport secteurs "C.E.T."/"non C.E.T." proches de 1) ; aucune valeur ne dépasse les valeurs guides disponibles pour ces paramètres. Toutefois, même si la norme sanitaire est loin d'être dépassée, une augmentation des valeurs moyennes pour les apports "C.E.T." et "non C.E.T." est constatée pour le benzène entre les stations B et C. Cela est vraisemblablement imputable au trafic routier alentour.

L'impact olfactif des autres molécules odorantes telles que le H<sub>2</sub>S, le limonène et l' $\alpha$ -pinène n'est pas mesurable. Le seuil olfactif du sulfure d'hydrogène, fixé à 7  $\mu$ g/Nm<sup>3</sup>, n'a jamais été dépassé lors des campagnes riverains.

Ces résultats indiquent assez clairement que la qualité de l'air, même à une distance relativement proche de 250 m de la bordure du C.E.T., peut être considérée comme bonne et ne présente pas de risque potentiel pour la santé des riverains.

### C. Approche "spatio-temporelle"

Cette dernière approche, ciblée sur deux C.E.T. pour lesquels suffisamment d'informations étaient disponibles, aborde l'évolution spatiale des concentrations (en fonction de la position des stations A, B et C) de même que l'évolution temporelle des teneurs en polluants au fil des campagnes de l'ISSeP. Le Tableau 20 présente les **ratios** des apports des secteurs "C.E.T." et "non C.E.T." pour le méthane et le sulfure d'hydrogène.

**Tableau 22 : Evolution spatio-temporelle des concentrations en CH<sub>4</sub> et H<sub>2</sub>S pour deux C.E.T.**

Site	Paramètre *	Campagne	Ratios "C.E.T."/"non C.E.T."					
			Zone exploitée	Bordure site	Extérieur site (800 m)	Extérieur site (1.000 m)	Extérieur site (1.400 m)	Extérieur site (1.800 m)
1	CH <sub>4</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	1	8,57	3,12	-	-	-	-
		2	4,99	2,38	-	-	-	-
		3	6,85	3,20	-	-	-	1,20
	H <sub>2</sub> S ( $\mu$ g/Nm <sup>3</sup> )	1	5,05	1,64	-	-	-	-
		2	1,06	1,00	-	-	-	-
		3	6,12	1,32	-	-	-	1,00
2	CH <sub>4</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	1	-	2,66	-	-	1,22	-
		2	-	3,03	-	1,10	0,96	-
		3	-	3,69	-	-	-	-
	H <sub>2</sub> S ( $\mu$ g/Nm <sup>3</sup> )	1	-	1,18	-	-	-	-
		2	-	13,83	-	1,05	0,82	-
		3	-	1,05	1,17	1,15	-	-

\* Limites de détection CH<sub>4</sub> : aucune (valeur du bruit de fond, soit 1,35 mg/Nm<sup>3</sup>), H<sub>2</sub>S : 1  $\mu$ g/Nm<sup>3</sup>.

Les valeurs présentées dans ce tableau, tant pour le site 1 que pour le site 2, corroborent les constats tirés jusqu'à présent, à savoir qu'une très forte et rapide atténuation de l'impact du C.E.T. en fonction de la distance est quasi systématique. L'altération de la qualité de l'air la plus marquée semble limitée à la zone d'enfouissement exploitée (colonne gris foncé) et, dans une moindre mesure, aux limites du site. Pour les stations placées en périphérie, le niveau de pollution retombe à celui de fond dès qu'une distance de 1 km est atteinte (ratios proches de 1).

En ce qui concerne l'évolution temporelle, sur base des valeurs reprises au Tableau 22, aucune tendance à la hausse ou à la baisse ne peut être observée de façon claire. Toutefois, à moyen terme, des modifications des concentrations relatives entre tous les paramètres dosés devraient pouvoir être mises en évidence, les modes de gestion de déchets évoluant sans cesse. La nature des matières admises en C.E.T. impacte directement (émissions au moment du déchargement et

des manipulations) et indirectement (production de biogaz) sur la composition de l'air à l'immission. Le suivi futur des sites encore en activité pourra confirmer cette hypothèse.

## 10.7 Campagnes exploitant

L'AGW du 27 février 2003, fixant les conditions d'exploitation des C.E.T., impose à l'exploitant d'un C.E.T. d'installer au moins deux stations de mesure de la qualité de l'air (permanentes ou mobiles) dans les 6 mois du premier déversement. Ces stations réalisent :

- en continu, la mesure du méthane ;
- en discontinu, le prélèvement d'échantillons de manière à faire analyser par un laboratoire agréé le limonène, le p-cymène, le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes.

Pour ces dernières mesures, la fréquence d'analyses est laissée à l'appréciation du fonctionnaire chargé de la surveillance.

Globalement, la surveillance de la qualité de l'air par les exploitants est loin de répondre à ces prescriptions légales. Fin 2010, sur les 7 sites encore en activité, seuls 3 d'entre eux étaient équipés d'analyseurs de méthane en état de fonctionnement et présentant des résultats comparables à ceux collectés par l'ISSeP lors de ses campagnes en "doublon". Certaines régularisations auront lieu sur deux de ces sites dans le courant 2011.

Parmi les 5 autres C.E.T. réhabilités ou en cours de réhabilitation, un seul mesure encore les concentrations en méthane de façon régulière et continue. Bien qu'une étude systématique de la qualité de l'air sur un site complètement réhabilité peut être effectivement jugée peu pertinente, il apparaît clairement que les derniers sites ayant mis un terme à leur activité étaient jusque là en infraction.

Les concentrations en sulfure d'hydrogène et en benzène font également l'objet d'un suivi continu sur les sites présentant le plus de risques sanitaires eu égard à leur localisation par rapport aux riverains les plus proches.

## 11 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

En conclusion, le présent rapport tente d'interpréter les données acquises depuis 1999 durant les campagnes de surveillance du réseau en élevant le point de vue et en élargissant le champ de vision. Les statistiques calculées, valables pour l'ensemble du réseau, ne visent nullement à focaliser l'attention sur les défauts ou qualités des résultats obtenus par les différents exploitants. Il a pour objectif de fixer une base commune, permettant à chacun d'évaluer ses impacts environnementaux par rapport à des valeurs moyennes. Il constitue, pour la Région en général et pour le DPC en particulier, un nouvel outil très utile permettant d'évaluer de façon globale l'impact environnemental des C.E.T. sur l'air alentour.

En obligeant l'ISSeP à une réinterprétation des données, la rédaction de ce rapport a ouvert de nouvelles perspectives d'amélioration dans les protocoles de surveillance et d'interprétation des données.

Par rapport à sa première édition, ce rapport inclut les avancées dans le projet d'optimisation de la méthodologie de contrôle des émissions surfaciques initié en 2008. La cartographie des flux surfaciques pour le méthane et le CO<sub>2</sub> est à présent un objectif à atteindre lors d'une campagne, impliquant des adaptations continues des mesures de terrain.

En matière de qualité de l'air, en sus de l'approche classique établissant la distinction entre stations amont et stations aval par rapport au site et aux vents dominants, une approche plus spécifique a été largement détaillée. Cette dernière permet, en s'affranchissant des notions absolues d'amont et aval (les vents dominants sont parfois loin d'être majoritaires sur la durée d'une campagne), de mieux quantifier la pollution dont est réellement responsable le C.E.T. Ce nouveau mode interprétatif devrait aider, dans un futur plus ou moins proche, d'améliorer encore la pertinence des recommandations fournies à la Région.

L'extension du contrôle de la qualité de l'air à de nouveaux paramètres (NH<sub>3</sub>) est toujours à l'étude ; une campagne pilote, dont la première phase est la pose de tubes passifs, est prévue pour mi-2011.

Dans le domaine des biogaz, il serait également utile de regrouper les chiffres des différents exploitants en termes de quantités de biogaz produits et d'évolution de ces volumes afin d'obtenir des statistiques de rentabilité des installations de valorisation.

Les avancées méthodologiques et les résultats obtenus dans les différents domaines que compte la surveillance de la qualité de l'air sur les C.E.T. feront l'objet d'une présentation orale lors d'un colloque international sur la gestion des déchets qui se tiendra en Sardaigne en octobre 2011 (*Thirteenth International Waste Management and Landfill Symposium, Sardinia 2011*). Cette participation permettra également à la cellule Déchets & Sites à Risques de se mettre à jour techniquement et scientifiquement dans le domaine de la gestion à long terme des C.E.T. Les techniques d'aération des déchets, d'oxydation des biogaz résiduels par des matériaux spécifiques au sein de couvertures (semi)perméables, les procédés de recirculation des percolats et/ou d'épuration moins intensive des effluents liquides, le tout intégré dans des notions plus théoriques de "cycles de vie des matières" et de "gestion durable des déchets" sont autant de domaines dans lesquels l'ISSeP doit acquérir des compétences afin d'être prêt à répondre aux questions que se posera l'Administration dans le futur.

Enfin, la partie interprétative d'un rapport similaire sur la qualité des eaux va débiter. Toutes les statistiques, réalisées sur base des résultats de l'ISSeP et des autocontrôles depuis 1999, pour les eaux souterraines, les percolats et les rejets de stations d'épuration sont disponibles. Ce projet avait pris quelque retard lié à l'adaptation des conditions sectorielles dont le texte, préalable indispensable à un tel rapport, est enfin officialisé depuis fin 2010 (AGW du 07/10/2010). Ce rapport "Eau" sera partiellement intégré à la publication qui sera présentée au colloque en Sardaigne. Les aspects légaux relatifs à la surveillance des eaux souterraines prescrits par les conditions sectorielles seront discutés dans un poster à ce même colloque.

E. Bietlot  
Attachée,  
Cellule Déchets & Sites à Risques

V. Lebrun  
Attaché,  
Cellule Déchets & Sites à Risques

C. Collart  
Responsable,  
Cellule Déchets & Sites à Risques

## 12 RÉFÉRENCES

1. Lebrun, V.; Collart, C.; Kheffi, A.; Monin, M.; Bietlot, E. (2009) "Réseau de contrôle des C.E.T. en Région wallonne – Rapport annuel sur la qualité de l'air autour des C.E.T. - première édition 2009", rapport ISSeP 1634/2009, 36 pp.
2. Lebrun, V.; Le Bussy, O.; Kheffi, A.; Collart, C.; Laloux, T.; Salpeteur, V. (2008) "Landfill wastewater treatment plants (WTP) permeates vs EU directive 2000/60/CE : Case study of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)". Proceedings Orbit 2008, Wageningen, The Netherlands.
3. Collart, C.; Lebrun, V.; Fays, S.; Salpeteur V.; Nicolas, J.; Romain, A.- C. (2008) "Air monitoring around MSW sanitary landfills in Wallonia: feedback of 10 years field surveys". Proceedings Orbit 2008, Wageningen, The Netherlands.
4. Kheffi, A.; Collart, C.; D'Or, D.; Bour, O.; Garcia, M.; Salpeteur, V. (2009) "Methodology developments for measuring biogas emissions from landfill surface". Proceedings Sardinia 2009, Twelfth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula (Cagliari), Sardinia, Italy.
5. Bietlot, E.; Lebrun, V.; Collart, C. (2011) "Environmental monitoring on MSW landfill sites in Wallonia : Overview on 10 years old field measurements". Proceedings Sardinia 2011 (en cours de rédaction).
6. Lebrun, V.; Delloye, F.; Bietlot, E.; Le Bussy, O.; Collart, C. (2011) "Landfill of waste in Wallonia : Transposition of 1999/21/EC groundwater protection plan and trigger levels based on long term monitoring results". Proceedings Sardinia 2011 (en cours de rédaction).
7. DCMS (1993) "Décharge de Mont-Saint-Guibert, caractérisation des composés organiques volatiles à l'émission". Rapport d'expertise, 8 pp.
8. Christensen T. H.; Cossu, R.; Stegmann R. (1996) "Landfilling of Waste : Biogas", E & FN Spon ed, 840 pp.
9. TA-Luft (2002) "First General Administrative Regulation Pertaining the Federal Immission Control Act", Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Germany.
10. Fiche technique *Air02-méthodes* "Méthodes de mesures de qualité de l'air et des émissions gazeuses des C.E.T."
11. D'Or, D. (Ephesia Consult); Garcia, M. (Kidova) (2009) "Rapport de la partie II : Détermination d'un protocole d'échantillonnage et d'une méthodologie d'estimation et de cartographie des flux de biogas et application sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert".
12. UK-Environmental Agency (2004) "Guidance on monitoring landfill gas surface emissions", EA guidelines \_TGN07\_Monitoring LFG surface emission.pdf sur <http://www.environment-agency.gov.uk/>.



## ANNEXES

**Annexe 1 : Statistiques complètes sur la composition des biogaz du réseau  
(1 page)**

BIOGAZ	Unités	Nb mes.	Min	Max	MED	MOY	P95
CO <sub>2</sub>	% v/v.sec	92	20,1	42	35,2	35	41
CH <sub>4</sub>	% v/v.sec	92	27,2	60	49	48	56
O <sub>2</sub>	% v/v.sec	92	0,0	7	0,7	1,3	6,0
H <sub>2</sub>	mg/N.m <sup>3</sup> .sec	63	0,1	334	27,8	55	245
H <sub>2</sub> S	mg/N.m <sup>3</sup> .sec	91	0,7	743	103	167	603
S	mg/N.m <sup>3</sup> .sec	40	4,0	220	68,6	90	199
<b>Butane</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	27408	3590	7221	20275
<b>2-Méthylbutane</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	57013	1118	4124	15389
<b>Isobutane</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	112	0,1	19420	93	3218	15265
<b>Pentane</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	35861	1663	5265	22664
<b>2-méthyl-Pentane</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	12074	273	709	1958
<b>2,2,4-Triméthylpentane</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	2844	404	597	2234
<b>Hexane</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	106	0,1	11165	1271	2177	8878
<b>Heptane</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	22701	3208	4935	17000
<b>Octane</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	13088	3037	3821	11007
<b>Hydrocarbures saturés</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	12	9969	61752	27329	28514	51569
<b>∑ Alcanes</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	100	28,7	100791	25353	32695	81823
<b>1-Butène</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	23712	2420	5388	21075
<b>E-Butène</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	9763	343	757	2476
<b>Z-Butène</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,0	25616	811	1599	3771
<b>2-Méthyl-2-Butène</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	3978	444	547	1665
<b>1,3-Butadiène</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,0	8546	839	1447	5725
<b>Propène</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>1-Pentène</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	11506	180	642	2738
<b>2-Pentène</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	1218	118	249	942
<b>1-Hexène</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	2368	119	241	1037
<b>Hydrocarbures insaturés</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	12	1980	9481	4798	5041	8635
<b>∑ Alcènes</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	106	31	51666	8183	11402	29236
<b>Benzène</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	18714	1661	2728	8498
<b>Toluène</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	59321	15481	17908	41332
<b>Ethylbenzène</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	35366	7217	9977	29433
<b>Xylènes</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	8	74269	19085	23463	57601
<b>BTEX</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	32,3	185817	33386	46138	138121
<b>Dichlorométhane</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	82	0,1	3742	246	568	2554
<b>1,2-Dichloroéthane</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,0	956	73,4	203	864
<b>1,1,1-Trichloroéthane</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	4318	8,9	254	526
<b>Trichloroéthylène</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	16205	471	1751	12676
<b>Tétrachloroéthylène</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	19531	391	1669	8227
<b>Chlorure de vinyle</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,1	5701	339	923	4000
<b>Hydrocarbures chlorés</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	12	1694	32653	9726	11969	30741
<b>∑ Chlorés</b>	μg/Nm <sup>3</sup> sec	106	3,0	32866	1739	4278	11676

## **Annexe 2 : Statistiques complètes sur la composition des fumées de torchères et de moteurs**

**(2 pages)**

ÉMISSIONS MOTEURS	Unités	Nb mes.	Min	Max	MED	MOY	P95
CO <sub>2</sub>	% v/v sec	67	9,2	14,8	12,5	12,5	14,3
O <sub>2</sub>	% v/v sec	67	4,5	9,6	6,5	6,6	9,1
CO	mg/Nm <sup>3</sup> (*)	60	428	1171	657	690	923
NO	mg/Nm <sup>3</sup> (*)	58	32	552	153	179	502
NOx	mgNO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> (*)	51	141	984	346	410	924
SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup> (*)	57	15,4	199	41,5	59	156
1-Butène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	39	0,1	5,1	33
E-Butène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	3,5	0,1	0,7	2,7
Z-Butène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	210	0,2	12,7	74
2-Méthyl-2-Butène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	4,1	0,1	0,6	2,7
1,3-Butadiène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	57	0,1	2,7	10,4
1-Pentène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	100	0,1	2,7	7,3
2-Pentène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	9,0	0,1	0,5	1,9
1-Hexène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	41	0,1	1,8	6,1
∑ Alcènes	µg/Nm <sup>3</sup> sec	69	0,1	296	7,2	29	121
Butane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	54	0,6	4,2	15,6
Isobutane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	21,8	0,1	2,6	16,7
2-Méthylbutane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	11,2	0,1	1,3	7,6
Pentane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	66	0,1	1,5	2,9
2-méthylpentane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	38	0,1	3,3	26
2,2,4-Triméthylpentane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	10,0	0,1	0,4	1,2
Hexane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	69	0,0	57	0,3	3,3	11,7
Heptane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	247	0,5	15,0	101
Octane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	29	0,1	2,0	11,8
∑ Alcanes	µg/Nm <sup>3</sup> sec	63	0,1	293	11,5	37,1	182
Benzène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	557	14,4	65	367
Toluène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,1	404	2,4	30,2	266
Ethylbenzène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,1	113	0,2	5,2	36,3
Xylènes	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,1	173	0,6	8,0	57
BTEX	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,1	1012	29	99	511
Dichlorométhane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	54	0,1	41	1,1	5,0	15,1
1,2-Dichloroéthane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	12,0	0,2	1,8	9,2
1,1,1-Trichloroéthane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	6,0	0,1	0,1	0,1
Trichloroéthylène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	12,0	0,1	1,2	6,3
Tétrachloroéthylène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	9,0	0,1	1,2	6,4
Chlorure de vinyle	µg/Nm <sup>3</sup> sec	75	0,0	12,0	0,1	1,0	3,9
Chlorés	µg/Nm <sup>3</sup> sec	69	0,1	57	3,0	9,9	40,4
CxHy tot	mg C/N.m <sup>3</sup>	31	251	1142	489	620	1024

TORCHÈRES							
	Unités	Nb mes.	Min	Max	MED	MOY	P95
CO <sub>2</sub>	% v/v sec	32	8,3	15	11,0	11,1	14,0
O <sub>2</sub>	% v/v sec	32	4,0	11	7,6	7,7	10,5
CO	mg/Nm <sup>3</sup> (*)	32	1,0	101	3,7	11	52
NO	mg/Nm <sup>3</sup> (*)	31	16,6	105	44,0	46,4	92
NOx	mgNO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> (*)	31	28,1	164	64,5	71	138
SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup> (*)	32	3,5	200	54,3	69	180
Butane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	4,9	0,1	0,2	0,5
Isobutane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	30	0,0	4,8	0,1	0,2	0,5
2-Méthylbutane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	0,7	0,1	0,1	0,1
Pentane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	1,8	0,1	0,1	0,3
2-Méthylpentane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	22	0,1	1,1	5,1
2,2,4-Triméthylpentane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	0,3	0,1	0,1	0,2
Hexane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	30	0,0	14	0,1	1,0	5,1
Heptane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	42	0,1	2	9
Octane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	24	0,1	1,5	7,3
∑ Alcanes	µg/Nm <sup>3</sup> sec	30	0,3	75	1,1	7	37
1-Butène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	4,1	0,1	0,3	1,1
E-Butène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	5	0,1	0,6	3,3
Z-Butène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	12	0,1	0,7	4,3
2-Méthyl-2-Butène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	5,6	0,1	0,3	1,0
1,3-Butadiène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	10	0,1	0,4	0,6
1-Pentène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	0,8	0,1	0,1	0,2
2-Pentène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	3,5	0,1	0,2	0,8
1-Hexène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	5,7	0,1	0,4	1,4
∑ Alcènes	µg/Nm <sup>3</sup> sec	30	0,1	27	0,8	2,9	9,6
Benzène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	2,2	0,3	0,6	2,0
BTEX	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,2	32	1,5	4,2	17
Chlorure de vinyle	µg/Nm <sup>3</sup> sec	36	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1
∑ Chlorés	µg/Nm <sup>3</sup> sec	30	0,1	12	0,5	1,7	6,6

### **Annexe 3 : Rendement de combustion par torchères et moteurs des principaux composants/polluants des biogaz**

**(1 page)**

	Unités	Biogaz	Émissions Moteurs		Émissions Torchères		Rapport M/T
		Med	Med	R	Med	R	
CO2	% v/v.sec	35,2	12,49	-	11,0	-	1,1
O2	% v/v.sec	0,7	6,53	-	7,6	-	0,9
CO	mg/N.m <sup>3</sup> (*)	-	657,13	-	3,7	-	178,8
NO	mg/N.m <sup>3</sup> (*)	-	152,74	-	44,0	-	3,5
NOx	mgNO <sub>2</sub> /N.m <sup>3</sup> (*)	-	346,13	-	64,5	-	5,4
SO2	mg/N.m <sup>3</sup> (*)	-	41,48	-	54,3	-	0,8
Butane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	3590	0,61	99,887%	0,1	99,989%	12,3
Isobutane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	93	0,05	99,646%	0,1	99,592%	1,0
2-Méthylbutane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	1118	0,05	99,971%	0,1	99,966%	1,0
Pentane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	1663	0,05	99,980%	0,1	99,977%	1,0
2-Méthylpentane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	273	0,10	99,759%	0,1	99,861%	2,0
2,2,4-Triméthylpentane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	404	0,05	99,918%	0,1	99,906%	1,0
Hexane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	1271	0,28	99,855%	0,1	99,970%	5,6
Heptane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	3208	0,53	99,890%	0,1	99,976%	5,3
Octane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	3037	0,14	99,970%	0,1	99,975%	1,4
∑ Alcanes	µg/Nm <sup>3</sup> sec	25353	11,50	99,701%	1,12	99,967%	10,3
1-Butène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	2420	0,05	99,986%	0,05	99,984%	1,0
E-Butène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	343	0,10	99,808%	0,05	99,889%	2,0
Z-Butène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	811	0,23	99,816%	0,05	99,953%	4,5
2-Méthyl-2-Butène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	444	0,12	99,815%	0,05	99,914%	2,5
1,3-Butadiène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	839	0,05	99,961%	0,05	99,955%	1,0
1-Pentène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	180	0,10	99,633%	0,05	99,789%	2,0
2-Pentène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	118	0,05	99,721%	0,05	99,679%	1,0
1-Hexène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	119	0,05	99,724%	0,05	99,682%	1,0
∑ Alcènes	µg/Nm <sup>3</sup> sec	8183	7,19	99,421%	0,83	99,923%	8,7
Benzène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	1661	14,39	94,290%	0,25	99,885%	57,1
Toluène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	15481	2,37	99,899%	0,64	99,968%	3,7
Ethylbenzène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	7217	0,20	99,982%	0,16	99,984%	1,3
Xylènes	µg/Nm <sup>3</sup> sec	19085	0,60	99,979%	0,23	99,991%	2,7
BTEX	µg/Nm <sup>3</sup> sec	33386	29,00	99,428%	1,47	99,966%	19,7
Dichlorométhane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	246	1,05	97,190%	0,05	99,846%	21,0
1,2-Dichloroéthane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	73	0,24	97,841%	0,05	99,482%	4,8
1,1,1-Trichloroéthane	µg/Nm <sup>3</sup> sec	9	0,05	96,290%	0,05	95,722%	1,0
Trichloroéthylène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	471	0,05	99,930%	0,05	99,919%	1,0
Tétrachloroéthylène	µg/Nm <sup>3</sup> sec	391	0,10	99,832%	0,05	99,903%	2,0
Chlorure de vinyle	µg/Nm <sup>3</sup> sec	339	0,05	99,903%	0,05	99,888%	1,0
∑ Chlorés	µg/Nm <sup>3</sup> sec	1739	3,00	98,863%	0,50	99,782%	6,0

(\*) mesures ramenées sur gaz sec, à 5%O<sub>2</sub>.

Taux de dilution moyen des fumées de moteur: 6,59

Taux de dilution moyen des fumées de torchères: 7,60

**Annexe 4 : Statistiques complètes (2009) sur la qualité de l'air autour des C.E.T.  
(2 pages)**

C.E.T.	Année		CH4 (mg/m <sup>3</sup> ) VS* = 1,35			H2S (µg/m <sup>3</sup> ) VS = 7			Benzène (µg/m <sup>3</sup> ) VS = 5 (moy / an)			Limonène (µg/m <sup>3</sup> ) VS = 10			Poussières VS = 50 (35j/an)	
			amont	aval		amont	aval		amont	aval		amont	aval		amont	aval
MSG	1999	nbre de mesures	932	2245	0	1370	2845	0	1855	1548	0	0	0	0	1679	2889
		temps de mesure (H)	466	1122,5		685	1422,5		927,5	774					839,5	1444,5
		moyenne	3,26	3,48		1	3		1,5	2,6					33	34
		maximum	18,41	16,51		7	9									
	mesures > VS (nombre)													554,07	1097,82	
	mesures > VS (% temps)													33%	38%	
	2001	nbre de mesures	513	1608	1273	0	1435	1241	575	1181	1006	0	0	0	0	0
		temps de mesure (H)	256,5	804	636,5		717,5	620,5	287,5	590,5	503					
		moyenne	1,28	2,88	1,43		1	1	0,7	0,6	1					
		maximum	2,27	47,62	4,68		15	7	10,6	25	14,3					
	mesures > VS (nombre)															
	mesures > VS (% temps)															
2005	nbre de mesures	2580	2928	2655	2586	2927	2840	2341	2823	2618	1216	2664	1823			
	temps de mesure (H)	1290	1464	1327,5	1293	1463,5	1420	1170,5	1411,5	1309	608	1332	911,5	0	0	
	moyenne	1,27	3,01	1,59	1	1	1	1,1	0,4	1,5	0,1	3,7	3,3			
	maximum	4,5	34,95	4,68	7	18	3	24	13,7	16,2	5,8	387	400			
mesures > VS (nombre)	568	1845	1593	0	29	0				0	152	100				
mesures > VS (% temps)	22%	63%	60%	0%	1%	0%				0%	5,7%	5,5%				
2009	nbre de mesures															
	temps de mesure (H)															
	moyenne															
	maximum															
mesures > VS (nombre)																
mesures > VS (% temps)																
HAL	1999	nbre de mesures	2278	1596	0	2121	1653	0	1001	0	0	0	0	0	1193	885
		temps de mesure (H)	1139	798		1060,5	826,5		500,5	0					596,5	442,5
		moyenne	1,64	7,9		2	1		1,7						19	22
		maximum														
	mesures > VS (nombre)		1596											60	210	
	mesures > VS (% temps)		100%											5%	24%	
	2002	nbre de mesures	1042	2102		1173	2280		2232	2082		0	0	0	1988	2476
		temps de mesure (H)	521	1051	0	586,5	1140	0	1116	1041	0	0	0	0	994	1238
		moyenne	1,65	4,34		3	1		0,7	0,8					30	29
		maximum	15,8	64,49		12	6		9,4	3,9					131	196
	mesures > VS (nombre)		2102					3								
	mesures > VS (% temps)		100%					0,13%								
2006	nbre de mesures	0	1532	1225	0	601	1329	0	1497	1190	0	1503	924	0	0	
	temps de mesure (H)		766	612,5		300,5	664,5		748,5	595		751,5	462			
	moyenne		2,92	5,19		1	5		0,3	1		0,1	0,6			
	maximum		17,26	71,9		5	62		2	3		0,2	11,8			
mesures > VS (nombre)		1272	808			220					0	4				
mesures > VS (% temps)		83%	66%			17%					0%	0,4%				
CAB	2000	nbre de mesures	2704	2013	0	2758	2338	0	2012	0	0	0	0	0	2923	2392
		temps de mesure (H)	1352	1006,5		1379	1169		1006	0					1461,5	1196
		moyenne	3,92	2,89		4	1		1						24	33
		maximum														
	mesures > VS (nombre)					7								150	790	
	mesures > VS (% temps)					0,30%								5%	33%	
	2002	nbre de mesures	2338	2631	0	3033	1806	0	1936	2305	0	0	0	0	3184	3164
		temps de mesure (H)	1169	1315,5		1516,5	903		968	1152,5					1592	1582
		moyenne	9,38	2,62		5	2		0,7	1,5					19	22
		maximum	100,05	63,23		157	30		5,5	22,5					217	100
	mesures > VS (nombre)				463	31								31,84	379,68	
	mesures > VS (% temps)				15,27%	1,72%								1%	12%	
2004	nbre de mesures	1205	2135	0	1982	2112	0	1947	2302	0	1416	2043	0	0	0	
	temps de mesure (H)	602,5	1067,5		991	1056		973,5	1151	0	708	1021,5	0	0	0	
	moyenne	6,54	1,93		1	1		0,4	0,3		0,1	0,1				
	maximum	62,89	31,4		10	4		3,5	1,8		10,9	2,8				
mesures > VS (nombre)	844	790		3						1						
mesures > VS (% temps)	70%	37%		0,15%						0,07%						
2007	nbre de mesures	2006	2753	5024	2009	5454	0	1754	5288	0	1979	3757	0	0	0	
	temps de mesure (H)	1003	1376,5	2512	1004,5	2727		877	2644		989,5	1878,5				
	moyenne	3,87	8,01	4,67	1	2		0,4	0,3		0,1	0,1				
	maximum	66,57	95,91	96,15	14	30		7,5	22,3		42,9	32,7				
mesures > VS (nombre)	1103	2230	4120	4	58					1	5					
mesures > VS (% temps)	55%	81%	82%	0,20%	1,06%					0,05%	0,13%					
FRO	2000	nbre de mesures	706	1554	0	1020	1132	0	686	0	0	0	0	0	2710	1355
		temps de mesure (H)	353	777		510	566		343	0					0	20
		moyenne	3,24	2,74		1	1		0,7							
		maximum														
	mesures > VS (nombre)													135	5%	
	mesures > VS (% temps)															
	2003	nbre de mesures	1343	998	0	1416	1436	0	1282	503	0	0	0	0	0	0
		temps de mesure (H)	671,5	499		708	718		641	251,5						
		moyenne	4,08	1,65		2	1		0,8	0,7						
		maximum	53,03	12,91		12	4		8,5	13,5						
	mesures > VS (nombre)	1343			28	0										
	mesures > VS (% temps)	100%			2%	0%										
2007	nbre de mesures	0	1882	0	0	2618	0	1963	0	0	0	848	0	0	0	
	temps de mesure (H)		941			1309		981,5				424				
	moyenne		1,99			1		0,2				0,1				
	maximum		28,88			5		3,4				11,8				
mesures > VS (nombre)		640									1					
mesures > VS (% temps)		34%									0,12%					
BEL	2001	nbre de mesures	2204	1836	0	2212	1833	0	1835	0	0	0	0	2184	1808	
		temps de mesure (H)	1102	918		1106	916,5		1059,5	917,5				1092	904	
		moyenne	1,24	1,45		1	1		0,4	0,8				14	17	
		maximum														
	mesures > VS (nombre)												0	90,4		
	mesures > VS (% temps)												0%	5%		
	2003	nbre de mesures	2762	2827	0	2769	2829	0	2723	2740	0	1046	2761	0	0	
		temps de mesure (H)	1381	1413,5		1384,5	1414,5		1361,5	1370		523	1380,5			
moyenne		1,48	1,45		1	1		0,9	0,4		0,1	0,1				
maximum																
mesures > VS (nombre)																
mesures > VS (% temps)																

C.E.T.	Année		CH4 (mg/m³) VS* = 1,35		H2S (µg/m³) VS = 7		Benzène (µg/m³) VS = 5 (moy / an)		Limonène (µg/m³) VS = 10		Poussières VS = 50 (35j/an)				
			amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval			
CRO	2001	nbre de mesures	4440		3664		3312					3596			
		temps de mesure (H)	2220	0 0	1832	0 0	1656	0 0	0	0 0	0	1798			
		moyenne maximum	4,9		1		1,6					21 113			
	2005	mesures > VS (nombre)	4440									863,04			
		mesures > VS (% temps)	100%									24%			
		nbre de mesures	1699		1872		1864		1844						
BEA	2002	temps de mesure (H)	0	2292 1625	0	882	2332	2547							
		moyenne maximum		1146 812,5		441 0	1166	1273,5	0	0	0 0	0 0			
		mesures > VS (nombre)		4,04 2,55		1	0,9	0,6							
	2004	mesures > VS (% temps)		39,15 15,44		4	6,6	11,6							
		nbre de mesures	0	2799 3480	3736	1346	3217	3394	1969	2827					
		temps de mesure (H)	0	1399,5 1740	1868	673	0	1608,5	1697	0	984,5	1413,5	0 0 0		
2008	moyenne maximum		4,09 2,85		1	0,6	1,1	0,1	0,7						
	mesures > VS (nombre)		41,52 24,08		21	3	27,5	257,3	1,5	65,4					
	mesures > VS (% temps)		68% 50%		0,62%	0%									
CHA	2004	nbre de mesures	2232	3033	2733	3072	3118		2178						
		temps de mesure (H)	1116	1516,5	0	1366,5	1536	0	0	1559	0	1089	0 0 0		
		moyenne maximum	1,78	2,04		1	1		0,2	0,4		0,4			
	2007	mesures > VS (nombre)	46,05	32,42		14	24		2,3		36,1				
		mesures > VS (% temps)				0,15%	1%		0%		1%				
		nbre de mesures	1071	1335		4	32				17				
2004	temps de mesure (H)	0	2066 824	0	1934 1383	0	1435	0	0	1123					
	moyenne maximum		1033 412		967 691,5		717,5	0	0	561,5	0 0 0				
	mesures > VS (nombre)		2,1 30,04		1 2		0,3			0,2					
TEN	2004	mesures > VS (% temps)		1,45 14,17		3 27		1,7		30,7					
		nbre de mesures	2613	2713	3069	1916	1748	2286	1656	2163					
		temps de mesure (H)	1306,5	1356,5	0	1534,5	958	0	874	1143	0	828	1081,5	0 0 0	
	2005	moyenne maximum	2,05	7,18		1	4		1,4	0,3	8	6,2			
		mesures > VS (nombre)	7,46	48,46		15	16		4,5	8	139,4	441,5			
		mesures > VS (% temps)				0,07%	8%				23%	12%			
HAB	2005	nbre de mesures	3658	2347	713	3788	2156	913	3580	1449	862	3732	920	852	
		temps de mesure (H)	1829	1173,5	356,5	1894	1078	456,5	1790	724,5	431	1866	460	426	
		moyenne maximum	1,31	1,37	5,58	1	3	5	0,3	1,1	1,3	0,1	0,6	14,9	
	2009	mesures > VS (nb)	2,59	4,8	20,36	3	24	30	3	2,9	2,7	0,1	1,3	66,2	
		mesures > VS	1207	704	684	0	328	191	0	0	0	0	6	340	
		mesures > VS (% temps)	33%	30%	96%	0%	15%	21%	0%	0%	0%	0%	0,65%	40%	
MAL	2006	nbre de mesures	2246	3688		3961	3870		1900	3093		1373	2208		
		temps de mesure (H)	1123	1844	0	1980,5	1935	0	950	1546,5	0	686,5	1104	0	0
		moyenne maximum	1,33	3,12		1	1		0,2	0,5		0,1	0,6		
	2007	mesures > VS (nombre)	7,09	62,88		26	11		3	1,4		4,1	20,8		
		mesures > VS (% temps)	21%	56%		0,78%	0,08%		0%	0%		0%	0,5%		
		nbre de mesures	0	0	0	0	2177								
2008	temps de mesure (H)	0	0	0	0	1088,5	0	0	0	0	0	0	0		
	moyenne maximum					2									
	mesures > VS (nombre)					16									
MOR	2006	mesures > VS (% temps)					24								
		nbre de mesures	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		temps de mesure (H)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2006	moyenne maximum					0								
		mesures > VS (nombre)	836	2076		0	75					0	0		
		mesures > VS (% temps)	45%	78%		0%	2,7%					0%	0%		
		nbre de mesures	41359	76307	55973	67655	42002	61602	20508	38663	13151	19920			
		temps de mesure (H)	20680	38154	27987	33828	21001	30801	10254	19332	6576	9960			
		nbre de campagnes	20,0	27,0	21,0	25,0	18,0	23,0	9,0	14,0	8,0	6,0			
		Moyenne Min	1,240	1,370	1,0	1,0	0,2	0,2	0,1	0,1	14,0	17,0			
		Moyenne	2,897	4,775	1,5	2,1	0,8	0,9	0,9	2,8	23,2	24,8			
		Moyenne Max	9,380	30,040	5,0	5,0	1,6	2,6	8,0	14,9	33,0	34,0			
		Maximum	100,050	96,150	157	62	37	257	139	442	217	196			
		Mesure> VS (%t) min	0,210	0,300	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%			
		Mesure> VS (%t) moy	0,575	0,646	2%	5%	0%	0%	4%	7%	10%	20%			
		Mesure> VS (%t) max	1,000	1,000	15%	21%	0%	0%	23%	40%	33%	38%			