

RESEAU DE CONTRÔLE DES C.E.T. EN REGION WALLONNE

C.E.T. D'HALLEMBAYE

Deuxième campagne de contrôle

Février - avril 2002

C. COLLART
P. DENGIS

Avertissement

Le présent rapport fait référence à différentes annexes où sont repris les rapports d'essais relatifs à cette campagne de contrôle, qu'ils soient internes à l'ISSeP ou le fruit de sous-traitants extérieurs.

Etant donné la publication de ce rapport sur Internet et le volume important représenté par ces annexes, nous avons choisi de ne pas les diffuser sur ce site mais de les tenir à la disposition de ceux qui seraient intéressés par leur consultation.

ISSeP (Institut Scientifique de Service Public)

Rue du Chéra, 200

B4000 LIEGE

Tél. : + 32 4 229 83 11

Fax : + 32 4 252 46 65

Adresses E-mail :

p.dengis@issep.be

c.collart@issep.be

Table des matières

1. Avant-propos
2. Méthodologie d'enquête

PARTIM EAU

3. Eau de surface
4. Eaux souterraines
 - 4.1. Introduction
 - 4.2. Qualité des eaux
 - 4.3. Contrôle de l'ISSEP : qualité de l'échantillonnage
 - 4.4. Résultats des analyses
5. Puits
 - 5.1. Localisation
 - 5.2. Prélèvements
 - 5.3. Résultats
6. Lixiviats
7. Rejets des stations d'épuration

PARTIM AIR

8. Emissions
 - 8.1. Biogaz
 - 8.1.1. Composés majeurs
 - 8.1.2. Sulfure d'hydrogène
 - 8.1.3. Composés organiques volatils (COV)
 - 8.2. Moteur
 - 8.2.1. Composés majeurs
 - 8.2.2. Composés organiques volatils (COV)
 - 8.2.3. Analyses des matières organiques

- Dioxines
- PCB et PAH

8.3. Torchère

8.3.1. Composés majeurs

8.3.2. Composés organiques volatils (COV)

9. Contrôle des émissions surfaciques

9.1. Introduction

9.2. Traitement des données

9.3. Conditions climatiques observées

9.4. Résultats

9.5. Evolution

10. Mesures des nuisances olfactives

10.1. Introduction

10.2. Méthodologie

10.3. Observations

10.4. Conclusions

11. Qualité de l'air

12. Conclusions

13. Bibliographie

1. Avant-propos

Le réseau de contrôle des C.E.T. en Région wallonne a été mis en place en 1998; la gestion en a été confiée à l'ISSeP. Dans ce cadre, une première campagne de mesures des nuisances induites par ces décharges a été réalisée sur les sept centres d'enfouissement technique repris dans ce réseau : Mont-Saint-Guibert, Hallembaye, Cour-au-Bois, Froidchapelle, Cronfestu, Belderbusch et Champ de Beaumont. Un état des lieux de chaque site a pu ainsi être dressé.

Afin de suivre l'évolution des paramètres environnementaux classiques déjà étudiés lors de la première campagne, une deuxième campagne de contrôle est réalisée; elle aborde les mêmes aspects tant au niveau de l'eau que de l'air que la campagne précédente, quelques variantes étant aménagées en fonction des premiers résultats obtenus.

Le C.E.T. d'Hallembaye a connu deux phases dans son exploitation : une première phase dénommée Hallembaye 1, a été exploitée de 1990 à 1999 ; la couverture définitive a été placée sur la quasi-totalité de la zone. La deuxième phase concerne l'extension de la décharge - Hallembaye 2 – dont l'exploitation est en cours actuellement.

Le plan général du site est repris sur la [figure 1](#).

La première campagne de contrôle réalisée en 1999, ne concernait qu'Hallembaye 1 . En effet, l'enfouissement des déchets était terminé sur Hallembaye 1 et une couverture provisoire avait été placée sur cette zone. Quant à Hallembaye 2, son exploitation n'avait pas encore commencé.

L'objet du présent rapport concerne donc la deuxième campagne de contrôle et d'analyses réalisée sur l'ensemble du C.E.T. d'Hallembaye : Hallembaye 1 étant réhabilitée et Hallembaye 2 étant en pleine exploitation.

2. Méthodologie

La méthodologie adoptée pour la première campagne est maintenue.

Deux volets sont étudiés : l'analyse des eaux souterraines et des rejets ainsi qu'un deuxième volet relatif aux nuisances produites par les effluents gazeux.

Partim EAU :

- Un contrôle de la validité des analyses effectuées dans le cadre de l'autocontrôle du Centre d'Enfouissement Technique d'Hallembaye. Ce dernier est confié au laboratoire MALVOZ de Liège. Dans le cadre des opérations d'échantillonnage, l'ISSeP était présent et des

échantillons d'eaux ont été prélevés en doublons pour être soumis à une analyse contradictoire.

- ❑ L'analyse des eaux de puits situés à proximité du site afin de mesurer l'impact éventuel du C.E.T. sur son environnement proche.
- ❑ L'analyse des rejets des deux stations d'épuration installées sur le C.E.T.
- ❑ L'analyse de deux lixiviats : celui venant de la partie réhabilitée (Hallembaye 1) et celui produit par la partie du C.E.T. actuellement en exploitation (Hallembaye 2).

Partim AIR

Notre investigation a été menée sur 4 fronts bien distincts :

- ❑ Les sources dites ponctuelles (moteurs et torchères) ont fait l'objet de mesures à l'émission. Des analyses permettant de détecter la présence de dioxines et de PCB ont complété les mesures réalisées sur le moteur.
- ❑ La localisation et la quantification des éventuelles fuites de biogaz à travers la surface du C.E.T. grâce à un appareil FID (Flame Ionization Detector).
- ❑ Le traçage de zones d'odeurs sur le terrain permettant de déterminer les courbes limites de perception olfactive.
- ❑ L'analyse de la qualité de l'air atmosphérique dans l'environnement proche du C.E.T. grâce à l'installation de laboratoires mobiles situés en amont et en aval du site par rapport aux vents dominants.

Partim EAU

3. Eaux de surface

Le C.E.T. d'Hallembaye est situé entièrement dans le bassin fluvial de la Meuse.

Dans ce bassin concerné, on relève différents affluents directs de la Meuse :

- Le ruisseau de Loën, situé au Nord et qui est largement alimenté par les eaux de la nappe pompée dans la carrière CBR toute proche. In fine, ce ruisseau alimente le réseau d'égouttage qui longe le canal et finit par se jeter dans la Meuse
- Le ruisseau d'Hallembaye, prend sa source à environ 1km à l'Ouest du C.E.T. et passe à 500 m des limites sud du site. La source de ce ruisseau peut se tarir en été. De plus, ce ruisseau tient lieu d'égout à ciel ouvert récoltant les eaux usées d'habitations riveraines.
- Le ruisseau de Grand Aaz prend sa source à Hermée ; il s'écoule du Sud-Ouest vers le Nord-Est et passe à 1700m au Sud du C.E.T.
- Le ruisseau de Beurieu qui prend le même chemin que le ruisseau du Grand Aaz.

La [carte hydrogéologique](#) reprend leur localisation.

A la suite de divers repérages sur le terrain, il ressort que ces ruisseaux sont influencés par d'autres sources de pollution, que ce soient le réseau d'égouttage communal, les écoulements d'eaux usées d'habitations ou les rejets d'eaux provenant des entreprises implantées dans la région.

Pour cette raison et au vu de leur localisation assez éloignée par rapport au C.E.T., il nous semble très difficile de mettre en évidence une influence directe du seul C.E.T. sur la qualité des eaux d'un de ces ruisseaux.

C'est pourquoi aucune analyse d'eaux de surface n'a été réalisée dans le cadre de ce contrôle.

4. Eaux souterraines.

4.1. Introduction

La région d'Hallembaye est caractérisée par l'existence de trois nappes aquifères logées dans des formations géologiques différentes. Il s'agit de :

- La nappe des alluvions de la Meuse,
- La nappe des craies crétacées de Hesbaye,
- La nappe du bedrock houiller namurien

Les eaux souterraines sont accessibles grâce à une série de piézomètres forés autour du C.E.T. et contrôlés régulièrement.

De plus, le fond du Centre d'Enfouissement Technique d'Hallembaye est installé dans les excavations de smectite et se trouve en deçà du niveau piézométrique supérieur de l'aquifère de la craie.

Afin de prévenir la mise en charge de l'étanchéité et d'éviter tout risque d'infiltration des eaux au sein du C.E.T., la nappe de la craie est rabattue au moyen d'une installation d'exhaure mobile.

En deux endroits, les eaux de la nappe de la craie, appelées eaux d'exhaure, sont pompées pour être rejetées vers les égouts. Ces deux lieux de prélèvement se dénomment source S1 et source S2 et se situent :

Source S1 :	au "puits Sud" au sud de la cuvette H2, lieu de pompage des eaux de la nappe de la craie
Source S2 :	derrière la station de pompage, près de la falaise dans le bassin de collecte des eaux de la nappe.

Leur implantation est reprise sur la figure intitulée [points de prélèvement](#).

On trouve également d'autres piézomètres, captages et puits implantés dans l'environnement proche du C.E.T. Un inventaire précis sur le terrain a été réalisé par l'ISSeP afin de déterminer les ouvrages qui pourraient être influencés directement par le C.E.T. Le chapitre 5 fait référence à ces investigations.

L'autocontrôle des eaux souterraines est imposé à l'exploitant par [l'autorisation d'exploiter du 6 janvier 1998](#) : 6 piézomètres, tous forés dans la nappe du houiller, ainsi que les eaux d'exhaure S1 et S2 ont été retenus comme instruments de contrôle et sont analysés trois fois par an : février, juin et octobre.

L'ensemble des résultats obtenus depuis de nombreuses années sont collectés dans le dossier technique d'Hallembaye sur le site web.

4.1. Qualité des eaux .

Les résultats relatifs à la campagne de février 2002 sont repris dans le tableau 1.

La qualité des eaux souterraines est évaluée par rapport à [l'Arrêté de l'Exécutif Régional Wallon du 20 juillet 1989](#) relatif à la qualité de l'eau distribuée par le réseau (M.B. du 17 février 1990).

Commentaires :

- ❑ Depuis 1998, les résultats des eaux souterraines soulignent une tendance générale à une stabilisation des paramètres analysés. Cela a été montré en 1999, date de notre première campagne de contrôle et se confirme également lors de cette campagne 2002.
- ❑ La conductivité des piézomètres et eaux d'exhaure présente des valeurs faibles. Le piézomètre P8 montre une conductivité un peu plus élevée que les autres; elle demeure néanmoins bien en deçà de la norme admissible. Les valeurs observées pour ce piézomètre P8 sont constantes dans le temps.
- ❑ On observe un dépassement pour l'indice phénol au niveau des eaux d'exhaure S1 et S2
- ❑ La teneur en chlorures est très faible, sauf à nouveau pour le piézomètre P8.
- ❑ Concernant les métaux lourds, tous les paramètres présentent des valeurs faibles. Aucun dépassement des normes maximales admissibles n'est observé. A noter une concentration en zinc un peu plus importante pour l'eau d'exhaure S2.
- ❑ Quant aux micropolluants organiques, les teneurs mesurées sont en dessous des limites de détection.

4.3. Contrôle de l'ISSeP : qualité de l'échantillonnage des eaux souterraines.

Dans le cadre du réseau de contrôle des C.E.T., la surveillance comporte non seulement des mesures effectuées par l'ISSeP dans l'environnement du C.E.T., mais également le contrôle et l'examen des mesures effectuées dans le cadre de l'autocontrôle (qualité de l'échantillonnage et analyses par mesures sur des doublons).

Depuis de nombreuses années, INTRADEL confie cette mission au laboratoire Ernest MALVOZ de Liège dont le responsable est Monsieur Della Fiorentina. Ce laboratoire est agréé pour les analyses en matière de protection d'eaux de surface et potabilisables exception faite pour le Carbone Organique Total. Ce dernier paramètre est donc sous-traité dans un laboratoire extérieur.

Le laboratoire Malvoz ne disposant pas du matériel nécessaire pour le prélèvement, c'est à WATCO que revient la tâche de procéder aux pompages des eaux et c'est le technicien du laboratoire Malvoz qui procède à la prise d'échantillons des eaux.

La double prise d'échantillons des eaux souterraines a été réalisée sur trois piézomètres et une eau d'exhaure, à savoir : FD7, P8, P SNCB et source S2..

Ces prélèvements ont été réalisés les 18 et 19 février 2002.

L'échantillonnage des eaux souterraines est effectué en accord avec « le protocole de prélèvement d'eau dans les piézomètres », mentionné dans le Cahier Spécial des charges des études d'incidence pour l'élaboration du projet de plan des C.E.T. ^[1]

Les préleveurs sont équipés d'une pompe immergée GRUNDFOS BMI/MP1 – 230V, d'un tuyau en téflon de 100m de long, ainsi que d'un groupe électrogène adapté à la puissance de la pompe. Le niveau de la nappe ainsi que le niveau statique sont d'abord mesurés.

Pour chaque échantillonnage, une mesure du débit est effectuée ainsi que la mesure de différents paramètres : pH, température, conductivité . Ceux-ci sont mesurés toutes les dix minutes jusqu'à stabilisation des paramètres.

La directive européenne 1999/31/CE du 26 avril 1999 concernant la mise en décharge des déchets, fait notamment référence, dans le cadre des prélèvements d'échantillons d'eaux souterraines, à la norme internationale ISO 5667-11 ^[2]. Cette dernière recommande la filtration in situ des échantillons pour les stabiliser.

Le laboratoire MALVOZ ne procède pas à cette filtration in situ.

Lorsque les paramètres sont stabilisés, la prise d'eau est effectuée; les bouteilles sont remplies correctement et sont étiquetées.

4.4. Résultats des analyses

Le rapport d'essai de nos laboratoires est disponible en annexe 1 et les résultats comparatifs sont repris dans les tableaux 2 et 3 ci-dessous.

Remarque :

Afin d'observer la qualité des différents types d'eaux échantillonnés - que ce soient eaux souterraines, lixiviats, eaux de puits ou bien rejets des stations d'épuration, une même liste de paramètres a été établie par l'ISSeP et reprise pour chaque prélèvement. C'est ainsi que les analyses des doublons des eaux souterraines comportent la liste des paramètres imposés par l'autorisation d'exploiter ainsi qu'une série d'autres paramètres que nous jugeons intéressants.

Commentaires

a. Au niveau de la comparaison des résultats des deux laboratoires.

- ❑ La concordance entre les deux laboratoires est très bonne.
- ❑ Deux divergences sont néanmoins observées pour l'échantillon de l'eau d'exhaure S2 : la première au niveau de la détection de l'indice phénol, l'ISSeP étant en dessous de la limite de détection alors que l'institut Malvoz mesure des phénols. La teneur obtenue par Malvoz dépasse la valeur maximale admissible.

La seconde différence s'observe au niveau du zinc : l'ISSeP est en dessous de la limite de détection tandis que Malvoz obtient une teneur non négligeable pour ce paramètre, mais néanmoins bien en deçà de la valeur maximale de 5000 µg/l.

b. Au niveau de l'ensemble des résultats.

- ❑ Pour les quatre eaux analysées, les teneurs des différents paramètres montrent en grande majorité des valeurs inférieures aux valeurs maximales admissibles reprises dans l'A.E.R.W. du 20 juillet 1989.

Il faut cependant souligner quelques valeurs plus élevées :

- ❑ Concernant l'azote Kjeldahl, on peut observer un dépassement pour les trois piézomètres tant le piézomètre situé en amont par rapport au sens d'écoulement des eaux souterraines (FD7) que les piézomètres aval (P8 et P SNCB). La source S2 se trouve, quant à elle, en dessous de la limite de détection.
- ❑ Les teneurs observées pour l'ensemble des métaux et métalloïdes sont faibles exception faite pour le fer.

Pour ce paramètre, un dépassement de la norme fixée à 200 µg/l s'observe pour les piézomètres FD7, P SNCB et la source S2 tandis que le piézomètre P8 présente une teneur élevée mais néanmoins inférieure à la valeur maximale admissible.

Une concentration élevée en fer et en manganèse est souvent caractéristique du type de nappe dans laquelle on a prélevé, dans le cas présent, la nappe du Houiller.

- ❑ Pour le piézomètre P8, on peut remarquer un dépassement en manganèse ainsi qu'une valeur plus élevée que les autres piézomètres pour les sulfates.
- ❑ A noter également pour la source S2, une valeur plus importante en nitrates et un dépassement important en HAP.
- ❑ L'analyse des paramètres organiques a montré des teneurs très faibles, souvent inférieures à la limite de détection. C'est le cas pour les BTEX, PCB, HAP (sauf source S2) et hydrocarbures.
- ❑ Concernant la détection de phtalates, elle a permis de mettre en évidence leur présence dans les quatre eaux analysées. Leur présence est toutefois plus importante dans l'eau du piézomètre P8 que les autres points de prélèvement (cinq phtalates détectés au lieu de 2 ou 3).

En conclusion, le piézomètre P8 situé au Nord-Est du site, se trouve en aval piézométrique par rapport au C.E.T. Il montre des teneurs plus élevées pour une majorité de paramètres par rapport aux autres points de contrôle.

5. Puits

5.1. Localisation.

Plusieurs captages d'eau souterraine sont recensés dans un rayon de 5 km autour du C.E.T. d'Hallembaye.

Ces puits sont essentiellement forés dans la nappe de la craie et dans la nappe alluviale. Le nombre réduit de captages dans la nappe du Houiller s'explique par la mauvaise qualité chimique de l'eau de cet aquifère et la faiblesse des débits généralement obtenus.

Parmi tous ces captages, deux ont retenu notre attention; il s'agit de deux puits appartenant à Monsieur Labye, de Loën, l'un foré dans la nappe du houiller, l'autre dans la nappe des alluvions.

Leur implantation est reprise sur la [carte hydrogéologique](#); ils portent les numéros 1 et 41.

Ces deux puits sont intéressants car ils sont situés en aval piézométrique direct par rapport au C.E.T. Ils nous permettent ainsi d'observer la qualité de l'eau en aval du C.E.T., à une distance plus éloignée que les piézomètres qui sont implantés aux abords immédiats du C.E.T.

5.2. Prélèvements

Ces deux puits sont destinés à un usage agricole. Le puit foré dans la nappe du Houiller alimente un poulailler; étant donné le caractère naturellement chargé en fer de cette eau, un traitement de déférisation est appliqué sur l'eau pompée. L'échantillon d'eau soumis à notre analyse a été réalisé en amont de ce traitement.

Quant à l'eau provenant de la nappe alluviale, le point de prélèvement correspond à un robinet raccordé au puits; nous avons donc laissé l'eau couler pendant une vingtaine de minutes avant de réaliser la prise d'échantillon.

5.3. Résultats.

Les tableaux 4 et 5 ci-dessous reprennent les résultats des analyses de ces puits.

La qualité des eaux souterraines est évaluée par rapport à [l'Arrêté de l'Exécutif Régional Wallon du 20 juillet 1989](#) relatif à la qualité de l'eau distribuée par le réseau (M.B. du 17 février 1990).

C.E.T. d'Hallembaye : Analyse d'eaux de puits

Février 2002

			Puits Labye Nappe du Houiller	Puits Labye Alluvions	V.M.A.
Laboratoire			ISSeP	ISSeP	
	ABREV.	UNITE	19 févr 02	19 févr 02	
PARAMETRES GENERAUX					
pH	pH	-	7,6	7,4	6,5 à 9,2
Conductivité	Cond.	µS / cm	864	1127	2100
Carbonates	HCO ₃	mg CaCO ₃ /l	272	308	
PARAMETRES ORGANIQUES INTEGRES					
Demande Chimique en Oxygène	DCO	mg O ₂ / l	6,7	2,9	toute augmentation 0,5
Carbone Organique Total	COT	mg / l	< 0,5	0,9	
Indice phénol	Phen	µg / l	0,015	< 0,005	
SUBSTANCES INORGANIQUES					
Chlorures	Cl ⁻	mg / l	48	74	200
Cyanures totaux	CN ⁻	µg / l	< 15	< 15	10
Fluorures	F ⁻	mg / l	0,17	0,1	1,5
Sulfates	SO ₄ ²⁻	mg / l	120	117	250
SUBSTANCES EUTROPHISANTES					
Nitrates	NO ₃ ⁻	mg / l	1,0	71	50
Azote ammoniacal	NH ₄ ⁺	mg / l	0,084	< 0,03	0,5
Azote Kjeldahl	NK _{jd}	mg / l	9,4	6,9	1
METAUX et METALLOÏDES					
Arsenic total	t-As	µg / l	< 2,5	< 2,5	50
Cadmium total	t-Cd	µg / l	< 0,25	< 0,25	5
Calcium total	t-Ca	mg / l	134	209	270
Chrome total	t-Cr	µg / l	< 2,5	< 2,5	50
Cuivre tot	t-Cu	µg / l	< 2,5	19,2	50
Etain total	t-Sn	µg / l	< 6,3	< 6,3	
Fer total	t-Fe	µg / l	565	24	200
Manganèse total	t-Mn	µg / l	155	< 6,3	50
Magnésium total	t-Mg	mg / l	24	9,3	50
Mercuré total	t-Hg	µg / l	< 0,13	< 0,13	1
Nickel total	t-Ni	µg / l	< 2,5	< 2,5	50
Plomb total	t-Pb	µg / l	< 18,8	< 18,8	50
Potassium total	t-K	mg / l	7,0	3,2	12
Sodium total	t-Na	mg / l	10,2	33	150
Zinc total	t-Zn	µg / l	61	191	5000

V.M.A. : valeurs maximales admissibles selon l'A.E.R.W. du 20 juillet 1989 relatif à la qualité de l'eau distribuée par le réseau

ISSeP, 2002

Tableau 4 : Résultats des analyses minérales des eaux de puits

	Dépassement de la norme
	Valeur élevée

C.E.T. d'Hallembaye : Analyse d'eaux de puits

Février 2002

			Puits Labye Nappe du Houiller	Puits Labye Alluvions	V.M.A.
Laboratoire			ISSeP	ISSeP	
	ABREV.	UNITE	19 févr 02	19 févr 02	
MICROPOLLUANTS ORGANIQUES					
BTEX	BTEX	µg / l	< 0,3	< 0,3	
Hydrocarbures apolaires		µg / l	< 25	< 25	-
Polychlorobenzéniques (2)	PCB's	µg / l	< 25	< 25	-
Phtalates détectés (3) :					
monométhyl			+	+	
bis-méthyl					
bis-ethyl					
bis-isobutyl					
bis-butyl					
bis-2-ethylhexyl					
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques :	PAH	µg / l			
Naphtalène		ng / l	< 80	< 80	
Acénaphène		ng / l	< 60	< 60	
Fluorène		ng / l	< 15	< 15	
Phénanthrène		ng / l	< 15	< 15	
Anthracène		ng / l	< 1	< 1	
Fluoranthène		ng / l	< 5	< 5	
Pyrène		ng / l	< 5	< 5	
Benzoanthracène		ng / l	< 2	< 2	
Chrysène		ng / l	< 2	< 2	
Benzo(b)fluoranthène		ng / l	< 5	< 5	
Benzo(k)fluoranthène		ng / l	< 1	< 1	
Benzo(a)pyrène		ng / l	< 1	< 1	
Dibenzoanthracène		ng / l	< 5	< 5	
Benzo(g,h,i)pérylène		ng / l	< 5	< 5	
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène		ng / l	< 10	< 10	
Somme 15 PAH		ng / l	< 232	< 232	-

ISSeP, 2002

Tableau 5 : Résultats des analyses organiques des eaux de puits

Commentaires

- ❑ La conductivité des 2 eaux de puits est moyennement élevée : elle se situe aux alentours de 1000 µs/cm.
- ❑ L'ensemble des paramètres présente des valeurs faibles.
- ❑ Les chlorures, sulfates et cyanures sont présents en faible quantité.
- ❑ Le puits foré dans la nappe du houiller montre un dépassement en azote Kjeldahl, en fer et en manganèse. Les teneurs élevées en fer et en manganèse sont caractéristiques de la nappe sous-jacente.
- ❑ Concernant le puits foré dans la nappe des alluvions, on peut observer un dépassement en nitrates et en azote Kjeldahl qui peut s'expliquer par un contact direct entre les deux nappes.
- ❑ L'analyse des micropolluants organiques a mis en évidence des valeurs très faibles, inférieures aux limites de détection, et ce, pour l'ensemble des paramètres.

L'intérêt de l'analyse de ces deux puits est qu'ils sont situés en aval piézométrique du C.E.T., à une distance plus importante que l'ensemble de piézomètres ceinturant directement le site.

Au vu des résultats relatifs aux eaux piézométriques, il apparaît que le piézomètre P8 situé au Nord-Est du site, montre des teneurs plus élevées pour une majorité de paramètres par rapport aux autres points de contrôle.

Etant donné le sens d'écoulement des eaux souterraines, les deux puits analysés constituent donc de bons témoins d'une éventuelle dégradation de la qualité des eaux suite à l'exploitation du Centre d'Enfouissement Technique.

Les résultats des analyses des eaux de ces deux puits n'ont montré aucune dégradation, la qualité des eaux souterraines est correcte.

6. Lixiviats

Le C.E.T. d'Hallembaye a la particularité d'avoir deux parties bien distinctes : la première zone appelée Hallembaye 1, est réhabilitée et est en phase de post-gestion (récolte et traitement des lixiviats ainsi que pompage des gaz et leur valorisation), tandis que la deuxième zone - qui constitue Hallembaye 2 - est en pleine exploitation.

Il y a donc présence de deux lixiviats de qualités différentes : l'un est représentatif du vieillissement d'un lixiviat qui devient de moins en moins biodégradable; il est produit sur la partie réhabilitée. La zone en exploitation produit quant à elle, un lixiviat dit « jeune », c'est à dire chargé en matières biodégradables.

Ces deux types de lixiviats possèdent des réseaux de collecte et de stockage indépendants et sont traités dans deux stations d'épuration différentes.

Il a, dès lors, été jugé intéressant de comparer les deux lixiviats ; un prélèvement de chaque type a été réalisé en amont direct de chaque station.

Les résultats des analyses sont présentés ci-dessous (tableaux 6 et 7).

C.E.T. d'Hallembaye : Analyse des lixiviats - février 2002					
			Lixiviats jeunes	Lixiviats vieux	Gammes de concentration ^[3]
Laboratoire			ISSeP	ISSeP	
	ABREV.	UNITE	19 févr 02	19 févr 02	
PARAMETRES GENERAUX					
pH	pH	-	8,0	8,0	5,3 - 8,5
Conductivité	Cond.	µS / cm	5640	14920	
Carbonates	HCO ₃	mg CaCO ₃ /l	1509	4629	
PARAMETRES ORGANIQUES INTEGRES					
Demande Chimique en Oxygène	DCO	mg O ₂ / l	906	1240	150 - 100 000
Demande Biologique en Oxygène	DBO ₅	mg O ₂ / l	121	60	100 - 90 000
Carbone Organique Total	COT	mg / l	319	465	
Indice phénol	Phen	µg / l	0,017	0,119	40 - 44 000
SUBSTANCES INORGANIQUES					
Chlorures	Cl ⁻	mg / l	648	2084	30 - 4 000
Cyanures totaux	CN ⁻	µg / l	< 45	< 45	40 - 90 000
Fluorures	F ⁻	mg / l	0,38	0,71	
Sulfates	SO ₄ ²⁻	mg / l	194	451	10 - 1 200
SUBSTANCES EUTROPHISANTES					
Nitrates	NO ₃ ⁻	mg / l	0,3	0,51	0,1 - 50
Azote ammoniacal	NH ₄ ⁺	mg / l	385	1225	1 - 1500
Azote Kjeldahl	NK _{jd}	mg / l	1582	3669	
METAUX et METALLOÏDES					
Arsenic total	t-As	µg / l	31	92	5 - 1 600
Cadmium total	t-Cd	µg / l	0,41	< 0,25	0,5 - 140
Calcium total	t-Ca	mg / l	60	60	10 - 2 500
Chrome total	t-Cr	µg / l	123	196	30 - 1 600
Cuivre tot	t-Cu	µg / l	56	17,4	4 - 1 400
Etain total	t-Sn	µg / l	11,4	44	
Fer total	t-Fe	µg / l	1488	954	400 - 2 200 000
Manganèse total	t-Mn	µg / l	79	65	400 - 50 000
Magnésium total	t-Mg	mg / l	40	46	50 - 1 150
Mercure total	t-Hg	µg / l	0,18	0,23	0,2 - 50
Nickel total	t-Ni	µg / l	80	112	20 - 2 050
Plomb total	t-Pb	µg / l	< 18,8	< 18,8	8 - 1 020
Potassium total	t-K	mg / l	394,0	1155	10 - 2 500
Sodium total	t-Na	mg / l	500	1509	50 - 4000
Zinc total	t-Zn	µg / l	119	73	50 - 170 000

ISSeP, 2002

Tableau 6 : Résultats des analyses minérales de deux types de lixiviats

C.E.T. d'Hallembaye : analyse des lixiviats (suite) - février 2002

			Lixiviats jeunes	Lixiviats vieux	Gammes de concentration
Laboratoire			ISSeP	ISSeP	
	ABREV.	UNITE	19 févr 02	19 févr 02	
MICROPOLLUANTS ORGANIQUES					
BTEX	BTEX	µg/l	< 0,3	9,2	
Hydrocarbures apolaires		µg / l	< 25	< 25	
Polychlorobenzéniques (2)	PCB's	µg / l	< 100	< 100	
dichlorométhane		µg / l	40,8		
chloroforme		µg / l	5,0	< 0,1	
trichloroéthène		µg / l	< 0,1	0,5	
Phtalates détectés (3) :					
monométhyl			+	+	
bis-methyl			+		
bis-ethyl			+		
bis-isobutyl			+		
bis-butyl			+		
bis-2-ethylhexyl			+		
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques :					
	PAH	µg / l			
Naphtalène		ng / l	835	4388	4600 - 186 000
Acénaphène		ng / l	89	642	
Fluorène		ng / l	64	284	21 000 - 32 600
Phénanthrène		ng / l	189	314	8100 - 1 220
Anthracène		ng / l	22	35	
Fluoranthène		ng / l	322	343	9560 - 723 000
Pyrène		ng / l	268	241	
Benzoanthracène		ng / l	15	70	
Chrysène		ng / l	40	81	
Benzo(b)fluoranthène		ng / l	35	55	
Benzo(k)fluoranthène		ng / l	12	19	
Benzo(a)pyrène		ng / l	21	35	
Dibenzoanthracène		ng / l	< 5	5	
Benzo(g,h,i)pérylène		ng / l	12	18	
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène		ng / l	11	18	
Somme 15 PAH		ng / l	1934	6548	

ISSeP, 2002

Tableau 7 : Résultats des analyses organiques des lixiviats

Commentaires :

- ❑ La conductivité du lixiviat plus vieux est nettement plus élevée que celle du lixiviat jeune.
- ❑ Les teneurs observées pour les deux lixiviats sont dans les gammes de concentration rencontrées dans la littérature spécialisée. (Landfilling of waste : leachate ; R. Cossu, 1997).
- ❑ On peut observer une différence significative entre les deux types de lixiviats pour les paramètres suivants : conductivité, chlorures, sulfates, azote Kjeldahl, azote ammoniacal et naphthalène.
- ❑ A noter cependant que l'on observe des valeurs très faibles, et ce tant pour les lixiviats jeunes et vieux, pour les BTEX, les hydrocarbures et les PCB. Quant aux PAH, les différents polycycliques présentent des teneurs similaires dans les deux lixiviats à l'exception du naphthalène, présent en quantité nettement plus importante dans le lixiviat qualifié de « vieux ». A observer que, par rapport à la gamme de concentration reprise dans le tableau 7, cette valeur reste néanmoins inférieure.
- ❑ Le rapport DBO_5/DCO permet d'apprécier la biodégradabilité du lixiviat. La littérature nous informe qu'un rapport supérieur à 0,3 signifie une bonne dégradabilité. Les valeurs obtenues sont de 0,05 pour le lixiviat vieux et de 0,13 pour le plus jeune, valeurs toutes deux inférieures au rapport DBO_5/DCO recommandé de 0,3 mais qui montrent néanmoins que le lixiviat jeune a une biodégradabilité supérieure à celle d'un lixiviat plus âgé.
- ❑ La littérature spécialisée nous apprend que la composition moyenne d'un lixiviat dépend de nombreux facteurs dont un très important est certainement l'âge de la décharge. On observe, par exemple, que le fer, le manganèse et le zinc sont considérées comme représentatifs des métaux présents dans les lixiviats. Durant la première phase de dégradation, on remarque un degré important de solubilisation des métaux due à une diminution de pH. Ensuite, avec l'âge de la décharge, on observe une augmentation importante du pH qui entraîne un ralentissement important de cette solubilisation. Ces trois métaux analysés sur les deux types de lixiviats montrent la tendance décrite dans la littérature.

7. Rejets des stations d'épuration.

Le C.E.T. d'Hallembaye dispose sur son site de deux stations d'épuration. En effet, la mise en exploitation de la seconde partie du C.E.T. a nécessité la construction d'une station supplémentaire afin de pouvoir traiter la totalité des lixiviats produits par la masse de déchets enfouis.

La première station d'épuration a été construite en 1994 et traite les lixiviats provenant uniquement d'Hallembaye 1 (réhabilitée); il s'agit donc de lixiviats qualifiés de « vieux ».

Quant à la deuxième, elle a été érigée en 2001 et est en fonctionnement depuis début 2002 ; elle ne traite que les jeunes lixiviats provenant de la partie en exploitation (Hallembaye 2).

Les deux stations fonctionnent selon le même principe : celui de l'osmose inverse ; ce principe est clairement expliqué dans le dossier technique d'Hallembaye. La technologie évoluant fortement, la nouvelle station possède une capacité de traitement et un rendement d'épuration supérieurs.

Le C.E.T. dispose, depuis le 04 juillet 2002, d'une autorisation unique avec une normalisation distincte pour chaque point de rejet. En conséquence les normes relatives aux rejets de chacune des stations d'épuration sont quasi-identiques exception faite pour le paramètre particulier des volumes journaliers.

Un prélèvement des eaux traitées de chacune des stations a été réalisé. Les résultats sont présentés dans les tableaux 8 et 9.

C.E.T. d'Hallembaye : rejets des stations d'épuration - février 2002						
			Rejets ancienne station	Normes ancienne station	Rejets nouvelle station	Normes nouvelle station
Laboratoire			ISSeP		ISSeP	
	ABREV.	UNITE	19 févr 02		19 févr 02	
PARAMETRES GENERAUX						
Volume journalier		m ³ /jour		60		200
Température <i>in situ</i>	Temp.	°C		45		45
pH <i>in situ</i>	pH	-	7,1	6 < pH < 10,5	7,5	6 < pH < 10,5
Conductivité <i>in situ</i>	Cond.	µS / cm	2540		41	
Carbonates	HCO ₃	mg CaCO ₃ /l	892		16,2	
PARAMETRES ORGANIQUES INTEGRES						
Demande Chimique en Oxygène	DCO	mg O ₂ / l	12,1	450	3,7	450
Demande Biologique en Oxygène	DBO ₅	mg O ₂ / l	< 3	150	< 3	150
Carbone Organique Total	COT	mg / l	2,0		< 0,5	
Indice phénol	Phen	µg / l	0,012	1000	< 0,005	1000
SUBSTANCES INORGANIQUES						
Chlorures	Cl ⁻	mg / l	219		< 1,0	
Cyanures totaux	CN ⁻	µg / l	< 15	1000	< 15	1000
Fluorures	F ⁻	mg / l	0,081		< 0,10	
Sulfates	SO ₄ ²⁻	mg / l	10,4		< 1,0	
SUBSTANCES EUTROPHISANTES						
Nitrates	NO ₃ ⁻	mg / l	0,5	somme NH ₄ ⁺ et NO ₃ ⁻ = 200	0,36	somme NH ₄ ⁺ et NO ₃ ⁻ = 200
Azote ammoniacal	NH ₄ ⁺	mg / l	92		3,4	
Azote Kjeldahl	NK _{jd}	mg / l	116		10,1	
METAUX et METALLOÏDES						
Arsenic total	t-As	µg / l	17,4	500	< 2,5	500
Cadmium total	t-Cd	µg / l	< 0,25	600	< 0,25	600
Calcium total	t-Ca	mg / l	0,61		0,7	
Chrome total	t-Cr	µg / l	< 2,5	5000*	< 2,5	5000*
Cuivre tot	t-Cu	µg / l	< 2,5	4000*	< 2,5	4000*
Etain total	t-Sn	µg / l	< 6,3		< 6,3	
Fer total	t-Fe	µg / l	9,9		32	
Magnésium total	t-Mg	mg / l	0,45		0,033	
Manganèse total	t-Mn	µg / l	< 6,3		< 6,3	
Mercure total	t-Hg	µg / l	< 0,13	150	0,33	150
Nickel total	t-Ni	µg / l	< 2,5	5000*	< 2,5	5000*
Plomb total	t-Pb	µg / l	< 18,8	1000*	< 18,8	1000*
Potassium total	t-K	mg / l	87,0		< 1,25	
Sodium total	t-Na	mg / l	566		2,6	
Zinc total	t-Zn	µg / l	< 18,8	7000*	< 18,8	7000*

* : somme des métaux (Ni, Cu, Zn, Cr, Pb) ne peut excéder 15 000 µg/l

ISSeP, 2002

Tableau 8 : Résultats des analyses minérales des rejets de stations d'épuration.

C.E.T. d'Hallembaye : rejets des stations d'épuration (suite) - février 2002

			Rejets ancienne station	Normes ancienne station	Rejets nouvelle station	Normes nouvelle station
Laboratoire			ISSeP		ISSeP	
	ABREV.	UNITE	19 févr 02		19 févr 02	
MICROPOLLUANTS ORGANIQUES						
BTEX	BTEX	µg/l	3,6		< 0,3	
Hydrocarbures apolaires		µg / l	43	5000	38	5000
Polychlorobenzéniques (2)	PCB's	µg / l	29	-	< 25	-
Chloroforme		µg / l	0,8		< 0,1	
1,2 dichloroéthène		µg / l	1,3			
trichloroéthène		µg / l	0,4			
Phtalates détectés (3) :						
monométhyl						
bis-méthyl						
bis-éthyl						
bis-isobutyl						
bis-butyl						
bis-2-ethylhexyl			+		+	
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques :						
	PAH	µg / l				
Naphtalène		ng / l	2664		< 80	
Acénaphène		ng / l	182		69	
Fluorène		ng / l	159		69	
Phénanthrène		ng / l	161		84	
Anthracène		ng / l	16		14	
Fluoranthène		ng / l	30		153	
Pyrène		ng / l	15		176	
Benzoanthracène		ng / l	< 2		25	
Chrysène		ng / l	2		17	
Benzo(b)fluoranthène		ng / l	< 5		< 5	
Benzo(k)fluoranthène		ng / l	< 1		2	
Benzo(a)pyrène		ng / l	< 1		3	
Dibenzoanthracène		ng / l	< 5		< 5	
Benzo(g,h,i)pérylène		ng / l	< 5		< 5	
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène		ng / l	< 10		< 10	
Somme 15 PAH		ng / l	3229	-	614	-

ISSeP, 2002

Tableau 9 : Résultats des analyses organiques des rejets des stations d'épuration

Commentaires :

- ❑ Les valeurs obtenues sont largement inférieures aux normes imposées pour les deux stations d'épuration
- ❑ Il est intéressant de remarquer les valeurs très faibles obtenues par la nouvelle station d'épuration, malgré les rapports DBO_5/DCO des lixiviats inférieurs à 0,3. Son bon rendement d'épuration mérite d'être souligné; quant à l'ancienne station d'épuration, son fonctionnement demeure correct. Il faut néanmoins remarquer que les deux stations ne traitent pas le même lixiviat. En effet, l'ancienne station d'épuration traite les lixiviats provenant de la zone réhabilitée (lixiviats plus fortement chargés) tandis que la nouvelle ne traite que ceux provenant de la zone en exploitation (lixiviats moins chargés).
- ❑ A noter une concentration en HAP élevée dans les eaux épurées de l'ancienne station, celle-ci étant essentiellement due à une présence importante de naphthalène.

Partim AIR

8. Emissions

La production de biogaz par le C.E.T. d'Hallembaye augmente au fur et à mesure de l'exploitation du site. Deux moteurs valorisent le biogaz au maximum en le transformant en électricité. Quatre torchères sont également installées sur le site; la plus récente brûle l'excédent de biogaz non utilisé par les moteurs ainsi que le biogaz plus pauvre produit par Hallembaye 1 réhabilité. Les trois autres ne sont pas en service actuellement : elles suppléent les moteurs en cas de panne ou d'entretien. En principe un troisième moteur doit être installé prochainement.

Pour quantifier ces différentes émissions, une première approche permet de caractériser le biogaz produit par des déchets ménagers; suivent des mesures à l'émission sur la torchère en fonctionnement et sur le moteur 1.

Une demande spécifique ciblait plus particulièrement les taux de dioxines émis par les unités de valorisation de biogaz. Les prélèvements pour mesurer les dioxines sur les moteurs sont techniquement réalisables; par contre pour les torchères, la température de 1200° C requise pour brûler le biogaz ne favorise pas la formation de dioxines à ces températures. De plus, aucun matériel de prélèvement ne peut résister à cette température. C'est pourquoi les mesures des dioxines ont été réalisées sur le moteur 1.

8.1. Biogaz.

Les biogaz ont été prélevés en ballons de Tedlar et sont analysés par chromatographie en phase gazeuse. Les différentes méthodologies de prélèvement et les procédures d'essais sont reprises en annexe 3.

8.1.1. Composés majeurs et polluants organiques minéraux.

Les résultats relatifs aux analyses effectuées sur les éléments majeurs des biogaz, prélevés en amont de la torchère et du moteur sont repris dans le tableau 10.

	CH ₄ (%)		CO ₂ (%)		O ₂ (%)	
	Moy.	C.V.	Moy.	C.V.	Moy.	C.V.
biogaz moteur	52	-	33,1	0,2	0,7	-
biogaz torchère	56	1,5	39,1	1,7	1,1	7,4

Tableau 10 : résultats des analyses des composés majeurs du biogaz

Moy. : moyenne

C.V. : coefficient de variation

Ces résultats tiennent compte des mesures effectuées sur de nombreux jours de campagne, campagne qui s'est déroulée du 16 au 24 avril 2002.

Le biogaz alimentant les deux unités (moteur et torchère) présente des valeurs similaires ; la teneur en méthane est riche, supérieure à 50%. Cette concentration assure le bon fonctionnement des moteurs. La teneur en dioxyde de carbone présente des valeurs normales tandis que celles relatives à l'oxygène sont très faibles et se rapprochent de la limite de détection.

A noter que les trois paramètres analysés présentent tous des coefficients de variation très faibles.

La campagne de contrôle de 1999 ^[4] montrait des teneurs similaires pour ces trois composés majeurs :

(méthane = 52,6 % ; CO₂ = 35,6 %; O₂ = 0,33 %)

8.1.2. Analyses du sulfure d'hydrogène.

La méthode utilisée est explicitée en annexe 3, les résultats sont quant à eux repris dans le tableau 11 ci-dessous.

	H₂S		Unités
	Moy.	C.V.	
Biogaz moteur	105,5	0,5	mg/Nm ³
Biogaz torchère	116	10,7	mg/Nm ³

Tableau 11 : Résultats des analyses du sulfure d'hydrogène dans le biogaz

Moy. : moyenne

C.V. : coefficient de variation

La teneur en sulfure d'hydrogène peut être considérée comme caractéristique d'un C.E.T. de ce type (Landfilling of waste : biogaz ; R. Cossu) ^[5]. Les valeurs mesurées sont légèrement inférieures à celles observées en 1999 ; elles sont cependant dans les mêmes gammes de concentrations observées sur d'autres C.E.T. repris dans ce réseau de contrôle. Le coefficient de variation est relativement stable.

8.1.3. Composés organiques volatils (COV).

L'analyse des composés organiques volatils sur les biogaz a été effectuée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la détection de masse après désorption thermique des tubes de prélèvement à phases spécifiques (carbotrap).

Les résultats figurent dans le tableau 12.

Paramètres	Alcanes µg/Nm ³	Alcènes µg/Nm ³	Chlorés µg/Nm ³	BTEX µg/Nm ³	Benzène µg/Nm ³	Toluène µg/Nm ³	Ethylbenzène µg/Nm ³	Xylènes µg/Nm ³
Biogaz torchère								
Moyenne	42986	6581	21753	23644	4212	13175	10282	15142
C.V. (%)	21	26	30	10	26	92	21	41
Biogaz moteur 1								
Moyenne	14042	3502	2185	53203	2138	21674	24416	20733
C.V. (%)	28	60	23	13	117	11	16	9
Moy. générale	28514	5042	11969	38424	3175	17425	17349	17938
C.V. (%)	51	31	82	38	33	25	41	16

Tableau 12 : Résultats des analyses des composés organiques volatils dans le biogaz

Moy. : moyenne

C.V. : coefficient de variation

Commentaires :

- ❑ Comme l'indiquent les valeurs reprises ci-dessus, les concentrations en composés organiques volatils varient dans le temps ; les coefficients de variation sont moyennement élevés pour l'ensemble des paramètres.
- ❑ Les résultats montrent des teneurs comparables à celles obtenues lors de mesures effectuées sur du biogaz de même type.
- ❑ Les alcènes sont présents en plus faible quantité.
- ❑ Ce sont les BTEX qui sont présents majoritairement; au sein de cette famille d'analytes, c'est le benzène qui présente la concentration la plus faible.

Le biogaz analysé à Hallembaye montre des concentrations moyennes en accord avec les chiffres cités dans la littérature spécialisée pour un C.E.T. de cette catégorie (Landfilling of wastes : biogas, R.Cossu).

8.2. Moteur.

L'exploitant valorise le biogaz produit par la masse de déchets en l'utilisant comme combustible alimentant deux moteurs à gaz. Ceux-ci sont couplés à des alternateurs qui transforment l'énergie mécanique en énergie électrique.

L'Arrêté de la Députation Permanente du 21 décembre 1995 autorise l'exploitation d'un ensemble d'unités techniques de valorisation du biogaz (moteurs thermiques à combustion de biogaz). Cet Arrêté énonce quelques valeurs limites telles que :

- Poussières : 100 mg/Nm³

- NOx : 500 mg/Nm³ (exprimé en NO₂)
- CO : 650 mg/Nm³

Les mesures sont rapportées aux conditions suivantes : 101,3 kPa, 5% O₂, sur gaz secs.

8.2.1. Composés majeurs et polluants gazeux minéraux.

Un conteneur laboratoire mobile a été installé près des sources émettrices. Ce conteneur est équipé de moniteurs ad hoc et de sondes d'échantillonnages spécifiques, a pu analyser des éléments tels que : CO (monoxyde de carbone), CO₂ (dioxyde de carbone) par infrarouge, NO (monoxyde d'azote) et NOx (oxyde d'azote) par chemiluminescence, les hydrocarbures CxHy par ionisation de flammes et l'oxygène (O₂) par paramagnétisme.

Les résultats sont repris dans les tableaux 13 et 14.

Le tableau 13 reprend les résultats obtenus tandis que le tableau 14 reprend les mêmes valeurs mais rapportées à 273 K, 101,3kPa et à 5% d'O₂ sur gaz sec, et ce afin de pouvoir les comparer aux normes imposées selon les mêmes conditions.

Paramètres	Unités	Essai du 15 avril 2002			Essai du 16 avril 2002			Essai du 17 avril 2002		
		Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.
O ₂	% v/v	7,0	7,1	7,0	6,9	7,0	6,9	6,8	6,9	6,8
CO ₂	% v/v	11,4	11,5	11,4	11,5	11,6	11,5	11,7	11,8	11,6
NO	mg/Nm ³ sec	100	119	88	107	115	99	147	178	127
NOx	mg/Nm ³ sec *	232	250	218	253	267	238	357	435	267
CO	mg/Nm ³ sec	719	736	698	748	763	725	749	778	726
SO ₂	mg/Nm ³ sec	51	54	37	54	57	43	57	63	49
CxHy	mg C/Nm ³	891	946	734	837	963	782	857	1032	777

* exprimé en NO₂

Tableau 13 : Résultats des analyses des composés majeurs sur le biogaz

Composés majeurs sur le moteur 1					
Valeurs exprimées en mg/Nm ³ rapportées à 273 K, 101.3 kPa et 5 % d'O ₂ sur gaz sec (sauf (*))					
Date de prélèvement	15/04/2002	16/04/2002	17/04/2002	Moyenne	Norme
Période	08h00 - 14h03	08h00 - 14h01	07h54 - 14h02		
O ₂ (% v/v.sec) (*)	7,0	6,9	6,8	6,9	-
CO ₂ (% v/v.sec) (*)	11,4	11,6	11,7	11,6	-
NO (mg/Nm ³ .sec)	115	122	166	134	-
NOx (mg/Nm ³ .sec)	266	287	403	319	500
CO (mg/Nm ³ .sec)	823	851	845	840	650
SO ₂ (mg/Nm ³ .sec)	59	62	64	62	-
CxHy (mg C/Nm ³ .sec)	1020	953	967	980	-
Poussières (mg/Nm ³ .sec)	4,2	5,7	5,3	5,1	100

Tableau 14 : Résultats des analyses des composés majeurs dans le biogaz

Commentaires :

- ❑ Les valeurs observées pour le monoxyde d'azote (NO), l'oxyde d'azote (NO_x) et le dioxyde de soufre (SO₂) sont faibles ; les concentrations en NO_x sont inférieures à la norme imposée qui est de 500 mg/Nm³sec
- ❑ Par contre, les concentrations observées pour le monoxyde de carbone sont toutes élevées et dépassent la norme tolérée de 650 mg/Nm³.sec. Ces valeurs demeurent stables au cours d'une période de mesures de 6 heures et d'une journée de mesures à l'autre. Ce dépassement a déjà été observé lors de la première campagne de contrôle 1999.
- ❑ Quant à la présence d'hydrocarbures, les résultats montrent des teneurs que l'on rencontre couramment dans les fumées des moteurs du même type. Soulignons que la concentration en hydrocarbures totaux dans les fumées d'échappement du moteur peut être assimilée à la concentration en méthane (données ISSeP). Ceci est confirmé par les analyses spécifiques et le dosage des alcanes.

Comparativement à la première campagne de mesures, les concentrations observées pour l'ensemble des paramètres étudiés montrent des valeurs fort similaires pour les deux campagnes.

Remarque : suite aux dépassements observés au niveau du monoxyde de carbone, Intradel a entrepris différents réglages sur les deux moteurs et a réalisé de nouvelles mesures en septembre 2002. Les résultats obtenus pour le monoxyde de carbone ont tous montré des valeurs inférieures à la norme de 650 mg/Nm³.sec.

8.2.2. Analyses des composés en traces - Composés Organiques Volatils

Les résultats des COV dans les fumées d'échappement des moteurs sont présentés dans le tableau 15 ci-dessous.

Composés organiques volatils sur le moteur 1								
Paramètres	Alcanes	Alcènes	Chlorés	BTEX	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes
	µg/Nm ³	µg/Nm ³	µg/Nm ³	µg/Nm ³	µg/Nm ³	µg/Nm ³	µg/Nm ³	µg/Nm ³
Moyenne	20,5	2,5	< L.D.	96,2	1,8	94,6	0,1	< L.D.
C.V. (%)	114	75	-	136	102	137	-	-

Tableau 15 : Résultats des analyses des composés organiques volatils sur le moteur 1.

Commentaires :

- ❑ Les valeurs observées pour l'ensemble des paramètres sont très faibles, les composés chlorés et les xylènes étant même en dessous de la limite de détection. A nouveau on peut remarquer la très grande variabilité des mesures (coefficient de variation très élevé) ; cela est principalement dû au fonctionnement du moteur.
- ❑ Comparativement aux résultats obtenus lors de la première campagne de contrôle de 1999, les concentrations des paramètres observées en 2002 ne sont pas significativement différentes de celles de 1999.
- ❑ Les valeurs mesurées sur le moteur sont dans la même gamme de concentrations observées sur des moteurs fonctionnant sur d'autres C.E.T. de notre réseau (Mont-Saint-Guibert, Cour-au-Bois et Belderbusch).
- ❑ Les concentrations en alcanes et alcènes sont très faibles par rapport à la quantité d'hydrocarbures totaux émises dans les fumées d'échappement, ce qui conforte l'affirmation que ces hydrocarbures sont surtout du méthane.

Grâce aux nombreux paramètres physico-chimiques enregistrés à la source (excès d'air, températures des gaz, concentration de l'oxygène dans les fumées, débits, ...) et les concentrations en méthane mesurées à la fois dans le biogaz prélevé en amont du moteur et dans les fumées, il est possible de déterminer son rendement de destruction en conditions normales d'utilisation ; celui-ci est de 98,3%.

Cependant, ce raisonnement peut difficilement être appliqué à toutes les familles de produits organiques détectés à l'état de traces (COV), à cause de l'apparition de composés chimiques non présents au départ dans les biogaz (acides, phénols, aldéhydes, ...) et à cause de transformations secondaires dues à la combustion (données ISSeP).

Pour cette raison, on ne parlera pas de rendement de destruction pour ces familles mais bien de réduction de quantité émise (R.Q.E.) par rapport aux concentrations de départ dans le biogaz. Cette réduction de quantité émise pour les BTEX est de l'ordre de 98,7 % pour le moteur 1 analysé.

Calculé pour chaque composé, on observe toutefois des valeurs différentes

Composés	R.Q.E.
Benzène	99,4 %
Toluène	96,8 %
Ethylbenzène	99,997 %
Xylène	> 99,997 %

Tableau 16 : Evaluation de la réduction des quantités émises des BTEX

Le toluène présente une réduction des quantités émises plus faible que les autres composés pour lesquels la réduction est très importante.

8.2.3 Analyses des matières organiques

8.2.3.1. Dioxines

Les techniques de prélèvements et d'analyses utilisées pour les mesures relatives aux dioxines, furannes, PAH et PCB sont celles reprises dans la norme européenne EN 1948.

Le prélèvement est réalisé en isocinétisme, comme pour une mesure des poussières, mais on intègre dans le train de prélèvement une cartouche de résine XAD-2. La caractéristique principale de cette méthode consiste à doser chacun des analytes sous toutes leurs phases :

- Sur les poussières : la phase solide
- Sur l'eau de condensation : la phase liquide
- Sur la résine XAD-2 : la phase gazeuse.

Le train de prélèvement est repris sur [la figure n °3](#) suivante.

C.E.T. d'Hallembaye : Moteur n° 1					
Dioxines et Furannes EQT (Valeurs exprimées en ng/Nm ³)					
Date Période	15/04/2002 08h00 - 14h03	16/04/2002 08h00 - 14h01	17/04/2002 07h54 - 14h02	<i>Moyenne</i>	<i>Norme</i>
2,3,7,8-TCDD	0,0007	< 0,0005	0,0006	0,001	-
2,3,7,8-TCDF	0,0004	< 0,0001	0,0002	0,0003	-
12378-PeCDD	0,002	< 0,0007	0,001	0,001	-
12378-PeCDF	0,0006	< 0,00009	0,0001	0,0004	-
23478-PeCDF	0,006	< 0,001	0,002	0,004	-
123478-HxCDD	0,0006	< 0,0001	< 0,0001	0,001	-
123678-HxCDD	0,001	< 0,0002	< 0,0002	0,001	-
123789-HxCDD	0,0005	< 0,0001	< 0,0001	0,001	-
123478-HxCDF	0,003	< 0,0006	< 0,0006	0,003	-
123678-HxCDF	0,003	< 0,0004	< 0,0004	0,003	-
234678-HxCDF	0,003	< 0,0005	0,0005	0,002	-
123789-HxCDF	0,0005	< 0,0003	< 0,0003	0,0005	-
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,0008	< 0,0002	< 0,0002	0,001	-
1234678-HpCDF	0,0006	0,00005	0,00009	0,0002	-
1234789-HpCDF	0,0002	< 0,00002	0,00002	0,0001	-
OCDD	0,0002	< 0,00004	< 0,00004	0,0002	-
OCDF	0,00003	0,000006	0,000006	0,00001	-
Tot.2378-PCDD	0,006	< 0,002	0,002	0,003	-
Tot.2378-PCDF	0,017	0,0005-0,003	0,003-0,004	0,006	-
Total	0,023	< 0,005	0,005-0,006	0,011	-

Tableau 17 : Résultats des mesures dioxines et furannes sur le moteur 1

ISSeP, 2002

Commentaires

Les mesures sont exprimées en équivalents toxiques (EQT). Les valeurs obtenues sont très faibles.

Il n'existe pas de normes d'émissions imposées aux moteurs industriels concernant les dioxines et les furannes.

A titre informatif, et sans comparaison possible, la norme d'émission imposés aux incinérateurs d'ordure ménagère est de 0,1 ng/m³.

Les quantités de dioxines produites étant très faibles, on peut dire que les moteurs du C.E.T. d'Hallembaye valorisant le biogaz en énergie électrique, ne sont pas une source d'émissions de dioxines. Cette constatation avait déjà été observée sur les moteurs du C.E.T. de Mont-Saint-Guibert^[6] et se confirme à nouveau à Hallembaye.

8.2.3.1. PCB et HAP

La méthode de prélèvement de ces deux paramètres est identique à celle des dioxines. Se référer au train de prélèvement décrit au chapitre précédent relatif aux dioxines.

C.E.T. d'Hallembaye : Moteur n°1					
Valeurs rapportées à 273 K, 101.3 kPa et 5 % d'O ₂ sur gaz sec					
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (Valeurs exprimées en µg/Nm ³)					
Date	15/04/2002	16/04/2002	17/04/2002	Moyenne	Norme
Période	08h00 - 14h03	08h00 - 14h01	07h54 - 14h02		
Fluoranthène	0,37	0,10	0,13	0,20	-
Benzo(b)fluoranthène	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-
Benzo(k)fluoranthène	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-
Benzo(a)pyrène	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-
Benzo(g,h,i)pérylène	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-
Somme des 6 PAH's	0,37-0,50	0,10-0,24	0,13-0,26	0,20-0,33	-
PCB coplanaires EQT (Valeurs exprimées en ng/Nm ³)					
Date	15/04/2002	16/04/2002	17/04/2002	Moyenne	Norme
Période	08h00 - 14h03	08h00 - 14h01	07h54 - 14h02		
77	0,0004	0,0002	0,0002	0,0003	-
126	0,003	0,001	0,001	0,001	-
169	0,00002	0,00002	0,00001	0,00002	-
Somme des 3 PCB	0,003	0,001	0,001	0,002	-

Tableau 18 : Résultats des analyses PCB's et HAP réalisées sur le moteur 1.

ISSeP, 2002

Les valeurs observées sont très faibles pour le moteur étudié. Aucune norme relative à ce type de moteur n'existe à l'heure actuelle.

8.3. *Torchères.*

Quatre torchères sont installées sur le site d'Hallembaye ; une seule fonctionne en permanence et brûle l'excédent de biogaz qui n'est pas valorisé au niveau des moteurs. Les trois autres torchères sont utilisées en cas d'arrêt ou de panne des moteurs.

En ce qui concerne les prélèvements et analyses, les mêmes techniques et paramètres que ceux retenus pour le contrôle des fumées moteurs ont été appliqués dans cette caractérisation des émissions issues des torchères..

Etant donné les hautes températures rencontrées dans les torchères, il était exclu de déterminer le débit global de ces fumées par les méthodes classiques habituellement utilisées (Pitot, mesure de la densité des gaz, ...). Ces données sont pourtant essentielles pour l'étude de l'immission dans l'environnement immédiat de la décharge. L'analyse de l'oxygène dans les fumées a permis de déterminer l'excès d'air utilisé pour la combustion, et donc de déterminer ce débit global une fois connu le débit de biogaz dans la torchère. Les résultats obtenus par cette méthode ont été confirmés par l'analyse du CO dans les fumées.

Concernant les mesures des concentrations en dioxines, furannes, elles sont difficilement réalisables pour diverses raisons :

D'un point de vue technique,

- Le prélèvement doit être réalisé en isocinétisme, dans un conduit dans lequel le flux est laminaire. Or au niveau des torchères, il n'y a pas de conduit et la flamme sortant parfois de la torchère, le flux est totalement hétérogène.
- La température dans une torchère est de l'ordre de 1200°C et les sondes prévues pour réaliser ces prélèvements sont détruites à de telles températures.

D'un point de vue pertinence de formation de dioxines

- Les conditions de formation des dioxines ne sont pas rencontrées dans les torchères :
 - Pas d'imbrûlés
 - Excès d'air
 - Très haute température
 - Absence de poussières

Pour ces multiples raisons les mesures de dioxines n'ont pas été réalisées au niveau des torchères implantées sur le C.E.T. d'Hallembaye.

8.3.1. Composés majeurs et polluants gazeux minéraux.

A l'instar de ce qui a été entrepris pour les fumées moteurs, le même laboratoire mobile a été implanté à proximité de la source émettrice, et les mêmes paramètres analysés. Les résultats sont repris dans le tableau 19 suivant :

C.E.T. d'Hallembaye : Torchère 600 Nm³

Paramètres	Unités	Essai du 22 avril 2002			Essai du 23 avril 2002			Essai du 24 avril 2002		
		Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.
O ₂	% v/v	7,6	10,6	6,8	7,5	10,2	7,0	7,7	10,9	6,8
CO ₂	% v/v	11,6	12,3	10,2	11,6	12,1	9,5	11,5	12,3	8,9
NO	mg/Nm ³ sec	75	82	63	67	74	54	64	72	50
NO _x	mg/Nm ³ sec *	119	129	105	109	117	84	105	113	84
CO	mg/Nm ³ sec	< 3	4	< 3	< 3	4	< 3	< 3	3	< 3
SO ₂	mg/Nm ³ sec	54	60	29	53	57	46	57	63	40
CxHy	mg C/Nm ³	< 1	3	< 1	< 1	3	< 1	< 1	7	< 1

* exprimé en NO₂

Tableau 19 : Composés majeurs sur la torchère.

Commentaires :

- ❑ La majorité des paramètres présente des valeurs faibles : les teneurs en CO, SO₂ et hydrocarbures sont très faibles. Seules les concentrations en NO et NO_x montrent des valeurs un peu plus élevées mais assez stables dans le temps.
- ❑ Les teneurs en hydrocarbures sont très faibles pour toutes les journées de mesures.
- ❑ On peut considérer qu'en conditions normales d'utilisation, la combustion des hydrocarbures est quasi-complète. Ce bon rendement est attesté également par une faible concentration en CO et devrait également se vérifier par une bonne élimination des composés organiques volatils en trace présents dans le biogaz .

8.3.2. Composés organiques volatils

De la même manière que pour les moteurs, les prélèvements des Composés Organiques Volatils (COV) ont été effectués sur les torchères ; les résultats sont présentés ci-dessous.

Paramètres	Alcanes µg/Nm ³	Alcènes µg/Nm ³	Chlorés µg/Nm ³	BTEX µg/Nm ³	Benzène µg/Nm ³	Toluène µg/Nm ³	Ethylbenzène µg/Nm ³	Xylènes µg/Nm ³
22-avr-02								
Moyenne	7,1	7,2	< 0,1	2,2	0,55	1,4	0,2	0,4
C.V. (%)	46	58	-	68	63	71	100	-
23-avr-02								
Moyenne	2,9	1,45	< 0,1	1,1	0,2	0,8	0	< 0,1
C.V. (%)	7	45	-	27	50	12	-	-
24-avr-02								
Moyenne	6,2	1,7	< 0,1	1,75	0,15	1,45	0	< 0,1
C.V. (%)	44	41	-	31	33	45	-	-
Moy. générale	5,1	1,6	< 0,1	1,5	0,17	1,2	0	< 0,1
C.V. (%)	53	43	-	37	45	50	-	-

Tableau 20 : Résultats des analyses COV réalisées sur la torchère

Commentaires :

- ❑ Les résultats montrent de très faibles concentrations en composés organiques volatils encore présents dans les fumées d'échappement de la torchère et confirment bien le bon rendement de destruction de cette torchère.
- ❑ Les valeurs mesurées sont en concordance avec les chiffres cités par la littérature spécialisée relative au fonctionnement de torchères alimentées par du biogaz.

9. Contrôle des émissions surfaciques.

9.1. Introduction.

Le contrôle des émissions de méthane (traceur du biogaz) à travers le sol et détectables en surface (FID) au niveau du sol a été entrepris sur l'ensemble du C.E.T., exception faite de la zone en exploitation où seulement quelques mesures ponctuelles ont été réalisées.

Les mesures sont effectuées selon un maillage carré de 20 m de côté (fig.4)

Le matériel utilisé pour les mesures FID est un appareil à ionisation de flamme (F.I.D.) –PORTAFID M2, muni d'une pompe de prélèvement intégrée, reliée par un système en téflon, à une canne ventouse de prélèvement appliquée directement sur le sol.

A chaque point d'intersection, quatre mesures ponctuelles ont été enregistrées. La valeur finale obtenue représente la moyenne des mesures de terrain.

L'étalonnage de l'appareil était réalisé au début de chaque journée au moyen du gaz calibrant, le méthane. Une recalibration du zéro a été effectuée régulièrement sur le terrain à l'aide d'un ballon de Tedlar rempli d'air sec (préparé en laboratoire) pour le FID.

9.2. Traitement des données.

Les résultats sont traités par une méthode géostatistique appelée « krigeage linéaire ».

Cette méthode permet d'établir des courbes d'isovaleurs en partant du principe que chaque point de mesure est influencé à plus ou moins grande distance par ses voisins.

A un point d'intersection où la mesure n'a pu être effectuée (zone en exploitation, zone inaccessible, zone inondée, ...), le krigeage permet une estimation de ce point dont l'incertitude est plus importante.

Cette manière de procéder permet de donner une image continue, sur le site, de l'importance du dégazage et d'en localiser les zones caractéristiques.

Les courbes d'isoconcentration pour le FID sont tracées à 100 ppm, à 500 ppm et à 1000 ppm.

9.3. Conditions climatiques rencontrées.

Les conditions climatiques rencontrées lors de notre campagne de mesures étaient relativement favorables : temps sec et ensoleillé le lundi 11 et mardi 12 mars 2002, tandis que l'on observait de légères précipitations et un temps très nuageux pour le mercredi 13.

Le début du mois de mars n'a pratiquement pas vu de précipitations, le sol du C.E.T. n'étant pas détrempé lors de nos journées de mesures.

9.4. Résultats

Les résultats FID sont présentés sur la [figure 5](#) suivante

Commentaires

- ❑ La campagne de mesures a permis de mettre en évidence plusieurs zones où le dégazage s'avère important.
- ❑ Au niveau d'Hallembaye 1, le talus ouest montre des zones assez étendues où le dégazage est important. Hallembaye 1 est partiellement réhabilitée, la couverture définitive a été placée sauf sur ce flanc ouest. En effet, le plan d'exploitation actuel prévoit que la masse de déchets déposés sur Hallembaye 2 repose sur le flanc ouest d'Hallembaye 1, de façon à ne constituer in fine, qu'un seul dôme.
Pour cette raison, ce flanc s'est vu seulement recouvrir d'une couche de protection provisoire : par conséquent les fuites de gaz ont un chemin préférentiel sur cette zone et le quadrillage FID que nous avons réalisé a permis de le mettre en évidence.
- ❑ A noter deux petits spots sur le flanc est d'Hallembaye 1; ils s'apparentent plus à des phénomènes ponctuels.
- ❑ Quant à Hallembaye 2, son exploitation est en cours et les zones exploitées sont recouvertes journalièrement par du compost. Les flancs de ces diverses zones constituent aussi un chemin préférentiel pour le biogaz; cela s'observe par des zones de dégazage supérieures à 1000 ppm.

9.5. Evolution

La première campagne de contrôle réalisée en 1999 avait déjà étudié la problématique des émissions surfaciques ; une campagne de mesures avait été réalisée sur Hallembaye 1 dont la réhabilitation n'était pas terminée. La [figure 6](#) montre les résultats obtenus à cette époque.

Nous avons ainsi pu mettre en évidence des zones de faiblesses sur le flanc est, et déjà à l'époque, un dégazage plus important sur le talus ouest. La pose de la couverture finale a été entreprise en 2001 exception faite du flanc ouest, flanc sur lequel reposeront les déchets d'Hallembaye 2.

La seconde campagne permet d'apprécier l'efficacité de cette couverture définitive.

10. Problématiques des odeurs.

10.1. Introduction.

En sous-traitance pour l'ISSeP, la Fondation Universitaire Luxembourgeoise (FUL) a réalisé une étude visant à évaluer de manière qualitative et quantitative des nuisances olfactives aux alentours du C.E.T. d'Hallembaye. Cette étude est intégralement reprise sur notre site internet : [Campagne de mesures des odeurs sur le C.E.T. d'Hallembaye - Estimation des nuisances et ajustement de la méthodologie](#) ^[7]

L'originalité de la méthode appliquée par la FUL est qu'elle s'oriente surtout vers l'évaluation des nuisances ; les mesures ont été faites exclusivement à l'immission, par des nez humains et par des entretiens avec des riverains. Certes, cette méthode peut être une source d'erreurs, notamment imputables à la subjectivité de la mesure sensitive par un nombre limité de personnes ou encore aux aléas de la démarche de terrain. En tout état de cause, elle permet au moins d'apprécier qualitativement l'odeur perçue par les riverains.

10.2. Méthodologie adoptée.

La méthode se base sur une dizaine de traçages sur le terrain de « courbes de perception olfactives ».

Un panel, en général d'au moins deux observateurs, est chargé de parcourir à différentes périodes, la région affectée par la pollution organique. Chaque personne parcourt les environs du site d'émission dans différentes directions, en général, perpendiculairement à la direction du vent ; elle note l'endroit exact où elle ne perçoit plus l'odeur de la source. Cet endroit est repéré sur une carte et les distances sont moyennées entre les différentes personnes du panel.

Les points obtenus sur différents parcours sont ensuite rejoints et la courbe résultante définit la zone limite de perception de l'odeur pour la période de mesures.

Celle-ci dépend des caractéristiques de l'émission, de la hauteur de la source, de la topographie et des conditions météorologiques (vitesse et direction du vent, classes de stabilité de l'air, température, hauteur de la couche d'inversion thermique). Les paramètres atmosphériques doivent être enregistrés en continu car seules seront retenues les mesures pendant lesquelles les conditions météorologiques et les caractéristiques de l'émission ont peu varié.

La mesure doit donc être répétée une dizaine de fois sous des conditions météorologiques différentes d'une fois à l'autre.

Ces conditions sont alors introduites dans un modèle de dispersion atmosphérique qui calculera le débit d'émission d'odeur qui engendre la courbe limite de perception mesurée sur le site. Le modèle

de dispersion est donc utilisé en « marche arrière » comme outil de traitement des données. Le seul but à ce niveau est de déduire le débit d'émission pour chaque période de mesures. Ensuite le débit moyen d'émission est déterminé pour l'ensemble des mesures.

Le modèle de dispersion, considérant alors ce taux moyen d'émission comme le débit « typique » de la source, peut alors être utilisé en « marche avant » pour extrapoler les conditions spécifiques des mesures aux conditions climatiques moyennes du site considéré. Le modèle est ainsi capable d'établir des courbes d'iso-odeurs à différents percentiles de temps de perception, qui à ce moment peuvent servir de référence.

Le modèle de dispersion atmosphérique employé dans cette étude est un modèle bi-gaussien standard, avec un module adapté à la dispersion des odeurs (modèle de Gifford).

10.3. Observations

Observations qualitatives.

La récolte d'informations qualitatives sur la nature et la fréquence permet de faire état des nuisances réellement ressenties par les riverains et permet d'apprécier la pondération des différentes sources d'odeur sur l'odeur globale ressentie.

- L'odeur la plus fréquente est celle générée par les déchets frais ;
- L'odeur est surtout ressentie au Nord-Est, un peu au Sud-Ouest ;
- L'odeur du biogaz peut être ressentie mais surtout par des bouffées très fugaces ;
- Les odeurs générées par le C.E.T. peuvent se mélanger à d'autres sources émises aux alentours ; la source la plus marquée est celle des poulets provenant de l'élevage implanté à Loën.

Observations quantitatives.

1. **Exploitation des observations réalisées par le surveillant communal durant l'année 2001.**

Le surveillant effectue pratiquement tous les jours un « tour odeur » à travers les rues avoisinant le C.E.T. Chaque fois qu'une odeur est détectée en un point, sa nature et son intensité sont notées sur un plan. Ce point odeur peut être approximativement considéré comme un endroit limite de perception. Les données météorologiques pour l'année 2001 ont été fournies et les données ont été exploitées au mieux par la FUL.

Ces observations sont intéressantes car elles sont systématiques et qu'elles concernent une longue période avec différents types de conditions météorologiques. Ainsi sur 123 observations, 12 font état d'une odeur perçue. Sur les 12 observations, 4 correspondent à l'odeur de poulet, 1 à l'odeur de biogaz et 7 sont relatives à l'odeur de déchets frais. Cela représente environ 6% des observations.

Sur les 7 observations, la FUL dispose des conditions météo pour 5 constatations. Ces cinq données ont été exploitées et les courbes limites de perception dressées selon le modèle de dispersion .

Une estimation de la moyenne du débit d'émission est de 110 550 u.o./sec. Cette valeur ne peut être considérée comme valeur moyenne pour 2001 mais bien comme un débit maximum atteint quelques jours par an.

2. Observations de la FUL

Huit observations de terrains ont été réalisées entre le 8 février et le 28 mars 2002 ainsi que le 24 avril 2002 ; elles représentent assez bien l'éventail des conditions atmosphériques possibles, sauf les vents d'Est.

Lors de chaque journée de mesures, la rampe d'aspersion de neutralisants d'odeur ne fonctionnait pas. Des courbes limites de perception ont pu ainsi être dressées pour chaque journée.

Nomenclature des couleurs observées sur les cartes	
Cercle rouge	Odeur de déchets détectée
Carré vert	Endroit sans odeur
Cercle mauve	Odeur de biogaz
Etoile noire	Odeur de poulet
Courbe jaune	Estimation de la courbe suivant les observations
Courbe bleue	Courbe limité ajustée par le modèle Tropos

A titre d'exemples, les figures 7, 8 et 9 reprennent des courbes limites établies en fonction des observations climatiques notées sur le terrain. Les autres figures se retrouvent dans le rapport de la FUL.

Sur base du débit moyen ainsi déterminé et en introduisant le climat moyen de Bierset (station IRM la plus proche du C.E.T.), les percentiles 95, 98 et 99,5 ont pu être dessinés (figure 10).

Il n'existe actuellement aucune norme en matière d'odeurs, le choix s'est porté sur le percentile 98 car dans la réglementation hollandaise, il correspond à une norme applicable aux installations existantes et permet de définir le périmètre d'urbanisation autour des sites odorants.

Pour rappel, le percentile 98 signifie qu'à l'extérieur de cette zone, l'odeur est perçue moins de 2% du temps. Cette zone est agrandie sur la figure 11.

Si on considère que le percentile 98 correspond à la « zone de gêne », les riverains potentiellement gênés sont :

Quelques maisons de la rue d'Eben, les plus proches de l'entrée du C .E.T.

Quelques maisons au bout de la rue de Campine, juste avant le parc à containers

La rue du Château

L'entrée du village de Loën

Soit relativement peu de personnes au total.

La valeur typique du débit d'odeur estimée par le modèle sur base des mesures de la FUL, soit 42 286 u.o./s, est un peu supérieure à trouvée pour Mont-Saint-Guibert (30 156 u.o./s) ^[8].

Pourtant, les opérateurs n'ont pas ressenti globalement que l'odeur était plus forte à Hallembaye qu'à Mont-Saint-Guibert. De plus le flux de camions, en moyenne, durant la période de mesures, était plus élevé à Mont-Saint-Guibert qu'à Hallembaye. Surtout, les distances maximales de perception olfactive par rapport à la source sont moins élevées à Hallembaye qu'à Mont-Saint-Guibert. A Hallembaye, de 310 m à 480 m (soit 390 m en moyenne) tandis qu'à Mont-Saint-Guibert, les distances varient de 405 à 812 m, soit 552 m en moyenne.

Le fait qu'une distance de perception 30% plus faible soit engendrée par un débit d'odeur deux fois plus important ne peut être expliqué que par des différences de conditions climatiques : la vitesse du vent et la stabilité de l'atmosphère influencent fortement la dispersion du panache.

10.4. Conclusions

L'étude menée par la FUL autour du C.E.T. d'Hallembaye permet notamment de relativiser l'importance de l'odeur de déchets par rapport à d'autres odeurs générées aux alentours du site, comme l'odeur de l'élevage. Elle permet aussi de limiter la zone de nuisances olfactives aux abords immédiats du C.E.T. voire même à l'intérieur du site.

En conclusion, la méthode de traçage des odeurs sur le terrain permet d'apprécier la réalité de la nuisance olfactive, telle que perçue par les riverains tout en n'oubliant pas que l'odeur est avant tout une question de perception subjective.

11. Qualité de l'air.

11.1 Introduction.

Par qualité de l'air, on entend la concentration de différents polluants dans l'air ambiant, c'est-à-dire, la conjonction de la pollution de fond et de la pollution résultant des émissions d'une installation.

La méthode adoptée permet la détermination de la pollution maximale engendrée par le C.E.T. dans son très proche environnement.

Cet apport est évalué en comparant les mesures de la qualité de l'air ambiant en deux points situés en bordure du site d'Hallembaye, en amont et en aval par rapport aux vents dominants qui sont dans le cas présent, du Sud-Ouest.

La figure 12 reprend la localisation des deux stations de mesures ; le premier point, situé au lieu-dit « Thier des Bruyères » est en amont et permet de mesurer la pollution de fond de la région. Le second point, situé en bordure du site est en aval et permet de mesurer en plus la pollution maximale due au C.E.T.

Leurs rôles respectifs s'inversent si le vent est opposé à la direction dominante.

Les mesures se sont étalées du 15 mars au 6 mai 2002.

Durant cette campagne, les vents ont soufflé principalement de deux secteurs : Sud-Ouest et Nord-Est. Les deux points de mesures ont été, suivant les périodes, sous l'influence des émissions du C.E.T.

La rose des vents montre clairement les deux directions dominantes.

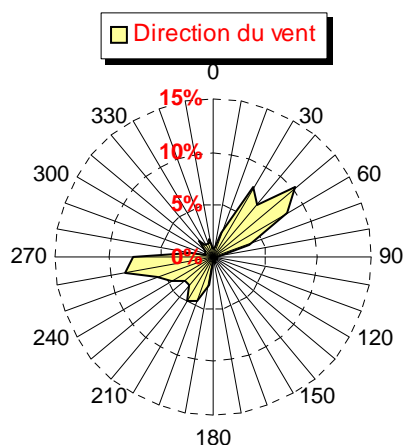


Figure 13 : Direction du vent lors de la campagne de mesures

11.2. Résultats des mesures.

Les résultats des mesures des paramètres principaux sont repris dans les tableaux 21 et 22 ci-dessous.

Cabine amont

Paramètres	CH ₄	H ₂ S	Benzène	Toluène
Unités	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Moyenne	1,65	3	0,7	1,6
Médiane	1,29	2	0,6	0,9
P95	3,46	6	1,6	5,0
Maximum	15,8	12	9,4	33,9
Nbre de valeurs	1042	1173	2232	2111

Tableau 21 : Résultats des mesures effectuées au niveau de la station amont

Cabine aval

Paramètres	CH₄	H₂S	Benzène	Toluène
Unités	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Moyenne	4,34	1	0,8	2,2
Médiane	2,59	1	0,6	1,2
P95	14,89	1	1,8	7,0
Maximum	64,49	6	3,9	39,6
Nbre de valeurs	2102	2280	2082	2130

Tableau 22 : Résultats des mesures effectuées au niveau de la station aval

11.2.1. Méthane

La littérature spécialisée nous apprend que la pollution de fond en méthane dans un environnement exempt de sources importantes se situe aux alentours de 1,3mg/m³.

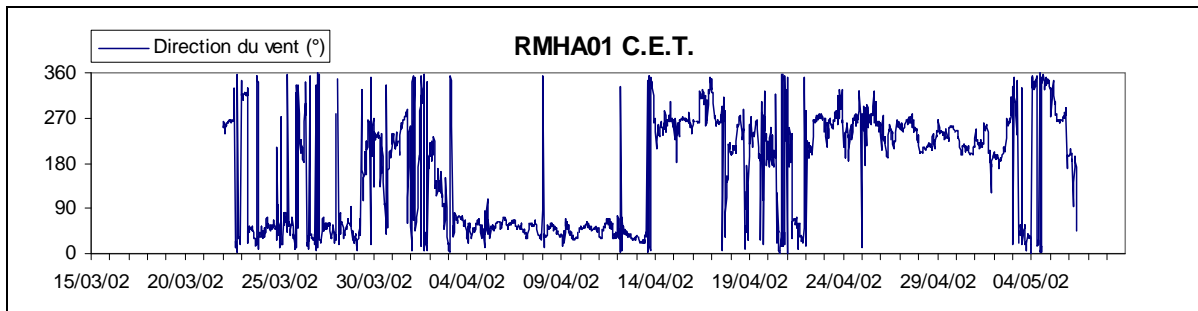
Or les valeurs en méthane mesurées tant en amont qu'en aval du C.E.T. sont supérieures au bruit de fond. Cela signifie que les deux sites ont donc été alternativement sous l'influence des émissions du C.E.T. Ceci est clairement mis en évidence sur les 3 figures suivantes.

La figure 14 reprend la direction des vents, présentée d'une autre façon que la rose de pollution.

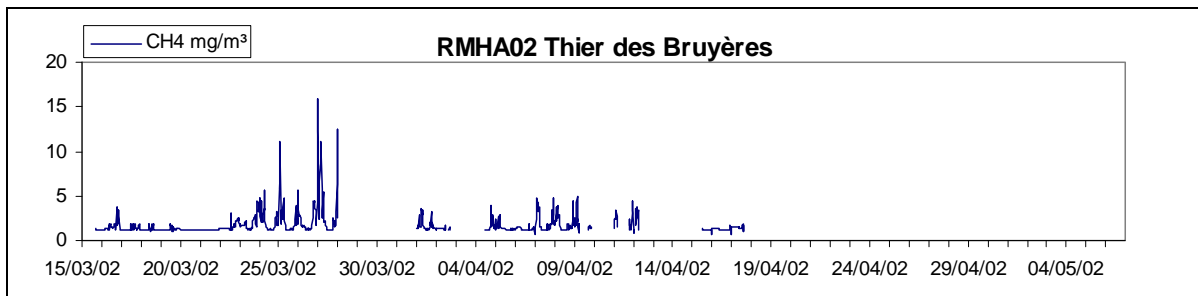
La compréhension de cette figure se présente comme suit : la direction 0° correspond à un vent du Nord et la rotation s'effectue dans le sens horlogique. Par exemple, 90° coïncide avec un vent d'Est.

Les deux autres figures reprenant l'évolution des valeurs semi-horaires pour le méthane sur le site amont et sur le site aval .

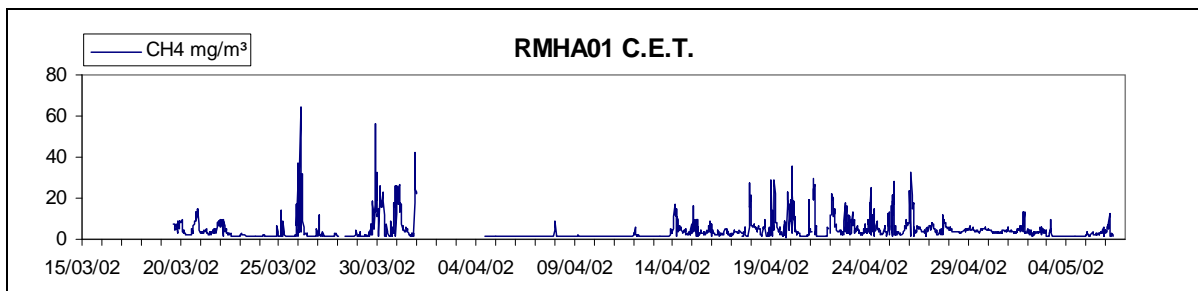
Direction des vents



Site amont



Site aval



Figures 14, 15 et 16 : Evolution semi-horaires du méthane et direction du vent

On observe ainsi que les pics repérés sur le site amont correspondent à des vents du Nord et du Nord-Est ; ceux enregistrés sur le site aval correspondent à des vents du Sud-Ouest.

Quant à l'intensité des pics, on observe une valeur moyenne de 4,34 mg/m³ sur le site aval et une valeur moyenne de 1,65 mg/m³ pour le site amont. Cette différence s'explique par l'éloignement des cabines par rapport à la source : en effet, la cabine aval est sur le site même alors que la cabine amont est à +/- 750 m du C.E.T.

Concernant l'origine du méthane, les roses de pollution établies pour chaque station montrent clairement que l'apport en méthane provient du C.E.T. pour les deux points de mesures.

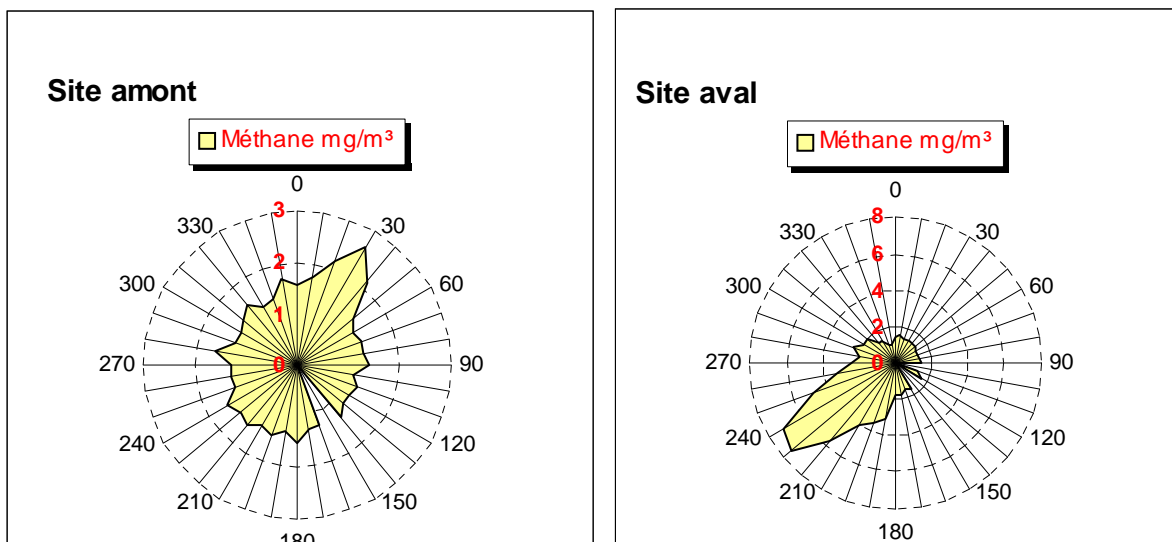


Figure 15 : Roses de pollution du méthane

Evolution

En 1999, les deux stations avaient été installées aux mêmes endroits. Les valeurs obtenues sur le site aval étaient significativement plus importantes : la moyenne était de 7,90 mg/m³ pour le méthane, alors que pour la campagne 2002, la moyenne est de 4,34 mg/m³. A l'époque, cette valeur élevée avait été expliquée par le fait que le site aval avait été soumis constamment à des vents en provenance du Sud-Ouest et donc sous l'influence permanente du C.E.T. Lors de cette campagne les vents de Nord-Nord Est ont été non négligeables mettant la cabine amont également sous l'influence du C.E.T.

11.2.2. Sulfure d'hydrogène.

Les valeurs relatives au sulfure d'hydrogène sont très faibles et les différences minimales constatées d'une station à l'autre ne sont absolument pas significatives.

Quant au seuil de perception olfactive, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ^[9] recommande de ne pas dépasser les 7 µg/m³ sur une demi-heure afin d'éviter les problèmes de nuisances olfactives. Ce seuil n'a jamais été dépassé sur le site et a été dépassé 18 fois sur le site amont pendant toute la période de mesures, ce qui représente 1,5 % du temps.

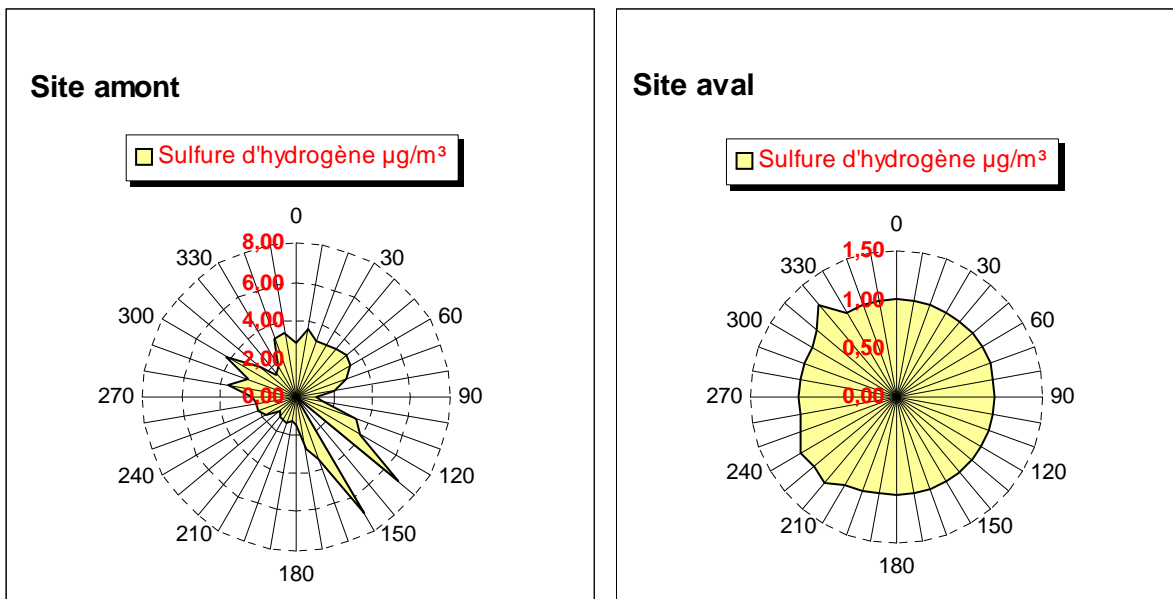


Figure 14 : Roses de pollution relatives au sulfure d'hydrogène

Vu les très faibles valeurs mesurées, aucun profil net ne ressort réellement. Les deux pics observés sur le site amont des Thiers des Bruyères ne correspondent qu'à un tout petit nombre de valeurs et ne sont pas assez significatifs.

Ces valeurs sont comparables à celles obtenues lors de campagnes précédentes.

11.2.3. Benzène

Concernant les résultats obtenus pour le benzène, les valeurs sont également très faibles et bien en deçà de la valeur limite annuelle de 5 µg/m³ fixée par la Directive européenne (2000/69/CE) applicable en 2010. Les roses de pollution du benzène sont reprises ci-après

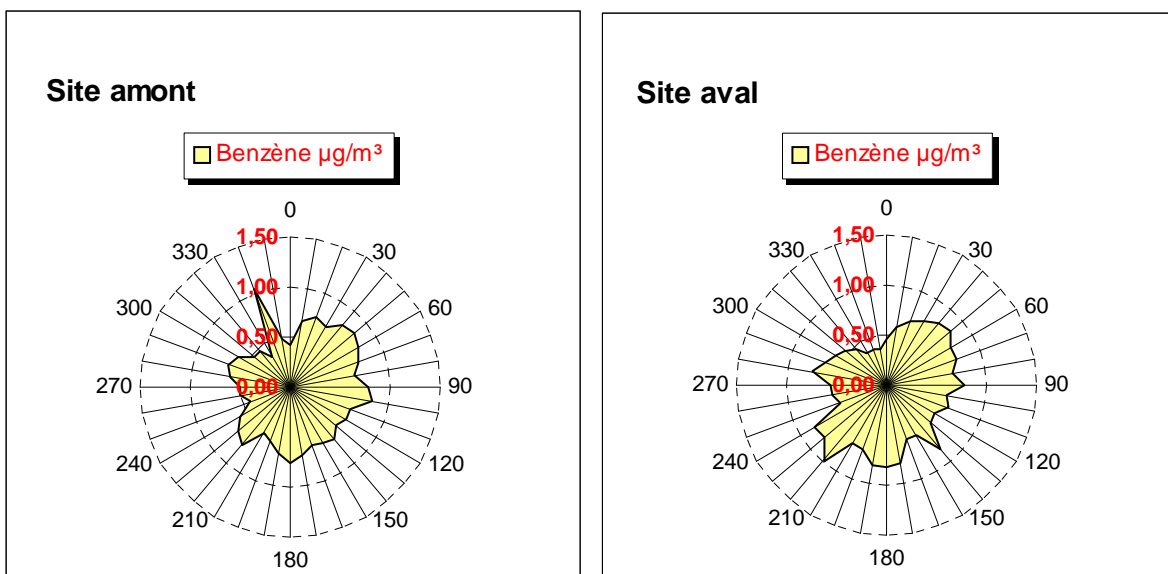


Figure 17 : Roses de pollution du benzène

Aucune direction privilégiée n'est mise en évidence sur les roses de pollution.

En comparaison avec la campagne menée en 1999, les valeurs observées sur le site aval en 2002 sont inférieures à celles mesurées en 1999 (moy = 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2002 et moy = 1,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1999).

11.2.4. Toluène.

Pour le toluène, nettement moins toxique que le benzène, les niveaux sont également très bas; la concentration moyenne est de 2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et est inférieure à celle obtenue en 1999 (moy = 4,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Les roses de pollution ont un profil assez semblable mais il n'y a aucune direction privilégiée pour l'apport du toluène.

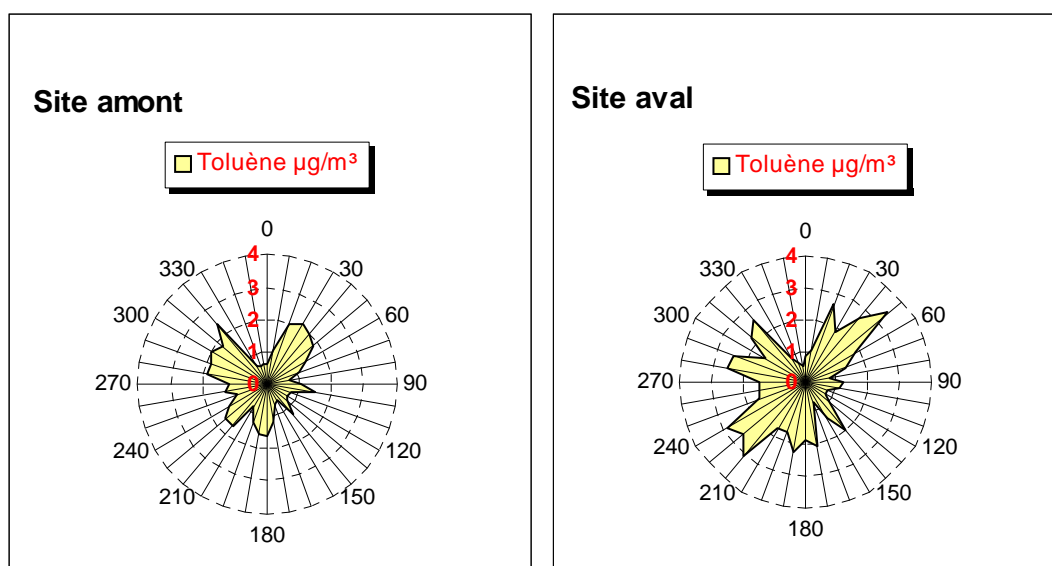


Figure 18: Roses de pollution du toluène.

Les petits pics observés sur ces roses sont le résultat d'une pollution de proximité.

A titre de comparaison, des valeurs en benzène et en toluène sont reprises dans le tableau 23 ci-dessous. Ces mesures ont été réalisées dans des zones caractéristiques : zone industrielle, zone rurale, centre urbain.

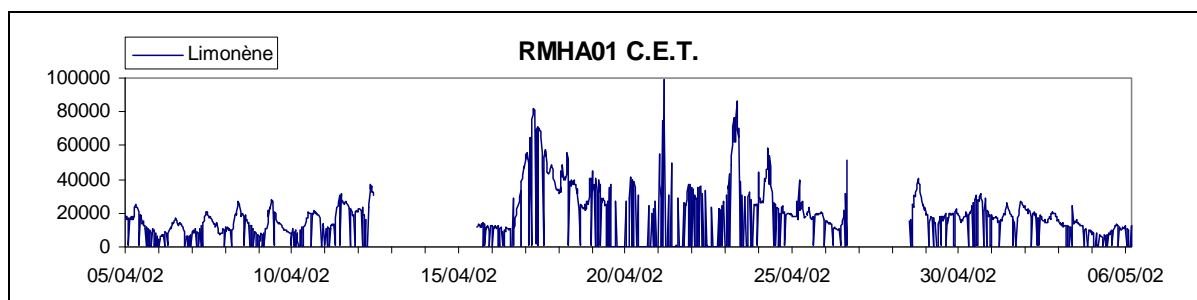
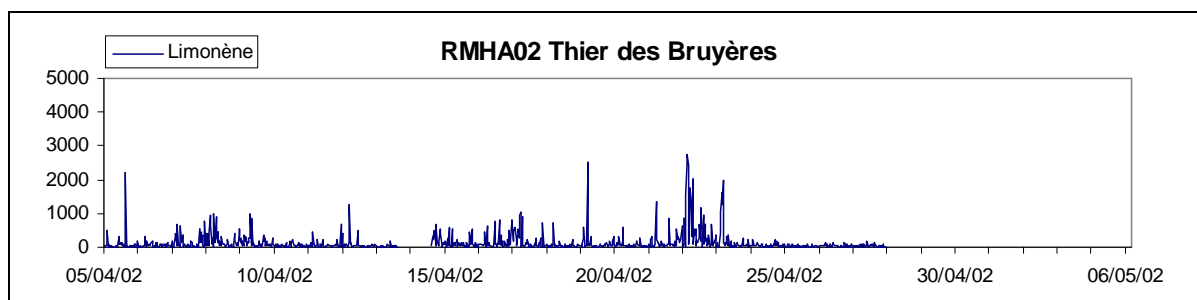
Année 1999		Zone urbaine – trafic dense	Zone urbaine	Zone industrielle	Zone rurale	
Lieux	Unités	Ixelles -Avenue de la Couronne	Bruxelles – Carrefour Arts-Loi	Uccle – station IRM	Zelzate	Aarschot
Paramètres		moy	moy	moy	moy	moy
Benzène	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	6,2	9,2	2,0	2,0	1,3
Toluène	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	24,2	33,9	8,1	5,4	3,7

Tableau 23 : Valeurs comparatives en benzène et toluène.

Ces valeurs sont tirées de l'étude réalisée par l'IBGE (novembre 2000) « la qualité de l'air en région Bruxelles Capitale » ainsi que du rapport « Luchkwaliteit en het vlaamse geweest 1999 ».

11.2.5. Limonène.

Le limonène a été dosé de manière semi-quantitative à l'aide de l'analyseur des BTEX. Ce composé est un excellent traceur du déchet frais.



Figures 19 et 20 : Evolution des concentrations en limonène pour les deux stations

La figure 12 reprend l'évolution des concentrations en limonène. Il n'y a pas d'unité, l'axe des ordonnées représentant la surface du pic obtenu sur le chromatogramme.

Les concentrations sont supérieures au niveau de la station située sur le C.E.T. Il n'y a aucun parallélisme entre les concentrations en limonène sur les deux stations, ni avec d'autres polluants mesurés tels que le méthane. En effet, pour le biogaz, c'est le para-cymène qui est un excellent traceur.

12. Conclusions

Cette campagne de contrôle réalisée dans le cadre du réseau de contrôle des Centres d'Enfouissement Techniques en Région wallonne, constitue la deuxième investigation analytique menée sur le C.E.T. d'Hallembaye.

Différents paramètres environnementaux classiques déjà étudiés lors de la première campagne en 1999 permettent d'observer leur évolution dans le temps. D'autres paramètres jugés judicieux par notre Institut ont été ajoutés à ce contrôle.

Partim Eau

Le contrôle de la qualité des eaux souterraines a permis de confirmer la tendance à la stabilisation des paramètres analysés, tendance qui est observée depuis 1998 et qui a déjà été constatée lors de notre première campagne de contrôle.

Le piézomètre P8, situé en aval piézométrique, présente quelques concentrations plus élevées que les autres points de contrôle sans toutefois dépasser la norme maximale admissible.

L'analyse plus pointue des paramètres organiques (PCB, PAH, hydrocarbures et phtalates) montre des valeurs inférieures aux limites de détection de l'appareil (exception faite de l'eau d'exhaure S2 pour les PAH).

Quant au contrôle de l'échantillonnage et les analyses effectuées sur les doublons, il confirme la qualité du laboratoire agréé Malvoz.

L'inventaire des puits et captages implantés aux abords du C.E.T. a permis de sélectionner deux puits jugés intéressants car ils sont situés en aval piézométrique du site et sont implantés dans des nappes aquifères différentes. Les résultats des analyses ont montré la qualité correcte de l'eau de ces puits.

En ce qui concerne les analyses réalisées sur les rejets des deux stations d'épuration, les valeurs sont inférieures aux normes de rejets imposées et montrent le bon rendement d'épuration des deux stations.

Partim Air

Dans le biogaz, l'analyse des composés majeurs ne montre pas de différences remarquables avec les chiffres cités dans la littérature spécialisée pour un C.E.T. de cette catégorie. Les teneurs en COV se trouvent dans des gammes de concentration déjà observées sur du biogaz de même type (Cour-au-Bois, Belderbusch).

Au niveau des fumées moteurs, les concentrations observées pour le CO dépassent la norme admissible; les autres paramètres présentent des valeurs normales pour ce type de moteur. Des adaptations aux moteurs ont été entrepris par l'exploitant dans le courant du mois de septembre 2002 ; de nouvelles mesures ont été entreprises et ont confirmé le bon réglage des moteurs : les valeurs en CO sont toutes inférieures à la norme.

L'analyse des dioxines a montré que les teneurs sont très faibles; on peut considérer que les moteurs à combustion implantés sur le site d'Hallembaye ne sont pas sources de production de dioxines.

Cette constatation avait déjà été faite pour les moteurs de Mont-Saint-Guibert.

De la même façon, les teneurs en PCB's et PAH présentent des valeurs très faibles.

A l'heure actuelle, il n'existe pas de normes pour ce type de moteurs industriels.

La torchère brûlant le biogaz excédentaire fonctionne bien et a un très bon rendement de destruction.

Le contrôle des émissions surfaciques a été réalisé en 1999 sur Hallembaye 1 dont l'exploitation était terminée. En 2002, cette zone a été réhabilitée tandis qu'Hallembaye 2 est en pleine exploitation.

La campagne de 1999 montrait des zones de faiblesse sur le flanc est mais également un dégazage plus important sur le flanc ouest. La pose de la couverture définitive sur Hallembaye 1 a été réalisée au cours de l'année 2001, exception faite du talus ouest. La campagne 2002 permet d'apprécier l'efficacité de cet aménagement final.

Quant au talus ouest, seule une couverture provisoire a été placée en attendant que les déchets enfouis dans la zone Hallembaye 2 reposent sur ce flanc.

Le biogaz dispose dès lors d'un chemin préférentiel sur ce talus et les fuites de biogaz y sont plus importantes.

La méthode de traçage des odeurs sur le terrain permet d'apprécier la réalité de la nuisance olfactive telle que perçue par les riverains. Elle a permis notamment de relativiser l'odeur des déchets par rapport à d'autres odeurs générées aux alentours du site. Le percentile 98 délimite la zone de « gêne » : seules quelques habitations sont concernées car la zone de nuisance olfactive se limite aux abords immédiats du C.E.T. voire même à l'intérieur du site.

Au niveau de la qualité de l'air, les deux stations tant amont qu'aval par rapport aux vents dominants ont été sous l'influence du C.E.T. C'est pourquoi la concentration moyenne en méthane sur le site amont est supérieure à la pollution de fond.

Quant aux autres polluants dosés, ils sont présents en faibles concentrations par rapport à des stations de référence connues et aux normes admises en la matière.

C.COLLART
Attachée,
Service Déchets & S.A.R.

P.DENGIS
Chef de service,
Service Déchets & S.A.R.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] SPAQUE (1999) *Cahier spécial des Charges des Etudes d'incidences pour l'élaboration du projet des C.E.T.*
- [2] ISO 5667-11 (1993) *Norme internationale relative à l'échantillonnage des eaux souterraines, partie 11.*
- [3] CHRISTENSEN T.H., COSSU R., STEGMANN R.(1997) *Landfilling of waste : leachate*, Chapman & Hall, London, 520 p
- [4] COLLART C., DENGIS P. (1999) *Réseau de contrôle des C.E.T. en région wallonne - C.E.T. d'Hallembaye, première campagne de contrôle, septembre-novembre 1999*, rapport ISSeP, 31 p.
- [5] CHRISTENSEN T.H., COSSU R., STEGMANN R.(1996) *Landfilling of waste : biogas*, Chapman & Hall, London, 840 p.
- [6] COLLART C., DENGIS P. (2002) *Réseau de contrôle des C.E.T. en région wallonne - C.E.T. de Mont-Saint-Guibert, deuxième campagne de contrôle, septembre-octobre 2001*, rapport ISSeP n° 462/2002, 73 p.
- [7] NICOLAS J., PEREZ E. (2002) *Campagne de mesures des odeurs sur le CET d'Hallembaye - Estimation des nuisances olfactives et ajustement de la méthodologie*, rapport FUL, 28 p.
- [8] NICOLAS J., (2002) *Campagne de mesures des odeurs sur le CET de Mont-Saint-Guibert - Mise au point d'une méthode d'estimation des nuisances*, rapport FUL, 28 p.
- [9] OMS (Organisation Mondiale de la Santé) (2000) *Air Quality Guidelines for Europe*, second edition