

Liège, le 25 mai 2011

Département de la Police et des Contrôles
RÉSEAU DE CONTRÔLE DES C.E.T.
EN RÉGION WALLONNE

C.E.T. de HALLEMBAYE

Quatrième campagne de surveillance (2010)

Rapport 04683/2010

Ce rapport contient 123 pages, 15 plans et 11 annexes

D. Dosquet, V. Lebrun, É. Bietlot, C. Collart

Attachés,

Cellule Déchets & SAR.

C. Collart,

Responsable,

Cellule Déchets & SAR.



Wallonie

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut
Rapport n°04683/2010, Annexes 333 pages.



Contact

Pour toute information complémentaire, prière de prendre contact avec l'ISSeP avec les moyens et adresses mentionnées ci-dessous :

ISSeP (Institut Scientifique de Service Public)

Rue du Chéra 200

B-4000 LIEGE

Tél. : + 32 4 229 83 11

Fax : + 32 4 252 46 65

Courriels:

c.collart@issep.be
e.bietlot@issep.be
d.dosquet@issep.be
v.lebrun@issep.be
s.garzaniti@issep.be
a.kheffi@issep.be

RÉSEAU DE CONTRÔLE DES C.E.T. EN RÉGION WALLONNE

C.E.T. de HALLEMBAYE

Quatrième campagne de surveillance (2010)

Date :	25/05/2011
Maître d'ouvrage :	Département de la Police et des Contrôles
Référence :	04683/2010
Type :	Rapport définitif
Auteurs :	D. Dosquet, V. Lebrun, É. Bietlot, C. Collart

Table des matières

1	INTRODUCTION	3
2	ÉTUDE PRÉPARATOIRE	3
2.1	Objectifs	3
2.2	Description du site et de ses alentours	3
2.2.1	Localisation	3
2.2.2	Situation administrative	3
	<i>A. Propriété et exploitation</i>	3
	<i>B. Plan de secteur</i>	3
	<i>C. Cadastre</i>	3
	<i>D. Zone "Natura 2000"</i>	3
2.2.3	Description des installations	3
	<i>A. Zonage</i>	3
	<i>B. Méthode d'exploitation</i>	3
	<i>C. Récolte et traitement des percolats</i>	3
	<i>D. Récolte et traitement du biogaz</i>	3
2.2.4	Historique	3
2.2.5	Description des alentours	3
2.2.6	Études antérieures	3
2.3	Études géologique, hydrogéologique, hydrographique et écologique	3
2.3.1	Géologie régionale	3
2.3.2	Géologie locale	3
2.3.3	Hydrogéologie régionale	3
	<i>A. Description des aquifères rencontrés dans la région d'Hallembaye</i>	3
	<i>B. Description des écoulements hydrogéologiques régionaux</i>	3
2.3.4	Hydrogéologie locale	3
	<i>A. Aquifères locaux</i>	3
	<i>B. Piézométrie locale</i>	3
	<i>C. Paramètres d'écoulements locaux et modélisation</i>	3

	<i>D. Exploitation des aquifères</i>	3
2.3.5	Hydrographie régionale	3
2.3.6	Hydrographie locale	3
	<i>A. Description</i>	3
	<i>B. Débits</i>	3
	<i>C. Sources</i>	3
	<i>D. Egouttages</i>	3
	<i>E. Position du C.E.T.</i>	3
2.3.7	Environnement écologique	3
2.4	Sensibilité du site	3
2.4.1	Eaux souterraines	3
2.4.2	Eaux de surfaces	3
2.4.3	Odeurs et qualité de l'air	3
2.4.4	Ecosystème	3
3	STRATÉGIE GLOBALE D'ÉCHANTILLONNAGE	3
3.1	Stratégie d'échantillonnage des effluents liquides et de leurs immissions	3
3.2	Stratégie d'échantillonnage des effluents gazeux et de leurs immissions	3
4	PARTIM EAU	3
4.1	Émissions	3
4.1.1	Stratégie d'échantillonnage pour les émissions liquides	3
4.1.2	Echantillonnage d'émissions liquides	3
4.1.3	Matériel de prélèvement et méthodes d'analyses des émissions liquides	3
4.1.4	Résultats d'analyses sur les émissions liquides	3
4.1.5	Valeurs normatives pour les émissions liquides	3
4.1.6	Conditions de contrôles	3
4.1.7	Discussion et interprétation des résultats sur les émissions liquides	3
	<i>A. Comparaison inter-laboratoire</i>	3
	<i>B. Composition des percolats</i>	3
	<i>C. Composition du rejet STEP</i>	3
	<i>D. Évolution temporelle de la qualité des émissions liquides</i>	3
4.2	Eaux de surface	3
4.2.1	Stratégie d'échantillonnage des eaux de surface	3
4.2.2	Valeurs normatives	3
4.3	Eaux souterraines	3
4.3.1	Échantillonnage d'eaux souterraines	3
4.3.2	Matériel de prélèvement et méthodes d'analyses des eaux souterraines	3
4.3.3	Résultats d'analyses des eaux souterraines	3
4.3.4	Normes de référence pour les eaux souterraines	3
4.3.5	Discussion et interprétation des résultats d'analyses des eaux souterraines	3
	<i>A. Comparaison interlaboratoire</i>	3
	<i>B. Comparaison par rapport aux valeurs normatives</i>	3
	<i>C. Évolution temporelle de la qualité des eaux souterraines</i>	3
5	PARTIM AIR	3
5.1	Émissions des installations	3
5.1.1	Stratégie d'échantillonnage	3
5.1.2	Matériel et méthodes	3
5.1.3	Normes de référence	3
5.1.4	Résultats	3
	<i>A. Résultats des analyses du biogaz</i>	3
	<i>B. Résultats des analyses des fumées du moteur 3</i>	3
5.1.5	Evolution temporelle	3
	<i>A. Biogaz</i>	3

	<i>B. Moteurs</i>	3
5.1.6	Discussion et interprétation	3
	<i>A. Composition du biogaz</i>	3
	<i>B. Evolution temporelle de la composition du biogaz</i>	3
	<i>C. Composition des fumées du moteur 3</i>	3
	<i>D. Evolution temporelle de la composition des fumées du moteur 3</i>	3
5.2	Mesures des émissions surfaciques et estimation des flux	3
5.2.1	Contexte	3
5.2.2	Phase I : Préparation de la campagne	3
	<i>A. Données historiques – campagnes précédentes</i>	3
	<i>B. Données récoltées dans le cadre de la campagne 2010</i>	3
5.2.3	Phase II : reconnaissance qualitative	3
	<i>A. Stratégie d'échantillonnage et appareillage</i>	3
	<i>B. Traitement géostatistique des mesures de concentration</i>	3
	<i>C. Réalisation de la campagne de mesures</i>	3
	<i>D. Résultats de la campagne 2010</i>	3
	<i>E. Comparaison avec les campagnes FID réalisées par l'exploitant</i>	3
5.2.4	Phase III : Cartographie des flux	3
	<i>A. Appareillages</i>	3
	<i>B. Stratégie d'échantillonnage</i>	3
	<i>C. Réalisation de la campagne</i>	3
	<i>D. Analyse géostatistique</i>	3
5.2.5	Cartographie des flux	3
5.2.6	Estimation du flux global moyen	3
5.2.7	Interprétation	3
5.3	Nuisances olfactives	3
5.3.1	Présentation du site et de ses alentours du point de vue des odeurs	3
	<i>A. Cibles</i>	3
	<i>B. Sources</i>	3
5.3.2	Méthodologie	3
	<i>A. Traçage d'odeurs sur le terrain (olfactométrie déambulatoire).</i>	3
	<i>B. Modélisation 3D</i>	3
	<i>C. Registre des plaintes et enquêtes</i>	3
5.3.3	Normes de référence	3
5.3.4	Résultats	3
	<i>A. Observations qualitatives – Registre des plaintes et enquêtes</i>	3
	<i>B. Evolution de la problématique des odeurs et variabilité des émissions</i>	3
	<i>C. Observation quantitatives - Traçages d'odeur sur le terrain</i>	3
	<i>D. Simulation</i>	3
	<i>E. Synthèse et conclusions</i>	3
5.3.5	Comparaison par rapport aux statistiques du réseau	3
5.4	Qualité de l'air	3
5.4.1	Méthodologie générale	3
5.4.2	Stratégie d'échantillonnage	3
5.4.3	Matériel et méthode de mesures et d'interprétation	3
5.4.4	Résultats de la campagne de mesures "C.E.T."	3
5.4.5	Interprétation des résultats de la campagne de mesures "C.E.T."	3
	<i>A. Rose des vents et secteurs</i>	3
	<i>B. Méthane</i>	3
	<i>C. Sulfure d'Hydrogène (H₂S)</i>	3
	<i>D. Benzène</i>	3
	<i>E. Toluène</i>	3
	<i>F. Limonène</i>	3
	<i>G. Autres polluants dosés en continu</i>	3
5.4.6	Résultats de la "campagne Riverain"	3

5.4.7	Interprétation des résultats de la "campagne Riverain"	3
A.	<i>Rose des vents</i>	3
B.	<i>Méthane</i>	3
C.	<i>Sulfure d'Hydrogène (H₂S)</i>	3
D.	<i>Benzène</i>	3
E.	<i>Toluène</i>	3
F.	<i>Limonène</i>	3
G.	<i>Autres polluants dosés en continu</i>	3
5.4.8	Comparaison des mesures exploitant-ISSeP	3
A.	<i>Données météorologiques</i>	3
B.	<i>Méthane (CH₄)</i>	3
C.	<i>Sulfure d'hydrogène (H₂S)</i>	3
5.4.9	Évolution temporelle de l'impact du C.E.T. sur la qualité de l'air	3
5.5	Conclusions de l'impact du C.E.T. sur la qualité de l'air	3
6	CONCLUSIONS	3
6.1	Partim eau	3
6.1.1	Émissions liquides et eaux de surface	3
6.1.2	Eaux souterraines	3
6.2	Partim air	3
6.2.1	Émissions des installations	3
6.2.2	Emissions surfaciques	3
6.2.3	Nuisances olfactives	3
6.2.4	Qualité de l'air	3
7	PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS	3
7.1	Partim eau	3
7.2	Partim air	3
8	REMERCIEMENTS	3
9	BIBLIOGRAPHIE	3
9.1	Ouvrages de références consultés durant ce travail	3
9.2	Documents cartographiques	3
9.3	Études antérieures sur le C.E.T. de "Hallembaye"	3
9.4	Études précédentes de l'ISSeP	3
9.5	Ressources internet	3
9.6	Publications de l'ISSeP relatives aux C.E.T.	3
9.7	Autres publications	3

Tables des illustrations

Figures

Figure 1 : Vue aérienne du C.E.T. délimité en rouge (Orthoimages 2006-2007).....	3
Figure 2 : Localisation du site sur le plan parcellaire cadastral.....	3
Figure 3 : Plan de zonage du C.E.T. (Source EurECO)	3
Figure 4 : Schématique longitudinale de la station de pompage (source EurECO).....	3
Figure 5 : Réseau de dégazage.....	3
Figure 6 : Evolution de la piézométrie entre juin 2001 et décembre 2009 (source : rapports d'autocontrôle d'INTRADEL)	3
Figure 7 : Sites Natura 2000 à proximité du C.E.T.	3
Figure 8 : Localisation sur l'orthophotoplan (2006-2007) des points de prélèvements d'eaux réalisés en février 2010.....	3
Figure 9 : Evolution des chlorures dans les piezomètres.....	3
Figure 10 : Plan du site et zones de faiblesses 2006.....	3
Figure 11 : Localisation des puits de gaz et des différentes zones établies en fonction du type de couverture.	3
Figure 12 : Structure du talus ouest (compost – géotextile drainant – pierres – déchets).....	3
Figure 13 : Carte des valeurs estimées de flux de CO ₂ , CH ₄ et TP (en ml/m ² /s) par cokrigeage avec les pentes de concentration (source : Ephesia-Consult ^[4.10]).	3
Figure 14 : Carte des valeurs estimées de flux de CO ₂ , CH ₄ et TP (en ml/m ² /s) par cosimulation colocalisée. (Ephesia-Consult ^[4.10]).	3
Figure 15 : Vue générale des environs du C.E.T. d'Hallembaye.....	3
Figure 16 : Localisation des emplacements des 5 riverains étudiés	3
Figure 17 : Schéma du plan d'exploitation 2009-2010.....	3
Figure 18 : Directions sur chacune desquelles un point d'observation-odeur est réalisé tous les matins par un employé d'Intradel (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7).....	3
Figure 19 : Evolution du nombre annuel de plaintes validées (source ULg).....	3
Figure 20 : Percentile 98 correspondant à 1 uo/m ³ obtenu avec le modèle ADMS4 et la prise en compte du relief pour les conditions "avant"Uvelia (trait discontinu rouge) et "après" Uvelia (trait continu bleu) (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7).....	3
Figure 21 : Rose des vents globale pour les 6 périodes de mesure.....	3
Figure 22 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 12 mars 2010 (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7).....	3
Figure 23 : Panaches d'odeur obtenus pour les mêmes conditions météorologiques, mais selon différentes situations de process sur le site (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7).....	3
Figure 24 : Percentile 98 correspondant à 1 uo/m ³ et au climat annuel moyen	3
Figure 25 : Percentile 98 pour 1 uo/m ³ calculé par Tropos pour le climat moyen de Bierset (en bleu) et pour les données météorologiques 2006-2007 enregistrées à Hallembaye.	3
Figure 26 : Roses des vents du climat moyen de Bierset (à gauche) et de la météo 2006-2007 enregistrée sur le site (à droite) (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7).....	3
Figure 27 : Points "odeur" relevés le 19/05/2010 dessinés sur une photo aérienne drapée sur le relief du site (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)	3
Figure 28 : Points "odeur" relevés le 19/05/2010 dessinés sur une interpolation par krigeage réalisée dans Surfer (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7).....	3
Figure 29 : Percentile 98 calculé par ADMS4 sans prise en compte du relief (trait continu) et avec prise en compte du relief (trait discontinu) (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7).....	3
Figure 30 : Emplacement des stations de mesures de la qualité de l'air	3
Figure 31 : Rose des vents – campagne "C.E.T.", du 03/03/2010 au 09/05/2010).....	3
Figure 32 : Roses de pollution du méthane – campagne "C.E.T." du 03/03/2010 au 09/05/2010.....	3
Figure 33 : Roses de pollution du sulfure d'hydrogène – campagne "C.E.T." du 03/03/2010 au 09/05/2010 (source : rapport ISSeP n°6467/2010).....	3
Figure 34 : Rose de pollution du benzène – campagne "C.E.T." du 03/03/2010 au 09/05/2010.....	3
Figure 35 : Roses de pollution du toluène – campagne "C.E.T." du 03/03/2010 au 09/05/2010.....	3
Figure 36 : Roses de pollution du limonène – campagne "C.E.T." du 03/03/2010 au 09/05/2010.....	3
Figure 37 : Rose des vents – "campagne Riverain" du 11/05/2010 au 12/07/2010.....	3
Figure 38 : Roses de pollution du méthane – "campagne Riverain" du 11/05/2010 au 12/07/2010.....	3
Figure 39 : Roses de pollution du sulfure d'hydrogène – "campagne Riverain" du 11/05/2010 au 12/07/2010 (source : rapport ISSeP n°6467/2010).....	3
Figure 40 : Roses de pollution du benzène – "campagne Riverain" du 11/05/2010 au 12/07/2010.....	3
Figure 41 : Roses de pollution du toluène – "campagne Riverain" du 11/05/2010 au 12/07/2010	3
Figure 42 : Roses de pollution du limonène – "campagne Riverain" du 11/05/2010 au 12/07/2010	3
Figure 43 : Emplacement des stations de mesures de la qualité de l'air	3
Figure 44 : Méthane – Evolution temporelle des concentrations (03/03/2010 au 09/05/2010).....	3
Figure 45 : Méthane – Evolution temporelle des concentrations (03/03/2010 au 09/05/2010).....	3
Figure 46 : Implantation des cabines de contrôle de la qualité de l'air de l'exploitant et de l'ISSeP.....	3

Tableaux

Tableau 1 : Structure administrative et coordonnées des personnes en charge de l'exploitation du C.E.T d'Hallembaye (source : INTRADEL)	3
Tableau 2 : Ouvrages actifs et non actifs dans un rayon de 3.000 mètres C.E.T. d'Hallembaye	3
Tableau 3 : C.E.T. d'Hallembaye, résultats d'analyses du percolat et comparaison aux références ISSeP	3
Tableau 4 : C.E.T. d'Hallembaye, rejet STEP, résultats d'analyses et évolution	3
Tableau 5 : Prélèvements d'eaux souterraines – Comparaison interlaboratoire.....	3
Tableau 6 : Évolution temporelle des eaux souterraines	3
Tableau 7 : Composition du biogaz – composés majeurs (mesures ISSeP)	3
Tableau 8 : Composition du biogaz – Composés Organiques Volatils (COV en µg/Nm ³)	3
Tableau 9 : Fumées du moteur 3 – composés majeurs (ISSeP).....	3
Tableau 10 : Synthèse des résultats des autocontrôles des fumées du moteur 3 (TESTO).....	3
Tableau 11 : Analyse du biogaz, évolution de la qualité du biogaz durant les campagnes ISSeP.....	3
Tableau 12 : Résultats des analyses réalisées sur les différents moteurs du C.E.T.	3
Tableau 13 : densité d'échantillonnage appliquée lors des mesures d'émissions surfaciques.....	3
Tableau 14 : Superficie et description des zones d'émissions et nombres d'échantillons à collecter (d'après Kidova-Ephesia Consult ^(7,2)).....	3
Tableau 15 : Flux moyens globaux suivant les différentes méthodes (ml/m ² /s).....	3
Tableau 16 : Comparaison des valeurs des flux moyens globaux horaires et annuels extrapolés à l'étendue totale du C.E.T. (17,2 ha) obtenus suivant les différentes méthodes.....	3
Tableau 17 : Localisation des 5 riverains dont l'exposition a été suivie par Odométric de fin 2006 à début 2009 (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7).....	3
Tableau 18 : Impacts olfactifs de l'exploitation "avant et après Uvelia" sur les 5 riverains sélectionnés. (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)	3
Tableau 19 : Synthèse des résultats d'ajustement du débit d'émission d'odeur aux limites de perception mesurées (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7).....	3
Tableau 20 : Valeurs d'exposition pour les 5 riverains pris comme exemple.....	3
Tableau 21 : Nuisances olfactives : comparaisons aux statistiques du réseau.....	3
Tableau 22 : synthèse des stations de mesures de la qualité de l'air.....	3
Tableau 23 : Qualité de l'air station RMHA01 : valeurs semi-horaires et journalières	3
Tableau 24 : Qualité de l'air station RMHA03 : valeurs semi-horaires et journalières	3
Tableau 25 : Qualité de l'air station RMHA04 : valeurs semi-horaires et journalières	3
Tableau 26 : Qualité de l'air station RMHA05 : valeurs semi-horaires et journalières	3
Tableau 27 : Evolution temporelle des concentrations en CH ₄ , H ₂ S, limonène, benzène, toluène éthylbenzène, xylènes et a-pinène. Seuil de vitesse : 1 m/s. Station RMHA01	3
Tableau 28 : Evolution temporelle des concentrations en CH ₄ , H ₂ S, limonène, benzène, toluène éthylbenzène, xylènes et a-pinène. Seuil de vitesse : 1 m/s. Station RMHA03	3

Plans

Plan 1 : Plan de localisation du site sur la carte topographique au 1:10.000 ^e
Plan 2 : Localisation du site sur le plan de secteur
Plan 3 : Plan des installations actuelles (source : UVELIA)
Plan 4 : Localisation du site sur la carte géologique de Belgique au 1:25.000 ^e
Plan 5 : Situation du site sur une coupe géologique tirée de la carte géologique de Belgique au 1:25.000 ^e
Plan 6 : Carte hydrogéologique régionale et ouvrages de prise d'eau
Plan 7 : Emissions surfaciques de méthane (campagne de mesures de 1999)
Plan 8 : Emissions surfaciques de méthane (campagne de mesures de 2002)
Plan 9 : Emissions surfaciques de méthane (campagne de mesures de 2006)
Plan 10 : Localisation des zones d'émissions surfaciques en méthane et photos (avril 2010)
Plan 11 : Emissions surfaciques en méthane (avril 2010) et débit des puits de gaz
Plan 12 : Emissions surfaciques en CO ₂ (avril 2010)
Plan 13 : Emissions surfaciques en méthane - Comparaison ISSeP (avril 2010) et SITA (2008-2010)
Plan 14 : Emissions surfaciques en méthane (avril 2010) – zonage pour les mesures de flux
Plan 15 : Plan de localisation des mesures de flux et de concentrations.

Annexes

Annexe 1 : Géocentrique

Annexe 2 : Rapport de prélèvement des eaux et résultats d'analyses

Annexe 3 : Résultats des autocontrôles des émissions de surface

Annexe 4 : Résultats des autocontrôles des eaux souterraines

Annexe 5 : Mesures de la qualité du biogaz et des fumées du moteur 3

Annexe 6 : Autocontrôles de la qualité du biogaz et des fumées des moteurs et torchères

Annexe 7 : Troisième campagne de mesure des odeurs sur le C.E.T. de Hallembaye

Annexe 8 : Etude de la qualité de l'air ambiant à proximité du C.E.T. d'Hallembaye

Annexe 9 : Etude de la qualité de l'air ambiant à proximité du C.E.T. d'Hallembaye – comparaison des mesures exploitant et ISSeP

Annexe 10 : Campagne FID de l'exploitant. Vérification de l'efficacité du dégazage.

Annexe 11 : Rapport de campagne de mesures des émissions surfaciques et des flux à Hallembaye

1 INTRODUCTION

Le réseau de contrôle des centres d'enfouissement technique (en abrégé C.E.T.) en Région wallonne a été mis en place en 1998. Il compte aujourd'hui 13 C.E.T.

Chacun d'entre eux fait l'objet de campagnes de contrôle successives dans le temps. La première dresse un état des lieux du site à son introduction dans le réseau, les suivantes montrent l'évolution de la situation environnementale du C.E.T. au cours du temps, notamment en fonction des actions prises et des installations mises en œuvre par l'exploitant.

Le C.E.T. d'Hallembaye est entré dans le réseau de contrôle lors de sa création en 1998. La première campagne de contrôle a eu lieu en 1999 et les compléments réalisés en 2000 et 2001 constituent la première investigation réalisée par notre Institut sur le site. Une deuxième campagne de contrôle a été réalisée en 2002 et une troisième en 2006.

Le C.E.T. d'Hallembaye a connu deux phases dans son exploitation :

- Une première phase dénommée – Hallembaye 1 – (HAL1) a été exploitée de 1990 à 1999 ; une couverture définitive ou un "capping" provisoire a été placé selon l'endroit.
- Une deuxième phase concerne l'extension du C.E.T. – Hallembaye 2 – (HAL2) dont l'exploitation est encore en cours actuellement.

La première campagne de contrôle et d'analyses réalisée en 1999 ne concernait qu'Hallembaye 1, où l'enfouissement des déchets était quasiment terminé. Une couverture provisoire était en cours de placement. Quant à Hallembaye 2, son exploitation n'avait pas encore commencé.

La deuxième campagne de contrôle a été réalisée sur l'ensemble du C.E.T., Hallembaye 1 en cours de réhabilitation et Hallembaye 2 en début d'exploitation.

La troisième campagne, portait sur la totalité du C.E.T., Hallembaye 1 en phase de post-gestion et Hallembaye 2 en phase de pleine exploitation.

La quatrième campagne, objet du présent rapport, porte également sur la totalité du C.E.T. Hallembaye 1 est toujours en phase de post-gestion et Hallembaye 2 est encore en pleine exploitation.

Dans tous les rapports de campagne de l'ISSeP, le premier chapitre, intitulé "étude préparatoire", décrit habituellement de manière succincte le C.E.T. sous ses divers aspects (renseignements généraux, techniques d'exploitation, installations existantes, historique, ...). Il résume les informations récoltées par l'ISSeP depuis l'introduction du C.E.T. dans le réseau qui sont compilées sous la forme plus détaillée d'un **dossier technique**.

Tous ces documents cités plus haut (dossier technique et rapports antérieurs) sont publiés sur le site Internet du réseau de contrôle à l'adresse suivante :

<http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/index.htm>

Le rapport proprement dit est divisé en deux grandes parties :

- La première (**partim eau**) aborde la problématique des effluents liquides (percolats, rejets de station d'épuration) et de leurs immissions dans les eaux de surface et les eaux souterraines.
- La seconde (**partim air**) s'intéresse aux effluents gazeux sous toutes leurs formes (émissions à la surface du massif de déchets, aux torchères et aux moteurs), à leur immission dans l'atmosphère et à leur éventuel impact sur la qualité chimique et olfactive de l'air ambiant.

2 ÉTUDE PRÉPARATOIRE

2.1 Objectifs

Le but de l'étude préparatoire est de récolter un maximum de données techniques, administratives, environnementales et historiques qui permettent d'évaluer la situation du C.E.T. et de définir une stratégie optimale d'échantillonnage et de contrôle.

2.2 Description du site et de ses alentours

2.2.1 Localisation

Le C.E.T. d'Hallembaye est situé à l'extrême nord de la province de Liège, sur les communes d'Oupeye (pour la majeure partie) et de Visé, dans l'arrondissement de Liège.

Le C.E.T. est localisé sur la carte IGN 34/6 Herderen 1 :10.000^e (Plan 1).

Les coordonnées Lambert au centre du C.E.T. sont les suivantes :

- $X_{moy} = 240.617$ m et $Y_{moy} = 160.370$ m

Le C.E.T. peut être inclus dans un rectangle de coordonnées :

- $X_{min} = 240.190$ m et $Y_{min} = 159.770$ m
- $X_{max} = 241.045$ m et $Y_{max} = 160.970$ m

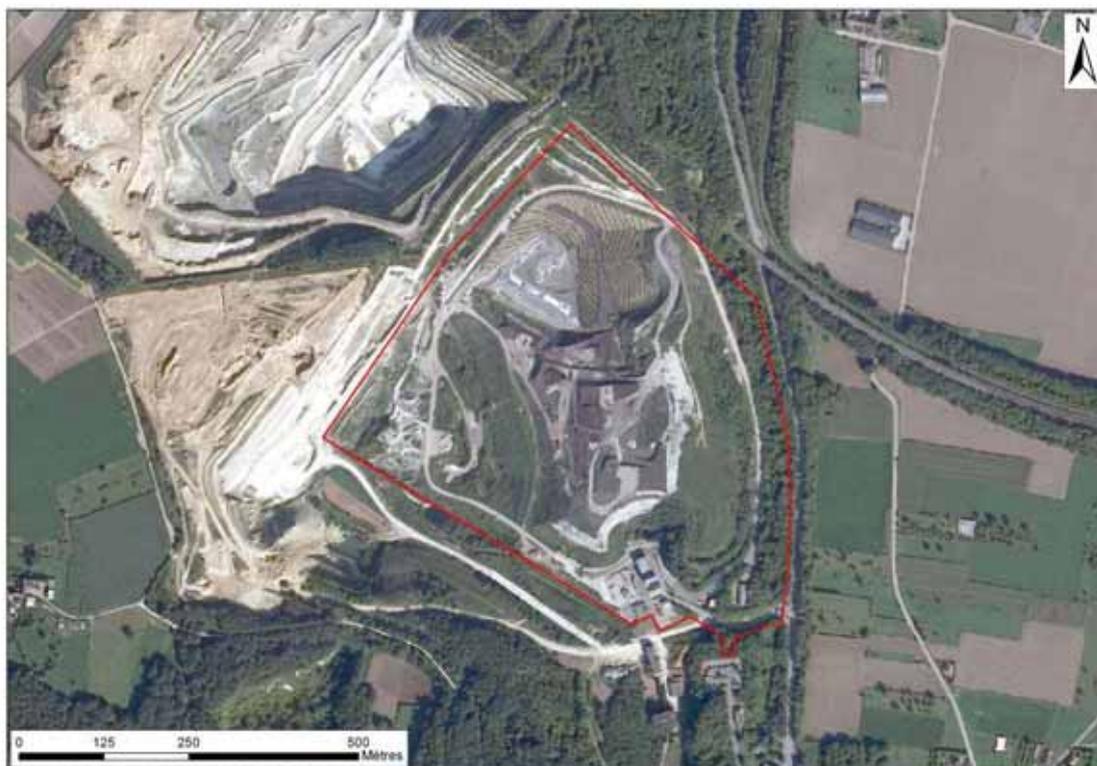


Figure 1 : Vue aérienne du C.E.T. délimité en rouge (Orthoimages 2006-2007)

2.2.2 Situation administrative

A. Propriété et exploitation

La dénomination complète du site est : "Centre d'enfouissement technique d'Hallembaye" au lieu dit "Ancienne carrière CPL".

Ce C.E.T. de classe 2 s'étend sur une superficie d'environ 30 ha. Il est divisé en deux secteurs d'exploitation (Hallembaye 1 et Hallembaye 2). Il accueille les types déchets suivants:

- déchets ménagers (interdits depuis janvier 2010) et assimilés;
- déchets industriels non dangereux et non toxiques;
- résidus de centre de compostage;
- déchets inertes;
- REFIOM.

La **SCRL INTRADEL** (Intercommunale de traitement des déchets en région liégeoise) est propriétaire du site et détentrice du permis d'exploiter le C.E.T. INTRADEL

Le gestionnaire de l'exploitation du C.E.T. est la société UVELIA qui assure le suivi et le contrôle de l'ensemble des activités. La répartition des partenaires privés et publics qui constituent UVELIA est la suivante :

- INTRADEL : 70 %
- SITA treatment (filiale du groupe suiez) : 15%
- VAN GANSEWINKEL group : 15%

Sur le terrain, les activités sont gérées par INTRADEL et UVELIA :

INTRADEL :

- Contrôle des accès ;
- Réception et acceptation des déchets ;
- Contrôles périphériques ;

UVELIA:

- Enfouissement des déchets ;
- Gestion des moteurs ;
- Exploitation de Hallembaye 2 ;
- Evacuation des concentrats ;
- Enfouissement des déchets ;
- Post-gestion de Hallembaye 1 ;
- Pompage, transfert et traitement des percolats de Hallembaye 1 ;
- Transfert des concentrats de Hall 1 vers la station de traitement de Hallembaye 2 ;
- Pompage du biogaz de Hallembaye 1;
- Pompage du biogaz de Hallembaye 2 ;
- Pompage, transfert et traitement des percolats de Hallembaye 2 ;
- Pompage, transfert et rejet des eaux propres ;
- Elimination du biogaz pauvre en torchère ;
- Production d'électricité à partir du biogaz riche pompé valorisable ;
- Lutte contre les nuisances olfactives ;
- Traitement des concentrats de Hallembaye 1 ;
- Chargement en camions citernes des concentrats de Hallembaye 2.

Le Tableau 1 ci-dessous reprend les coordonnées complètes des personnes en charge de l'exploitation.

Tableau 1 : Structure administrative et coordonnées des personnes en charge de l'exploitation du C.E.T d'Hallembaye (source : INTRADEL)

Exploitant/Propriétaire	SCRL INTRADEL (Intercommunale de traitement des déchets en région liégeoise)
Siège administratif	SCRL INTRADEL Port de Herstal Pré Wigi B-4040 HERSTAL Tél : 04 / 240 74 74 Fax : 04 / 248 11 42 http://www.intradel.be
Responsables	Mr R. Croughs, Directeur Général Mr L. Joine, Directeur Général Adjoint
Siège d'exploitation	C.E.T. d'Hallembaye Rue d'Eben, 1 B-4684 HACCOURT Tél : 04 / 379 82 33 N° vert : 0800/ 35 005
Responsables	Mr Gaetan Decelle, responsable UVELIA du C.E.T.

B. Plan de secteur

Les parcelles délimitant le site d'enfouissement sont inscrites au plan de secteur en zone de services publics et d'équipements communautaires avec, en surimpression, le sigle C.E.T. Elles sont entourées d'une fine bande d'espace vert et puis d'une zone d'extraction et d'une zone d'aménagement différé à caractère industriel. Le Plan 2 localise le C.E.T. sur le plan de secteur.

C. Cadastre

D'après une copie d'un extrait du plan cadastral du site issu de l'étude d'incidence réalisée en 2009 par EurECO sprl, et suite à la dernière révision du plan de secteur (18/02/2009), l'ensemble du C.E.T. autorisé est sis sur les parcelles cadastrées suivantes:

- **OUPEYE, 2^{ème} Division, section A, n^{os} 1272c, 1276c, 1276d, 1276e, 1278a, 1289a, 1306a.**
- **WISE, 5^{ème} Division, section B, n^o 73p2.**

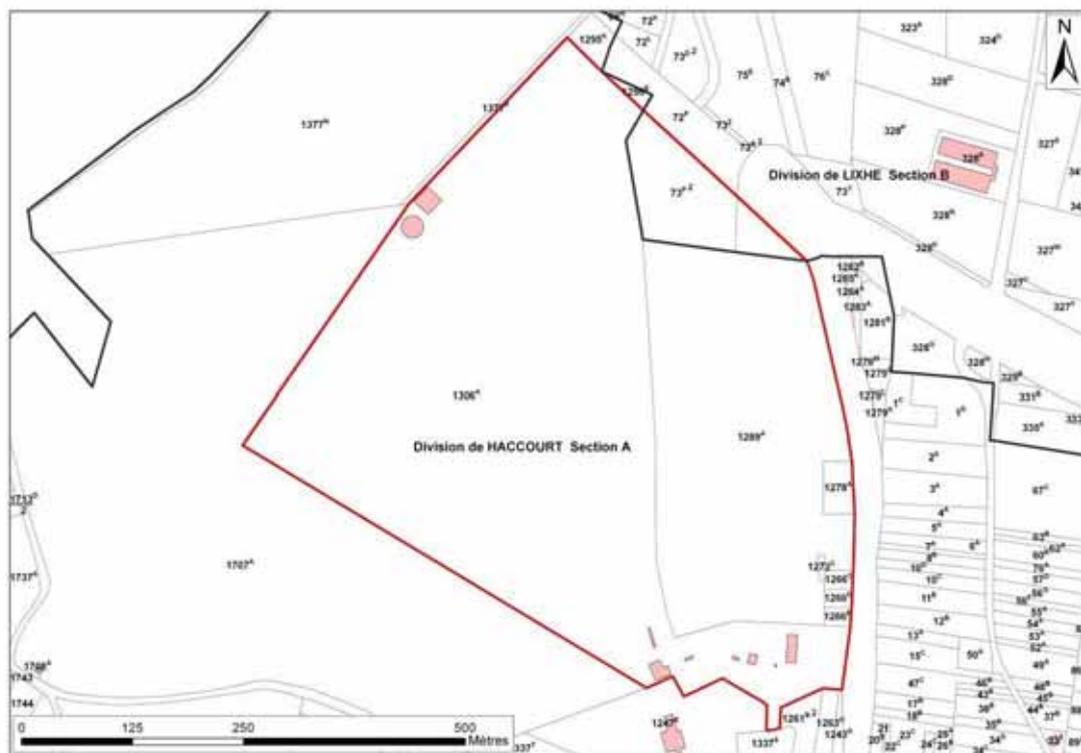


Figure 2 : Localisation du site sur le plan parcellaire cadastral

D. Zone "Natura 2000"

Trois sites Natura 2000 sont recensés à relative proximité du C.E.T., à savoir :

- BE33002 – Basse Vallée du Geer, d'une surface totale de 585 ha ;
- BE33003 – Montagne Saint-Pierre, d'une surface totale de 241 ha ;
- BE33004 – Basse-Meuse et Meuse Mitoyenne, d'une surface totale de 225 ha.

La partie sud du C.E.T. est située à moins de 200 mètres des "Hauts de Froidmont", mais néanmoins séparée par le talus et le chemin d'accès de la carrière. Ceux-ci surplombent le C.E.T. et constituent la partie sud du site BE33003. Le C.E.T. est également situé à moins d'un kilomètre (vers le nord-ouest) de la "Basse Vallée du Geer" (BE33002).

Un peu plus à l'est du C.E.T., au-delà du canal Albert, se situe le troisième site Natura 2000, site de la Basse-Meuse et de la Meuse Mitoyenne.

Outre les sites NATURA 2000, il existe également à proximité du C.E.T. (+/- 5km) des réserves naturelles et des sites de grand intérêt biologique (SGIB). Des explications plus détaillées sont disponibles dans la fiche "HAL-div04-faune & flore" du dossier technique du C.E.T. d'Hallembaye disponible sur le site internet du réseau de contrôle des C.E.T. (<http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/index.htm>).

2.2.3 Description des installations

Le Plan 3 présente les installations actuelles. La majeure partie des informations exposées dans ce chapitre provient de la déclaration environnementale 2008, soit directement de l'exploitant, soit indirectement de textes repris de l'étude d'incidences réalisée par EurECO en 2009 ^[5.10] dans le cadre de la demande de permis d'environnement de la zone d'exploitation. Le plan 3 présente les installations actuelles (source : EurECO). Tous les détails techniques concernant les méthodes d'exploitation du C.E.T. sont consignés dans les fiches de la rubrique "exploitation" sur le site internet du réseau de contrôle des C.E.T. ^[5.1]. Seules les grandes lignes de ces fiches sont résumées dans cette section du rapport de contrôle.

A. Zonage

Le C.E.T. est scindé en trois zones distinctes (Figure 3 ci-dessous) :

- La zone réhabilitée (Hallembaye 1) (en vert) :
- La zone en exploitation (Hallembaye 2) (en rose) :
- La zone d'extension (en blanc) :

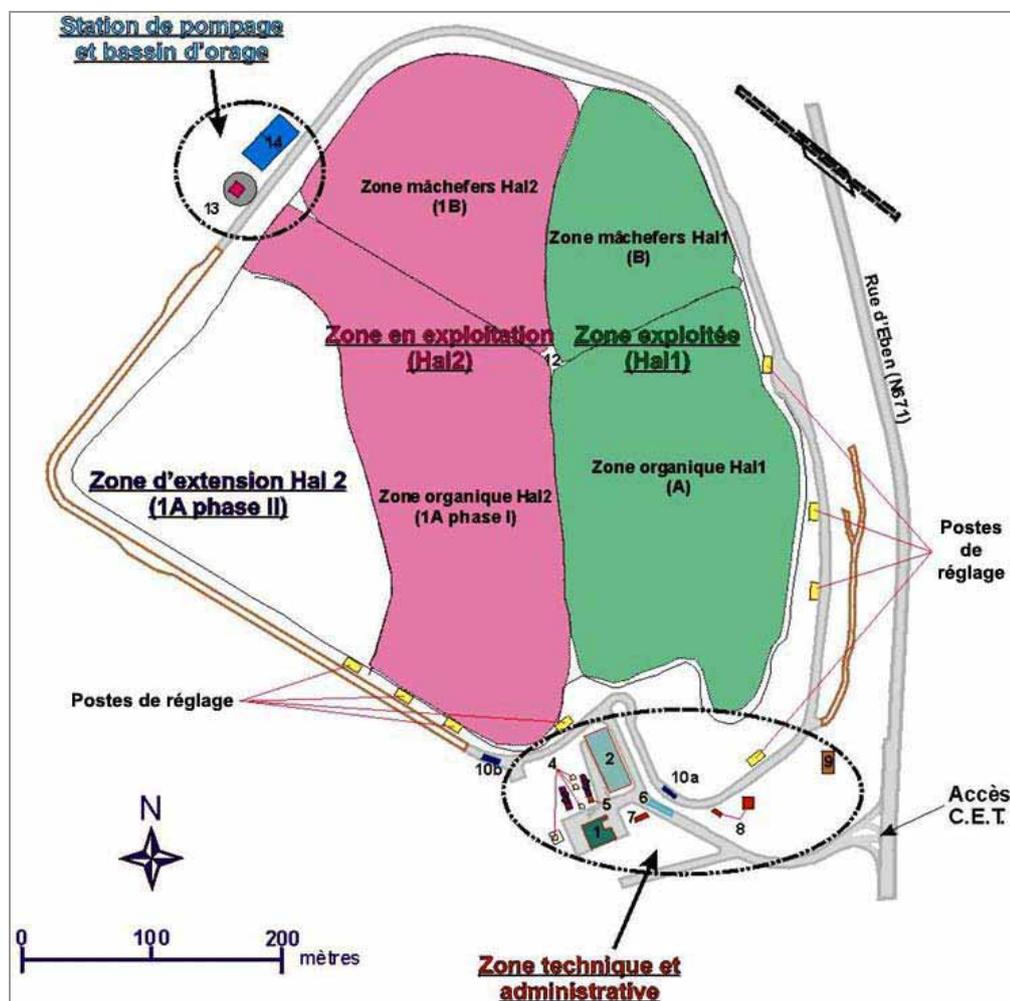


Figure 3 : Plan de zonage du C.E.T. (Source EurECO)

La zone réhabilitée (Hallembaye 1)

Elle s'étend à l'extrémité est de l'ancien site carrier. Elle est délimitée par la voirie d'entrée au sud, par la zone d'extraction de la société CBR au nord, la route périphérique à l'est et la zone en exploitation (Hallembaye 2) à l'ouest. Hallembaye 1 est constitué de deux compartiments :

- La zone A "déchets organiques" au sud ;
- La zone B "mâchefers" au nord.

Ces deux compartiments sont équipés de systèmes séparés de récolte des percolats et sont isolés par un mur de séparation (argile). La partie "déchets organiques" est, en outre, munie d'un système de dégazage.

Les divers compartiments d'Hallembaye 1 reposent directement sur la smectite de Herve recouvrant les terrains du Houiller. Outre un léger reprofilage, la smectite n'a fait l'objet d'aucun remaniement et peut donc être qualifiée de barrière naturelle "en place". A l'exception d'un massif drainant, le fond du C.E.T. n'est pas pourvu d'une membrane d'étanchéité complémentaire, qui n'était pas imposée à l'époque.

Ce massif présente une pente légère permettant de conduire les percolats "mâchefers" et "organiques" vers leur système d'exhaure respectif. Ceux-ci sont souterrains et reliés à la galerie technique principale. Il a été aménagé en 1994/1995 et est composé de 3 bassins de stockage (percolats "organiques", "mâchefers" et, anciennement, "eaux de source nord"). Les deux premiers bassins sont reliés par canalisations (via la galerie) à la station de pompage, tandis que le dernier n'est plus actif suite à l'aménagement d'Hallembaye 2 et de son système de drainage sous-jacent qui récupère les eaux d'infiltrations en provenance des falaises situées au nord du C.E.T.

Les zones A et B d'Hallembaye 1 ont cessé d'être exploitées respectivement en 1999 et 2001. Cette partie du C.E.T. est en phase de post-gestion et sa réhabilitation est en cours. Le "capping" est provisoire (excepté sur le flanc est où il est définitif), constitué d'un géosynthétique drainant et d'une géogrille recouverts d'une couche d'un mètre de terre. Une description de la phase finale de réhabilitation est donnée dans la fiche post-gestion disponible sur le site internet du réseau de contrôle des C.E.T.

Un projet d'installation de 6000m² de panneaux photovoltaïques sur Hallembaye 1 est à l'étude et devrait voir le jour en 2012 ou 2013.

La zone en exploitation (Hallembaye 2)

Elle est située à l'ouest de la zone réhabilitée contre et sur laquelle elle vient s'appuyer. Elle est également constituée de deux compartiments :

- La zone 1A (Phase I) : le compartiment des déchets organiques, au sud ;
- La zone 1B : le compartiment mâchefers, au nord.

Ce sont ces deux zones qui constituent, au jour d'aujourd'hui, le C.E.T. proprement dit.

• La zone d'extension

Elle est délimitée au sud par les terrains en exploitation appartenant à Holcim (anciennement Ciments d'Obourg), à l'ouest par le plateau agricole de la Montagne Saint-Pierre, au nord par la zone d'excavation de CBR et à l'est par la zone d'exploitation. Il s'agit d'un compartiment nommé "zone 1A (Phase II)" qui sera mis en exploitation, si nécessaire, lorsque la "zone 1A (Phase I)" sera terminée. Il est prévu que ce compartiment s'appuie contre et sur la Phase I. La capacité d'accueil supplémentaire est de 1.100.000 m³.

La zone technique

Une zone technique et administrative se trouve à l'entrée du site et comporte les différents équipements nécessaires à la gestion du C.E.T. : le pont-bascule et le local de pesage, les bâtiments administratifs, le bâtiment technique, les deux stations d'épuration, la station de lavage, le hangar de maintenance, les moteurs à biogaz et les torchères.

La station de pompage et de stockage des eaux et le bassin d'orage sont localisés au nord-ouest du site, à l'opposé de la zone technique et administrative.

B. Méthode d'exploitation

La zone "organique" du C.E.T. est divisée en casiers exploités en rotation continue. Les déchets sont étalés puis compactés, ce qui limite les tassements différentiels et favorise le processus de biométhanisation. La surface quotidienne de remplissage varie entre 500 et 1.500 m². Après 2 à 3 semaines d'activité d'enfouissement, en fonction de la hauteur de déchets, le casier est mis en attente. Un recouvrement journalier des zones en exploitation est mis en œuvre. Ce recouvrement est effectué au moyen d'une couche de 30 à 40 cm de compost.

Une autre technique de recouvrement (un géotextile filtrant contenant du charbon actif) est également appliquée sur les casiers mis en attente. Cette technique, utilisée depuis 2006, permet de limiter les odeurs et va progressivement remplacer celle du recouvrement par compost qui, quant à lui, est valorisé en centres de biodéchets.

La zone de "mâchefers" accueille principalement de l'asbeste ciment, des MIOM et des REFIOM (résidus d'épuration des fumées d'incinération d'ordures ménagères). Les REFIOM issus de l'unité de valorisation énergétique (UVE) de Herstal sont transférés vers le C.E.T. d'Hallembaye après leur inertage. Non inertés, ils doivent être orientés vers un centre de traitement ou d'élimination pour déchets dangereux. Cette activité est assez faible en comparaison de celle de la zone "organique". Il n'y a plus de mâchefers qui sont enfouis à Hallembaye.

Les déchets sont acheminés au C.E.T. par camions. Ces derniers subissent un contrôle visuel à l'entrée sur la bascule et sur le compacteur. Tous les jours, un camion est choisi au hasard et son contenu est inspecté complètement après déversement.

Tous les détails techniques concernant les méthodes d'exploitation du C.E.T. sont consignés dans les fiches de la rubrique "*exploitation*" sur le site internet du réseau de contrôle^[5.1].

C. Récolte et traitement des percolats

Voir dossier technique du C.E.T.^[4.1] fiche "*exploitation – prégestion*" pour les détails.

Les percolats sont récoltés séparément selon leur nature (zones "organiques" ou "mâchefers") et leur provenance (Hallembaye 1 ou 2). Les percolats d'Hallembaye 1 sont qualifiés de percolats "vieux", au contraire des percolats "jeunes" d'Hallembaye 2. Au total, 4 percolats différents sont récoltés, stockés et traités séparément. Ils sont épurés tantôt individuellement, tantôt après mélange en proportions variables, ce qui permet d'optimiser le rendement d'épuration par osmose inverse.

Récolte des percolats de la zone réhabilitée (Hallembaye 1)

A l'exception d'un massif drainant, le fond du C.E.T. est dépourvu d'une membrane d'étanchéité artificielle. Ce massif est disposé directement sur l'étanchéité naturelle assurée par la couche de smectite et avec une légère pente, il permet de conduire les percolats "mâchefers" et "organiques" vers leur système d'exhaure respectif. Ils sont acheminés par canalisations (via une galerie aménagée sous les zones d'enfouissement) à la station de pompage.

De la station de pompage, les percolats sont envoyés via la galerie, pour traitement, vers la station d'épuration (STEP) d'Hallembaye 1, mais peuvent également être traités par la STEP d'Hallembaye 2.

Récolte des percolats de la zone en exploitation (Hallembaye 2)

Le fond du C.E.T. est constitué de smectite (argile très peu perméable) dont l'épaisseur, entre 7 et 20 mètres, constitue une "barrière naturelle" entre le C.E.T. et la nappe du Houiller qu'elle recouvre. Cet aquifère est captif sous la smectite. Autrement dit, l'eau subit une pression du bas vers le haut qui tend à favoriser l'introduction d'eau dans le C.E.T. plutôt que l'émission de percolats vers la nappe.

Contrairement à Hallembaye 1, cette étanchéité "naturelle" a été complétée par une étanchéité "artificielle" (géomembrane) dans la zone d'Hallembaye 2. Préalablement à la mise en place du complexe d'étanchéité-drainage du fond de forme, un réseau de drainage de la nappe de la Craie et de la nappe des remblais présente dans la partie sud du site a été installé. Celui-ci récolte les eaux de nappe sous et autour du C.E.T.

Sous les déchets, des collecteurs en fond de forme convergent vers un point bas où les percolats "organiques" et "mâchefers" sont récoltés séparément et se déversent par gravité dans des fosses de réception séparées appelées "bâches". Celles-ci sont situées dans la station de pompage implantée du côté ouest du site.

Cette station de pompage est une construction cylindrique compartimentée comportant 6 niveaux de réservoirs de hauteurs variables. Les réservoirs sont construits autour d'un noyau central dans lequel sont installés un monte-charge, les tuyauteries et les escaliers métalliques (Figure 4).

Les 6 "bâches" sont destinées à stocker les différents types de percolats, en fonction de leur provenance et les eaux propres. Des dispositifs de pompage sont disposés à chaque niveau de la

station. Pour chaque "bâche" ou bassin, on compte deux pompes à savoir une pompe d'exhaure opérationnelle et une pompe de réserve en parallèle. Les quatre bâches de réception situées au 6^{ème} sous-sol sont dotées d'une pompe de réserve supplémentaire.

Tous les liquides collectés et stockés dans la station de pompage sont refoulés vers leur lieu de rejet ou de traitement via une galerie d'évacuation :

- Les percolats d'Hallembaye 1 vers les STEP d'HAL1 ou d'HAL2 ;
- Les percolats d'Hallembaye 2 vers la STEP d'HAL2 ;
- Les eaux propres vers le bassin d'orage.

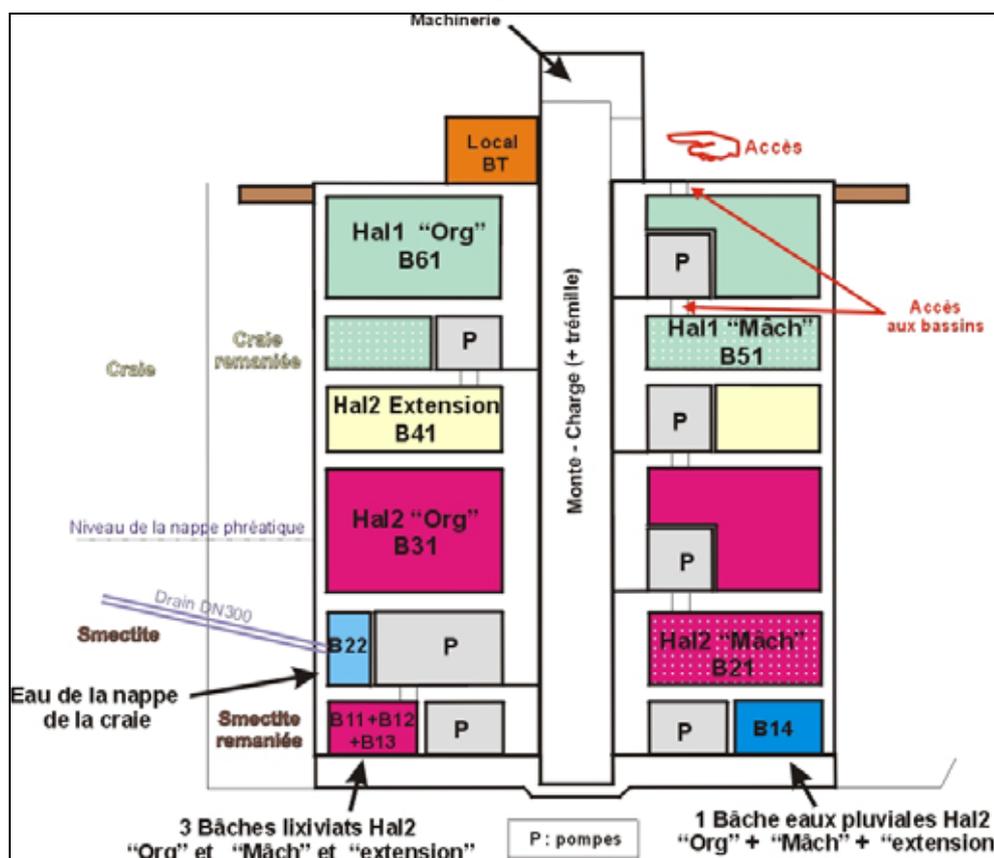


Figure 4 : Schématique longitudinale de la station de pompage (source EurECO)

D. Récolte et traitement du biogaz

Voir dossier technique du C.E.T.^[4.1], fiche "exploitation – prégestion" pour les détails.

La transformation des composants organiques des déchets mis en décharge produit du biogaz qu'il convient, pour des raisons de sécurité (incendies explosions) et de préservation de l'environnement, de capter par un système actif afin de le brûler (torchère) ou de le valoriser (moteur).

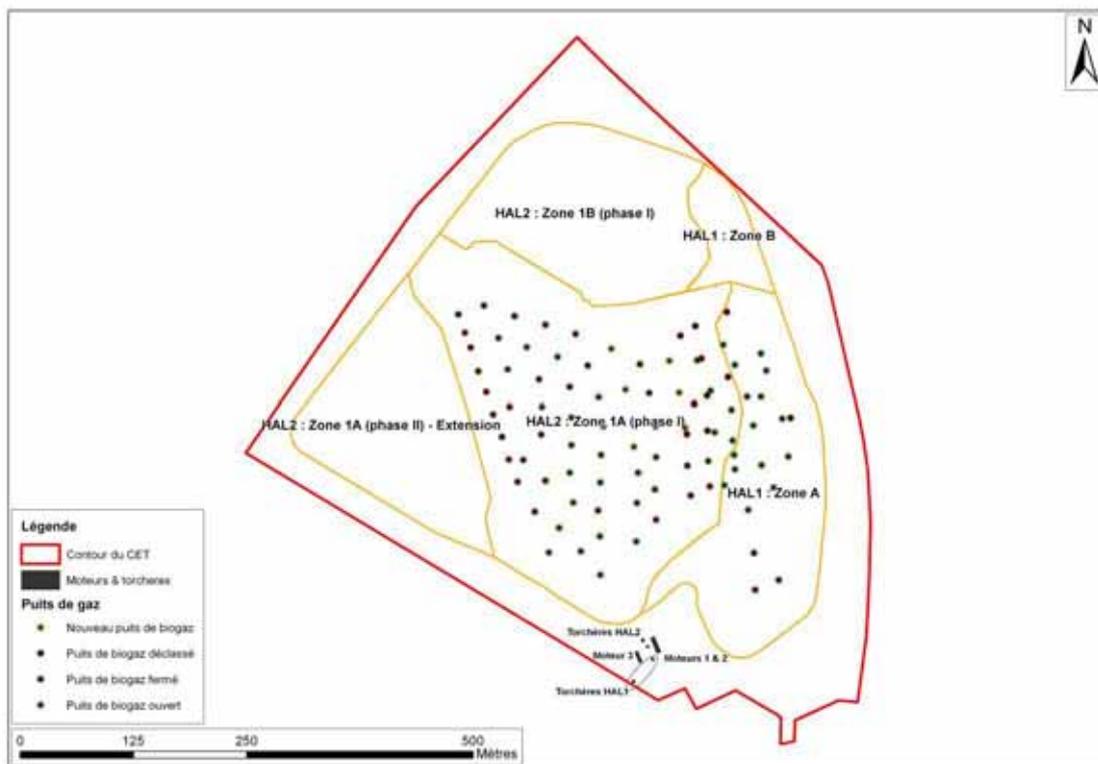


Figure 5 : Réseau de dégazage

Hallembaye 1

Le captage des gaz est réalisé au moyen de puits drainants verticaux installés dans les déchets. Ceux-ci ont été forés en fin d'exploitation dans la masse de déchets ou posés à l'avancement.

Un réseau de canalisation en polyéthylène relie chaque puits à une des quatre stations de réglage placées en périphérie du C.E.T. (2 côté ouest et 2 côté est). Celles-ci sont reliées à un double réseau de collecteurs qui permet de séparer le gaz provenant des puits selon leur qualité (gaz riche ou pauvre) et d'acheminer le gaz vers la station de dégazage.

Le réseau a été complété par des fosses à condensat, en amont du système de pompage. De plus, le réseau situé à l'est est muni en son point bas d'un système de séparation des condensats.

Au total, le C.E.T. de Hallembaye 1 comprend 27 puits de gaz (23 puits forés et 4 puits posés).

Hallembaye 2

L'extraction du biogaz est assurée au moyen d'un système de dégazage par le bas, à l'inverse d'Hallembaye 1. Elle est effectuée à partir de puits (au nombre de 45 dans un premier temps) à l'aide de collecteurs situés en fond de décharge directement au-dessus du système de drainage des percolats. La configuration des puits, montés à l'avancement, permet d'y adapter un système de pompage des biogaz par le haut si nécessaire.

Le nombre total de puits qui ont été installés pour l'ensemble du C.E.T. d'Hallembaye est 92. 50 d'entre eux environ donnent ou ont donné suite à des pompages de biogaz. Ils sont au nombre de 36 à être actuellement en fonctionnement.

En résumé, pour chacun des compartiments organiques du C.E.T. (hal 1 et hal2), le système de dégazage mis en place comprend:

- des puits de dégazage;
- des postes de réglage;
- des collecteurs secondaires reliant les puits de dégazage aux postes de réglage;

- des collecteurs principaux reliant les postes de réglage à la station de dégazage qui est elle-même reliée aux torchères et à l'installation de valorisation des gaz (moteurs).

2.2.4 Historique

L'historique du site fait l'objet de la fiche "exploitation-historique" du dossier technique^[5.1].

2.2.5 Description des alentours

Le site est situé pratiquement à l'extrême nord de la Province de Liège. Hallembaye est un hameau de l'ancienne commune d'Oupeye, dans l'Arrondissement de Liège.

Il est important de signaler que le site du C.E.T. chevauche deux entités communales distinctes, à savoir celle d'Oupeye (voir Plan 1), pour la plus grande superficie, et celle de Visé, pour la zone nord-est. Le site est proche de la frontière néerlandaise à +/- 2 km à l'est et de la frontière régionale à +/- 4 km au nord. L'entièreté du site s'inscrit dans une ancienne carrière et est limitée par deux sites carriers encore en activité, CBR au nord, et CPL au sud. Le C.E.T est situé à l'ouest de la Meuse et du canal Albert (+/- 1km).

2.2.6 Études antérieures

Le C.E.T. de Hallembaye a fait précédemment l'objet de trois campagnes de contrôle "complètes" par l'ISSeP : en 1999, en 2001 et en 2006. Les trois rapports correspondants^{[4.1], [4.2], [4.5]} sont téléchargeables sur le site internet du réseau de contrôle^[5.1].

Par ailleurs, de nombreux travaux et études ont été réalisés par différents bureaux d'études et universités dans le cadre d'études d'incidences^{[3.1], [3.2], [3.4], [3.7], [3.8], [3.9]} ou de recherches universitaires^{[3.3], [3.5]}. On peut citer ces travaux en les regroupant comme suit :

- **Les études du LGIH (Professeur Monjoie)**, la première en 1988 pour FABRICOM^[3.3], puis en mars 1990 pour C.E.T.HA^[3.4] dans le cadre du projet d'implantation d'une décharge de classe 1 et enfin en septembre 1990, à nouveau pour FABRICOM^[3.5].
- **L'étude d'incidences sur l'environnement^[3.1] du bureau d'étude IRCO** réalisée en 1996 pour INTRADEL dans le cadre d'une demande d'extension de la zone de mise en décharge (Hallembaye 2). Elle synthétise toutes les informations géologiques et hydrogéologiques déjà disponibles des dossiers LGIH, les complète par la réalisation de nouveaux piézomètres et un nouvel échantillonnage des piézomètres existants. Elle aborde par ailleurs, pour la première fois, le site sous d'autres aspects: socio-économique, impact paysager, impact sur la faune et la flore, qualité du rejet de station d'épuration, impact sonore. En 1997, un cahier des charges pour l'aménagement d'Hallembaye 2 est rédigé par le même bureau^[3.2].
- **Les études de TRACTEBEL** réalisées de 1995^[3.7], 1996^[3.8] et 1997^[3.9] pour INTRADEL. Il s'agit des études hydrogéologiques et techniques préalables à la demande d'extension de la zone de mise en décharge (Hallembaye 2).
- L'étude d'incidences sur l'environnement^[3.10] du bureau d'étude EurECO s.p.r.l. (+ experts extérieurs) réalisée en 2009 dans le cadre du renouvellement du permis d'exploiter le C.E.T. de Hallembaye.
- **Les études de la FUL et de l'ULg (Professeur Nicolas)** Trois campagnes de mesures des odeurs et estimation des nuisances olfactives sur le C.E.T. d'Hallembaye ont été réalisées en 2002, 2006 et 2010 à la demande de l'ISSeP dans le cadre des campagnes de contrôle successives. Le présent rapport intègre les résultats de la campagne 2010.

2.3 Études géologique, hydrogéologique, hydrographique et écologique

L'ensemble des études géologiques, hydrogéologiques et hydrographiques ont été réalisées dans le cadre des deux premières campagnes de contrôle sur le site menée respectivement en 1999^[4.1] et en 2002^[4.2]. Les informations détaillées ont été compilées dans un dossier technique mis à disposition depuis lors sur internet^[5.1]. Elles ne sont pas reprises dans le présent rapport. Le lecteur désireux d'approfondir ses connaissances sur le sujet trouvera toutes les données nécessaires dans la version internet des fiches techniques qui ont été remodelées, mises à jour et restructurées en début d'année 2011.

Les fiches du dossier technique, et donc les résumés repris dans les paragraphes qui suivent, s'inspirent très largement des travaux antérieurs réalisés sur le site, déjà cités plus haut, ainsi que des données récoltées dans les documents cartographiques de la Région wallonne^{[2.1], [2.2], [2.3]} et de l'IGN^[2.4].

Le texte de ce chapitre s'inspire très largement des travaux antérieurs réalisés sur le site, déjà cités plus haut, ainsi que des données récoltées dans les documents cartographiques de la Région wallonne^{[1.4], [1.5], [1.6]}, de l'IGN^[1.3] et du SGB^[1.1, 1.2], et de la DGRNE.

Le Plan 4 présente la situation du site sur la carte géologique de Wallonie au 1/25.000^e (planche 60/1-2). Le Plan 5, présente la situation géologique locale du site sous forme de coupes. Pour des raisons évidentes de droits d'auteurs, cette figure reprend les dénominations et contours de formations de l'ancienne carte. Ce plan ne correspond donc pas parfaitement au texte des paragraphes 2.3.1 et 2.3.2. qui, cette fois pour des raisons de rigueur scientifique, décrivent les formations en utilisant la nouvelle nomenclature, et les descriptions lithologiques reprises dans la notice à paraître.

2.3.1 Géologie régionale

Dans la région du C.E.T., le Bassin de Liège en rive gauche de la Meuse est principalement constitué de roches schisto-gréseuses et de veines de charbon, appartenant au Carbonifère supérieur. Le socle paléozoïque est plissé et faillé.

Après érosion et pénéplation, la surface du socle paléozoïque a été recouverte en discordance par des sédiments du Mésozoïque (Crétacé) formant les massifs crétacés de Hesbaye et du Pays de Herve. La base des terrains crétacés est constituée de roches argilo-sableuses (argilites et argiles marneuses à l'ouest, siltites et sables plus à l'est). Ces formations marno-argileuses sont recouvertes par des craies.

Durant le Quaternaire, toute la région a été recouverte par des limons (en général d'origine éolienne) sur les plateaux, des colluvions sur les pentes et des dépôts alluvionnaires, récents dans le fond des vallées, et plus anciens (terrasses) sur les versants.

Ces dépôts alluvionnaires et les terrasses fluviales sont particulièrement importants dans la vallée de la Meuse qui, par le jeu de l'érosion, a séparé les massifs crétacés de Hesbaye et du Pays de Herve, et a en outre fortement entaillé le socle paléozoïque.

2.3.2 Géologie locale

Le site du C.E.T. d'Hallembaye est une carrière de craie dont l'exploitation a entaillé la colline de la Montagne-Saint-Pierre en rive Gauche de la Meuse. L'exploitation a été menée aussi bas que possible, en suivant le contact entre la base des craies et la smectite de Herve. Localement, cette dernière a également été partiellement excavée.

L'excavation qui comble le C.E.T. repose donc logiquement sur la smectite, que l'on retrouve également, surtout au sud, dans le bas des parois. Au nord, le site est limité par une paroi subverticale de craie, marquant l'extension maximale du front de taille de la carrière.

Sous la smectite (dont l'épaisseur originelle avoisine les 20 mètres mais qui n'atteint pas plus de 10 mètres dans les zones où elle a été excavée), on atteint le bedrock houiller, d'abord altéré (argile sableuse), puis compact mais fracturé. Le Plan 4 représente schématiquement la position

du C.E.T. au sein des formations citées, le Plan 5 présente le site sur une coupe géologique locale.

2.3.3 Hydrogéologie régionale

A. Description des aquifères rencontrés dans la région d'Hallembaye

Dans la région d'Hallembaye, il existe potentiellement plusieurs types d'aquifères, dont certains peuvent être concernés par la présence du C.E.T. :

- Les aquifères superficiels : aquifères en général temporaires, alimentés par infiltration lors des précipitations et caractérisés par des écoulements hypodermiques. Ils sont logés dans les formations quaternaires (terrasses de la Meuse, ...), les zones superficielles déconsolidées des roches (graviers de silex résiduaux, ...) et les remblais divers (remblais de carrière constitués de craies et de silex, ...).
- Les aquifères des niveaux sableux du Tertiaire, en l'occurrence du Tongrien : ils pourraient contenir des nappes perchées dans les sables. Quand ils existent, les aquifères perchés sont en général en connexion directe avec la nappe des craies sous-jacentes, et ont un caractère temporaire. Ces aquifères de pores peuvent néanmoins présenter une bonne perméabilité.
- L'aquifère des craies et des tuffeaux (calcarénites) du Crétacé : constitue la principale réserve d'eau de la région. Cet aquifère de pores et de fissures, permanent, présente en général une bonne perméabilité.
- Le socle carbonifère recèle deux types d'aquifères :
 - Les aquifères des formations namuriennes et westphaliennes : aquifères de fissures en raison de la prédominance des argilites ("schistes" houillers) peu perméables, peuvent localement être de pores dans les niveaux gréseux et silicifiés. Ils ont par conséquent une perméabilité variable, de bonne dans les zones silto-gréseuses à pratiquement nulle dans les argilites altérées.
 - Les aquifères des calcaires dinantiens : aquifères des calcaires viséens, aquifères essentiellement de fissures en particulier en raison des phénomènes karstiques qui les affectent. Leur perméabilité est en général bonne.
- Les aquifères des alluvions de la Meuse et de ses affluents : aquifères de pores, en général permanents et de bonne perméabilité.

B. Description des écoulements hydrogéologiques régionaux

Dans la région d'Hallembaye, compte tenu du contexte hydrogéologique particulier et des facteurs perturbateurs tels que la présence des carrières d'Hallembaye (C.E.T.) et de Loën (CBR), plusieurs surfaces piézométriques doivent être considérées :

- la surface piézométrique de la nappe du Crétacé ;
- la surface piézométrique des nappes du socle carbonifère ;
- la surface piézométrique de la nappe alluviale de la Meuse ;
- les surfaces piézométriques locales dans certains remblais du C.E.T.

La surface piézométrique de la nappe des craies crétacées est influencée par la topographie de la surface du sol, par la position et l'orientation du réseau hydrographique et par la topographie du sommet des formations peu perméables de la base du Crétacé (Smectite de Herve). A priori on ne dispose que de peu d'informations pour en tracer les contours précis. Les rares données disponibles proviennent de quelques forages anciens.

Compte tenu des données disponibles, la surface piézométrique de la nappe du socle n'est parfaitement définie qu'au niveau du C.E.T. et des piézomètres de contrôle, où le drainage s'effectue globalement suivant la direction Ouest-Sud-Ouest - Est-Nord-Est. Toutes ces informations sont reprises sur le plan 6 : carte hydrogéologique.

2.3.4 Hydrogéologie locale

A. Aquifères locaux

La craie ayant été excavée sur l'ensemble de la zone concernée par l'enfouissement des déchets, il n'y a pas d'interaction possible entre le C.E.T. et **la nappe des craies**. Cette dernière est en effet rabattue par un système de drainage en périphérie et, en cas de fuite de percolats, ces derniers ne peuvent en aucun cas remonter vers les eaux souterraines du Crétacé.

L'aquifère du bedrock est, quant à lui, bel et bien présent sous la zone d'enfouissement mais protégé par les 10 mètres de smectite de Herve et par les étanchéités de fond de forme. C'est cet aquifère qui fait l'objet d'une surveillance au moyen d'un rideau de piézomètres en aval direct de la zone Hallembaye 1.

Un peu plus à l'est, le bedrock est surmonté par les **alluvions de la Meuse** dont l'aquifère est exploité à des fins agricoles à environ 750 mètres du site. Les interactions entre les aquifères du socle et celui des alluvions étant possibles, ce dernier est potentiellement influençable par le C.E.T.

B. Piézométrie locale

Dans la zone étudiée, la surface piézométrique de la nappe du Crétacé doit a priori former un dôme au sud-ouest du C.E.T. au niveau des villages de Houtain-Saint-Siméon et Heure-le-Romain. Le drainage de la nappe s'effectue alors en éventail, vers le nord et le nord-ouest et la vallée du Geer, vers le C.E.T. d'Hallembaye 1 et la carrière de Loën au nord-est, et vers l'est et les sources et fontaines alimentant les ruisseaux d'Hallembaye et de Vivier et le Grand Aaz. Compte tenu des données disponibles, la surface piézométrique de la nappe du socle n'est parfaitement définie qu'au niveau du C.E.T. et des piézomètres de contrôle, où le drainage s'effectue globalement suivant la direction O-S-O ou E-N-E.

Les mesures réalisées de manière régulière dans les piézomètres du site montrent des fluctuations annuelles égales ou inférieures au mètre. Le graphique ci-dessous démontre que la piézométrie est relativement stable depuis décembre 2003.

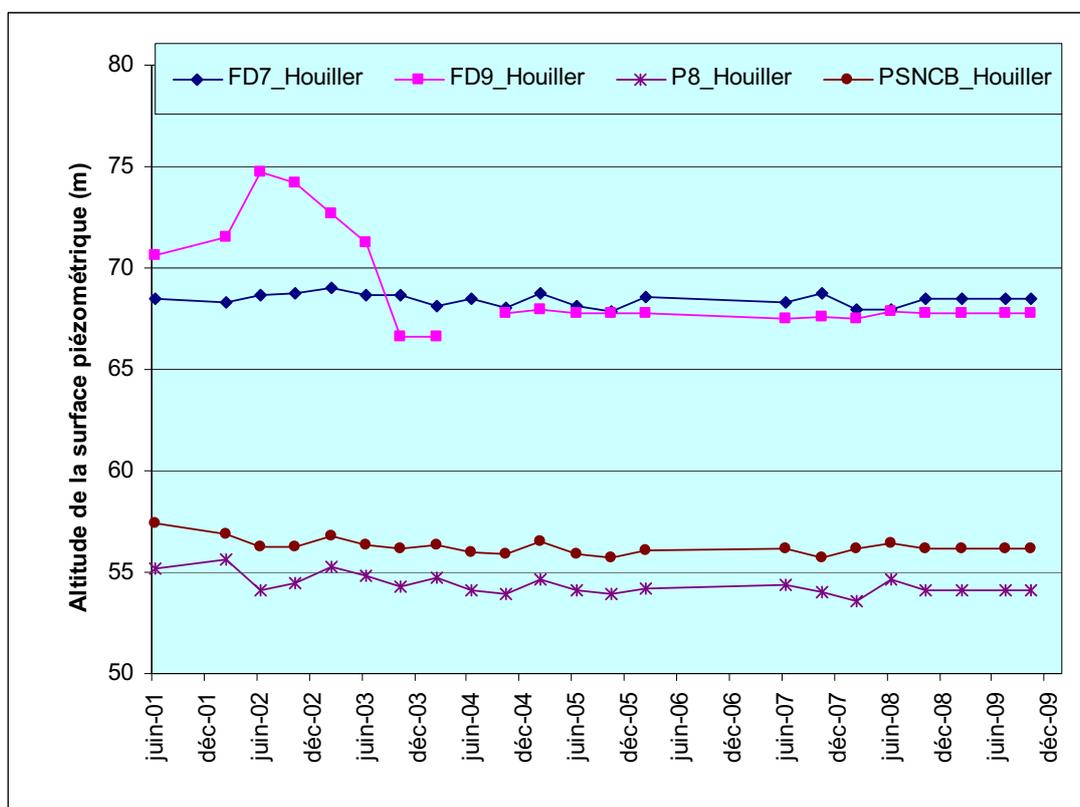


Figure 6 : Evolution de la piézométrie entre juin 2001 et décembre 2009
(source : rapports d'autocontrôle d'INTRADEL)

C. Paramètres d'écoulements locaux et modélisation

Ces points sont discutés dans la fiche « *Hydrogéologie locale* » du dossier technique ^[5.1].

D. Exploitation des aquifères

L'approche géocentrique a été actualisée le 1/02/2011 afin d'identifier l'ensemble des captages présents dans un rayon de 3.000 m autour du site. Parmi ceux-ci, les captages inactifs n'ont pas été représentés sur le Plan 6. Le tableau 2 ci-dessous reprend un résumé des renseignements donnés par la géocentrique sur ces captages actifs (en noir) et inactifs (en gris). La première colonne de ce tableau reprend le numéro désignant l'ouvrage sur le Plan 6. Les résultats complets de l'approche géocentrique sont repris dans l'Annexe 1.

Tableau 2 : Ouvrages actifs et non actifs dans un rayon de 3.000 mètres C.E.T. d'Hallembaye

N°	Dist. (m)	Dir.	Type	Dénomination/Propriétaire	X (m)	Y (m)	Nappe	Usage	Code
1	206	N-E	SE	Lac Hallembaye/INTRADEL	240725	160545	?	Exhaure	34/6/9/011
2	421	S	C	Carrière Hallembaye/Holcim SA	240640	159950	craies	Exhaure	34/6/9/001
3	707	S-O	SE	Rue de Tongres 331/Moray P.	240292	159742	?	Agriculture	34/6/9/021
4	749	N-E	PF	Puits Poulailier/Labye D.	241191	160851	?	Elevage	34/6/9/012
5	807	S-E	PF	Rue de Loen/Monteforte C.	241291	159926	?	Domestique	34/6/9/022
6	871	N-E	PT	Puits du Château/Labye	241135	161070	?	Agriculture	34/6/9/009
7	881	N-E	PF	Rue du château/Majeau	241118	161095	?	Agriculture	34/6/9/026
8	944	S-E	?	Haccourt/Radoux SA	241386	159823	?	nettoyage	34/6/9/024
9	1053	S-O	SE	Rue Fonteneu-S2/établis. FR. Franssen	240010	159510	craies	?	34/6/9/003
10	1126	S-O	?	Rue Fonteneu-S2/établis. FR. Franssen	239915	159490	craies	?	34/6/9/008
11	1195	N-E	?	Loen/hameau/Begasse	241220	161402	?	Agriculture	34/6/9/025
12	1261	N	PF	De Loen 2-carrière/C.B.R.	240942	161588	Houiller	Nettoyage	34/6/6/003
13	1278	S-O	?	Rue Fonteneu-S3/établis. FR. Franssen	239710	159470	craies	?	34/6/9/006
14	1340	N	PF	De Loen 1-carrière/C.B.R.	241002	161654	craies	Car-wash	34/6/6/005
15	1548	N-E	PF	Puits usine P1/Imerys	241930	161190	alluvions	Ind.-non alim.	34/6/9/005
16	1851	S-E	PF	Place communale 9/Botty	242000	159140	?	Agriculture	34/6/9/020
17	1906	S-E	PF	Dormag S.A.	242116	159192	alluvions	Géothermie	34/7/7/025
18	2065	E	PF	Forages P1,P2/Minguet & Lejeune S.A.	242568	159694	?	Distribution	34/7/7/026
19	2112	S	?	Rue d'Amry/ établis. FR. Franssen	240250	158290	craies	?	34/6/9/007
20	2167	S	PF	Rue de Haccourt 86/Tilkin	240260	158233	Houiller	Domestique	34/6/9/023
21	2197	E	PF	Quai du barrage-P1/S.W.D.E.	242760	160852	calcaires	?	34/7/7/003
22	2283	S-O	PF	La tombe /Tilkin	238600	159300	craies	Elevage	34/6/8/002
23	2322	N-E	PF	Usine de Lixhe /C.B.R.	241969	162258	alluvions	Domestique	34/6/6/004
24	2333	S-E	PF	Haccourt-rue des Ponts/S.W.D.E.	242143	158605	alluvions	Distribution	34/7/7/002
25	2348	S-E	PF	P1-Visé devant le pont /C.I.L.E.	242755	159399	alluvions	Distribution	34/7/7/005
26	2416	S-E	PF	P2-devant le nouveau pont/C.I.L.E.	242838	159418	alluvions	Distribution	34/7/7/004
27	2428	E	PF	Ferme de Navagne/ C.I.L.E.	243024	160692	alluvions	Domestique	34/7/7/001
28	2488	S-E	PF	Rue Marchand 48 /Fastre	242551	158805	?	PAC	34/7/7/017
29	2606	E	PF	Site de Navagne/Exinor S.A.	243213	160601	alluvions	Domestique	34/7/7/022
30	2642	N-E	PT	Nivelle /Leenders	242543	162179	?	Domestique	34/7/4/002
31	2675	N-E	PT	Nivelle-Vydt	242560	162208	?	Domestique	34/7/4/003
32	2677	S-E	PF	Puits 2 /Herelixka S.A.	241858	157998	Houiller	Ind alim.	42/2/3/049
33	2693	S-E	PF	Puits cale sèche /Herelixka S.A	241877	157990	Houiller	Ind alim.	42/2/3/047
34	2723	S-E	PF	Rue Marchand 11 /Stainier	242852	158814	?	domestique	34/7/7/021
35	2758	S-E	PT	Rue Marchand 73 /Istasse	242915	158845	?	?	34/7/7/023
36	2859	N-O	PT	Wonck P1 /VMW	238150	161815	craies	Distribution	34/6/5/001
37	2995	O	PF	Baton blanc /Jans	237770	161300	?	Domestique	34/6/8/004

PF: Puits foré PT: Puits traditionnel SE: Source à l'émergence C: Carrière

La base de données mentionne que pour les captages, il n'existe aucune zone de prévention.

2.3.5 Hydrographie régionale

Le Plan 6 présente les écoulements superficiels et le réseau hydrographique régional.

Tous les écoulements superficiels observés dans les environs du C.E.T. d'Hallembaye appartiennent au grand bassin versant de la Meuse. Au nord-ouest du C.E.T., une ligne de crête orientée du sud-ouest vers le nord-est sépare le bassin versant du Geer de celui de la Meuse et des autres affluents de la rive gauche de celle-ci.

Le Geer coule du sud-ouest vers le nord-est à une altitude comprise entre 75 et 65 m dans la zone étudiée, et se jette lui-même dans la Meuse à Maastricht à quelques km au nord du C.E.T.

Parmi les autres affluents de la Meuse, qui coulent tous d'ouest en est, on observe du nord au sud :

- le ruisseau de Loën, qui passe à environ 1 km au nord-est du C.E.T. ;
- le ruisseau d'Hallembaye, qui prend sa source au sud-sud-ouest du C.E.T. et passe à 500 m au sud ;
- le Grand Aaz, qui prend sa source à Hermée et passe à 1.700 m au sud, et son affluent le ruisseau de Vivier ;
- le ruisseau de Beurieu qui prend sa source au nord d'Oupeye, passe à 1.700 m au sud du C.E.T. et se jette dans le Grand Aaz à Haccourt.

2.3.6 Hydrographie locale

A. Description

A part la Meuse, il n'y a aucun cours d'eau d'importance suffisante, assez proche du C.E.T. qui justifie une description détaillée (voir Plan 6).

B. Débits

Aucune mesure de débit n'a été réalisée sur les cours d'eaux aux alentours du C.E.T.

C. Sources

La source du ruisseau d'Hallembaye située à une altitude de ± 82 m, les fontaines d'Heure-le-Romain (altitude ± 90 m) et la source du ruisseau de Vivier (altitude ± 100 m), au sud-est du C.E.T., se trouvent non loin du contact craie/smeclite de Herve et sont donc vraisemblablement alimentées par la nappe des Craies du Crétacé.

La source située à Haccourt au sud du C.E.T., non loin du confluent entre le Grand Aaz et le ruisseau de Beurieu, à une altitude de ± 67 m, est très probablement une émergence de la nappe du socle carbonifère.

Les sources naturelles du ruisseau de Loën proches de la base du Crétacé sont probablement alimentées par la nappe des craies du Crétacé.

D. Egouttages

Les eaux usées domestiques issues de la décharge ont un débit négligeable par rapport aux autres effluents (rejets STEP, pompage de la nappe et ruissellement).

Jusqu'à aujourd'hui, les eaux du bassin d'orage et les deux perméats (rejets STEP Hal1 et Hal 2) se rejettent dans le réseau d'égouttage, et non dans le ruisseau d'Hallembaye comme le prévoit le permis d'environnement 2009.

Les autres eaux usées non traitées (source, ruissellement, sanitaires) de l'entièreté du site du C.E.T. qui sont collectées en différents points sur le site, sont mélangées au niveau de la tête du réseau d'égouttage communal matérialisé par une chambre de visite se situant juste à côté du pont-bascule (entrée de site) puis elles sont refoulées dans l'égouttage public longeant la RN671 vers le centre d'Hallembaye. L'exutoire final de ce réseau d'égouttage est la Meuse à hauteur de l'écluse de Petit-Lanaye.

E. Position du C.E.T.

Le C.E.T. d'Hallembaye se trouve entièrement dans le bassin versant direct de la Meuse au contact et au nord de la partie aval du bassin versant du ruisseau d'Hallembaye.

Abstraction faite de toute infiltration et sauf modification sensible du relief du sol après remblayage complet, les écoulements superficiels non collectés qui proviendraient du C.E.T. devraient donc se diriger vers l'est pour rapidement rejoindre le cours de la Meuse.

On peut dire que l'exutoire final des écoulements superficiels non collectés, provenant du C.E.T., est la Meuse. Cet écoulement se fera en partie via le cours aval du ruisseau d'Hallembaye une fois que la mise en application des permis d'environnement 2009 et 2011 sera réalisée.

2.3.7 Environnement écologique

La faune, la flore, et plus généralement l'environnement écologique du C.E.T. (dont un inventaire des sites de grand intérêt biologique situés à moins de 5km du C.E.T.) font l'objet d'une description détaillée dans des fiches de la rubrique "*divers*" du dossier technique^[5.1].

Le C.E.T. est situé dans l'ancienne zone d'extraction qui a exploité le Thiers d'Hallembaye. Celui-ci fait partie du plateau de la "Montagne Saint-Pierre" qui surplombe la vallée mosane en une longue falaise découpée en six "Thiers" (zones de fortes pentes). Jadis, cette falaise était ininterrompue et surplombait la vallée d'environ 60 mètres.

La "Montagne Saint-Pierre" est classée "réserve naturelle agréée". Ce site présente un intérêt biologique exceptionnel de par ses nombreux microclimats. Ceux-ci sont engendrés par les variations importantes du relief, du couvert végétal, de l'exposition et des pentes, par la présence de grottes et de cavités, mais aussi par sa situation biogéographique.

Les "Hauts de Froidmont", situés au sud-ouest du C.E.T., constituent la partie sud de la zone Natura 2000 BE33003 dénommée "Montagne Saint-Pierre" (

Figure 7).

Deux autres sites Natura 2000 sont localisés à proximité du C.E.T. Il s'agit de «la Basse Vallée du Geer» (BE33002) et de "la Basse-Meuse et Meuse Mitoyenne» (BE33004).

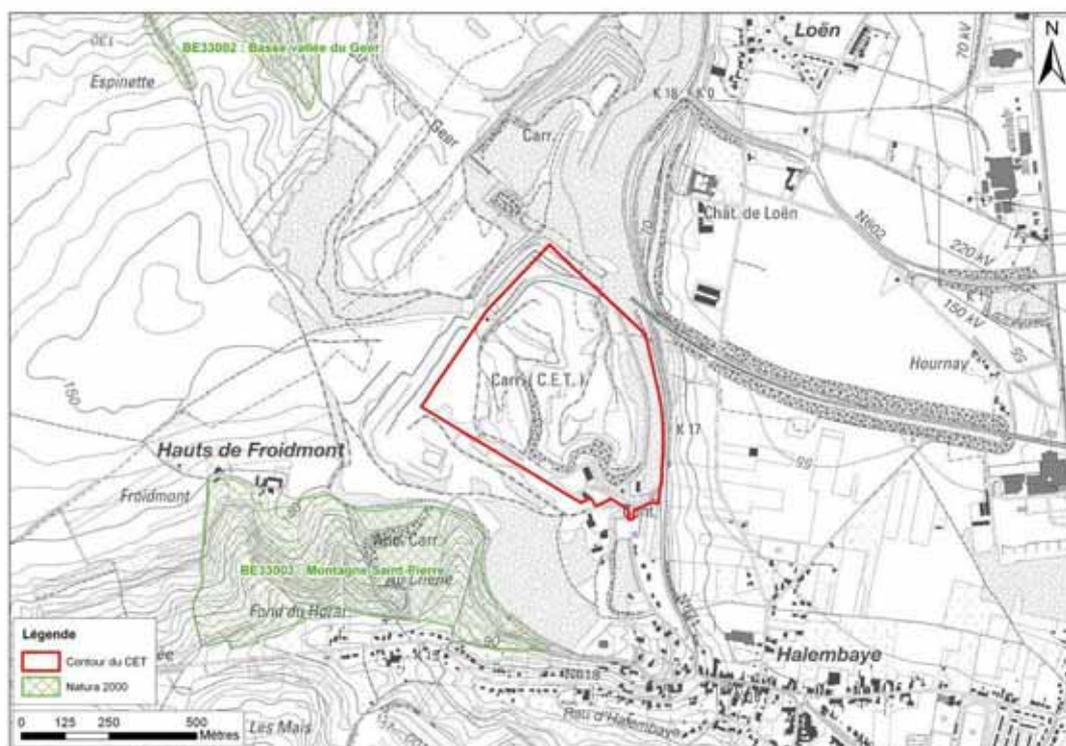


Figure 7 : Sites Natura 2000 à proximité du C.E.T.

2.4 Sensibilité du site

2.4.1 Eaux souterraines

Du point de vue des **eaux souterraines**, le site peut être considéré comme **peu sensible** étant donné l'absence de nappe réellement exploitable au niveau du site (l'aquifère du Houiller produit une eau naturellement médiocre en qualité), la protection naturelle constituée par la smectite et la mise en charge de la nappe du Houiller sous cette dernière.

2.4.2 Eaux de surfaces

Du point de vue des **eaux de surface**, la **sensibilité** du site est également faible. Toute eau superficielle qui tombe au droit du site finit sa course en fond de carrière et, après traitement ou non, dans l'égouttage qui rejoint la Meuse. Les sources proches du site sont les exutoires de la nappe du Crétacé, en amont hydrogéologique du C.E.T.

Il n'y a pas de zone de baignade recensée dans un rayon de 5 km autour du site.

Selon "l'état des lieux du sous-bassin hydrographique de la Meuse aval", édité par la DGRNE en avril 2005, aucun cours d'eau ne fait l'objet d'une protection particulière dans un rayon de 5 km. Par contre, tout le sous-bassin est repris en zone sensible du point de vue des nutriments.

2.4.3 Odeurs et qualité de l'air

Du point de vue des **odeurs** et de la **qualité de l'air**, la sensibilité du site est plus grande. Les villages d'Hallembaye et d'Heure-le-Romain sont en effet très proches de la zone d'enfouissement. De plus, à mesure que la surface de travail des déchets monte en topographie, la diffusion d'odeur en dehors de la zone confinée de la carrière se fait plus forte. Par contre la diminution des proportions de déchets odorants suite à l'interdiction de mise en décharge des organiques contribue depuis récemment à la baisse d'émissions d'odeurs.

2.4.4 Ecosystème

Du point de vue des **écosystèmes**, le C.E.T. d'Hallembaye peut être considéré comme **peu sensible** vu son bon confinement hydrogéologique : sa situation dans une ancienne carrière dont le fond présente une bonne étanchéité naturelle complétée, dans sa zone d'extension, d'une étanchéité artificielle. De plus, les rejets d'eaux usées se font dans les égouts qui se déversent ensuite dans la Meuse.

3 STRATÉGIE GLOBALE D'ÉCHANTILLONNAGE

Ce contrôle se concentre autour de deux domaines spécifiques :

- Le contrôle des **effluents liquides** et de leurs immissions potentielles dans l'environnement (dispersion vers les eaux souterraines et de surface) ;
- Le contrôle des **effluents gazeux** et de leurs nuisances potentielles pour les riverains.

Chacun de ces deux domaines fait l'objet d'une campagne d'analyses ciblée selon un protocole résumé ci-dessous.

3.1 Stratégie d'échantillonnage des effluents liquides et de leurs immissions

Pour chaque catégorie d'**effluents liquides** prélevés sur un C.E.T. (percolats, rejets STEP, eaux de surface, eaux de source, eaux souterraines) une stratégie d'échantillonnage commune est appliquée :

- **Prélèvements et analyses d'échantillons d'émissions, d'eaux souterraines et de surface dans l'ensemble ou dans une sélection des points de prélèvement de l'autocontrôle :**
Le but est d'obtenir une image aussi précise que possible de la situation environnementale actuelle des eaux au droit et aux alentours du site, en profitant (économie logistique) des prélèvements d'une campagne d'autocontrôle.
- **Prélèvements et analyses complémentaires éventuels :**
Lorsque c'est jugé pertinent par le comité technique, l'ISSeP peut sélectionner soit des points de prélèvement complémentaires, soit des paramètres analytiques supplémentaires par rapport à ceux réalisés dans l'autocontrôle. Les prélèvements sont alors réalisés indépendamment de la campagne d'autocontrôle. Il s'agit d'optimiser la qualité de la surveillance en fonction des observations actuelles et sur base d'une étude préliminaire plus détaillée.
- **Prélèvements de doublons** pour comparer les résultats d'analyses de l'autocontrôle et de l'ISSeP. Outre l'avantage logistique, le prélèvement simultané à la campagne d'autocontrôle permet, via l'analyse d'échantillons en doublons, de comparer les résultats fournis par le laboratoire d'autocontrôle à ceux de l'ISSeP. Il s'agit non seulement d'apporter une certaine "validation" pour le Département de la Police et des Contrôles (DPC) du contrôle effectué par l'exploitant, mais également d'évaluer le niveau de confiance que l'on peut donner aux analyses d'autocontrôle dans le but d'étudier l'évolution temporelle des différents paramètres.
- **Etude de l'évolution temporelle de la situation environnementale :**
Cette étude se base sur l'interprétation des résultats des autocontrôles réalisés entre 1998 et 2009 afin de dégager les tendances évolutives dans le temps pour les principaux paramètres.

3.2 Stratégie d'échantillonnage des effluents gazeux et de leurs immissions

Le contrôle des **effluents gazeux** et des nuisances potentielles pour les riverains liées à leur immission dans l'air ambiant comporte systématiquement 4 volets :

- **Volet "émissions des installations de valorisation" :**
Cette partie de l'étude est systématiquement **sous-traitée à la cellule émissions atmosphériques de l'ISSeP** (responsable François Idczak). Il s'agit de contrôler les émissions gazeuses produites par les torchères et/ou générateurs électriques à combustion (aussi appelés moteurs) installés sur le C.E.T., afin de vérifier que ces émissions sont conformes aux législations et aux normes qualitatives et quantitatives en vigueur.
- **Volet "émissions surfaciques" :**
Il s'agit de réaliser, selon un maillage plus ou moins régulier, des mesures semi-quantitatives in situ des concentrations en méthane et dioxyde de carbone de l'air qui s'échappe à la surface des zones réhabilitées et des zones en exploitation. Ces mesures sont

prises au moyen d'un appareil FID (Flame Ionization Detector) et/ou d'un analyseur IR (infra-rouge) spécialement dédiés à la prise de mesures in situ. In fine, les valeurs mesurées sont géoréférencées (positionnement au GPS simultané à la prise de mesure) et traitées statistiquement afin de visualiser les zones de dégazage préférentiel. L'étude des émissions surfaciques inclut des mesures de concentration et des mesures de flux 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. Une cartographie des flux peut dès lors être réalisée sur l'ensemble des zones étudiées.

- **Volet "odeurs" :**

Cette partie de l'étude est **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 de modéliser la dispersion pour obtenir des valeurs calculées à l'immission. A l'inverse, la stratégie développée par l'ULg consiste à réaliser régulièrement des "tours odeurs", c'est-à-dire des mesures de l'odeur dans l'environnement proche du C.E.T. Ces mesures à l'immission permettent de tracer des zones limites 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 P98", à l'intérieur desquelles, en climat moyen, les odeurs sont perçues au moins durant 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.

- **Volet "qualité de l'air" :**

Cette partie de l'étude est systématiquement **sous-traitée à la cellule air de l'ISSeP** (responsable Guy Gérard). L'analyse de la qualité de l'air atmosphérique dans l'environnement proche du C.E.T. est possible grâce à l'installation sur site de laboratoires mobiles durant une période suffisante et à des emplacements judicieusement choisis. Le choix des emplacements vise simultanément à :

- définir l'apport moyen en polluants par les vents en provenance du C.E.T., et ce, en comparaison avec le "bruit de fond" atmosphérique ;
- vérifier la qualité de l'air auprès des riverains potentiellement les plus exposés aux émissions du C.E.T. ;
- valider les données des appareils de mesures de l'exploitant, s'ils existent.

4 PARTIM EAU

4.1 Émissions

4.1.1 Stratégie d'échantillonnage pour les émissions liquides

La quatrième campagne de contrôle des eaux, réalisée en février 2010, visait deux objectifs :

- Mettre à jour la surveillance périodique de l'ISSeP sur le C.E.T., en particulier en ce qui concerne la composition des percolats, la qualité des rejets STEP et l'impact du C.E.T. sur la qualité de la nappe du houiller ;
- Contrôler le respect des normes de référence (valeurs maximales admissibles) pour les rejets des eaux épurées.

A ces fins, des prélèvements d'eaux souterraines dans une sélection précise de piézomètres ont été réalisés en doublons avec le laboratoire Malvoz, mandaté par la société UVELIA pour l'autocontrôle et qui s'est chargé du pompage.

En plus des doublons, l'ISSeP a effectué 4 prélèvements supplémentaires à savoir 2 percolats et 2 rejets STEP.

4.1.2 Echantillonnage d'émissions liquides

On distingue deux types de prélèvements : les percolats (HAL-LIX1 et HAL-LIX2) et les rejets (HAL-RS1 et HAL-RS2). Tous les prélèvements ont été réalisés du 23 au 25 février 2010 par l'ISSeP.

4.1.3 Matériel de prélèvement et méthodes d'analyses des émissions liquides

Le rapport de prélèvement d'échantillons d'émissions liquides est repris en Annexe 2.

Tous les prélèvements réalisés sont ponctuels dans le temps. Les échantillons ont été prélevés au moyen d'un seau conventionnel dans lequel les paramètres physico-chimiques ont été mesurés.

Le rapport de prélèvements de l'ISSeP n°1447/2010 (Annexe 2) reprend les résultats complets des mesures physico-chimiques in situ. Ces mesures ont été réalisées par l'ISSeP au moyen d'un multimètre (mesures simultanées de la température, du pH, de la conductivité et de l'O₂ dissous). Les premières lignes du Tableau 3 en reprennent les paramètres les plus significatifs.

Les échantillons de **percolats** ont été conditionnés, réfrigérés dans les règles de l'art et amenés le jour même au laboratoire de l'ISSeP, laboratoire de référence en Région wallonne. Ils y ont été analysés pour les paramètres suivants :

- particules : MES, mat. sédimentables ;
- paramètres organiques intégrés : DBO5, DCO et COT ;
- substances inorganiques : chlorures, sulfates, cyanures totaux et fluorures ;
- substances eutrophisantes : N_{ammoniacal}, N_{Kj}, P_{tot} et NO₃⁻ ;
- métaux : Cr⁶⁺, Sb_{tot}, As_{tot}, Cd_{tot}, Cr_{tot}, Cu_{tot}, Sn_{tot}, Fe_{tot}, Mn_{tot}, Ni_{tot}, Pb_{tot}, Cd_{tot}, Se_{tot}, Zn_{tot} ;
- micropolluants organiques : indices HC (C₁₀-C₄₀) et (C₅-C₁₁), AOX, indice phénol, BTEXN, PCBs, 1,1-DCE, Cis et trans 1,2-DCE, 1,1 et 1,2-DCA, 1,1,1 et 1,1,2-TCA, TCE, PCE, 1,1,1,2 et 1,1,2,2-PCA.

Les échantillons de **perméats** (rejet STEP) ont été conditionnés, réfrigérés dans les règles de l'art et amenés le jour même au laboratoire de l'ISSeP, laboratoire de référence en Région wallonne. Ils y ont été analysés pour les mêmes paramètres que les percolats, en y ajoutant le fer dissous et le manganèse dissous.

4.1.4 Résultats d'analyses sur les émissions liquides

Les résultats d'analyses des émissions liquides réalisées par l'ISSeP sur les percolats et les perméats issus du C.E.T. lors de la campagne de 2010 sont repris dans le Tableau 3 et le Tableau 4 ci-dessous. Un tableau en Annexe 3 reprend les résultats des autocontrôles 2010 réalisés par l'exploitant.

4.1.5 Valeurs normatives pour les émissions liquides

Il n'existe pas de valeur normative pour un **percolat** avant son épuration. L'ISSeP compare dès lors systématiquement les résultats d'analyses de chaque percolat de C.E.T. avec des statistiques tirées de l'ensemble des C.E.T. du réseau.

Ces statistiques sont calculées, pour chaque paramètre contrôlé, comme suit :

- Sélection des résultats analytiques enregistrés par l'ISSeP et l'autocontrôle sur la période 2000-2010 sur chaque C.E.T. ;
- calcul des médianes et des P90 relatives à chacun des C.E.T. ;
- calcul d'une "moyenne des médianes" (Med_M) et d'une moyenne des P90 ($P90_M$) qui sont considérées comme les "valeurs représentatives du réseau" respectivement pour les concentrations centrales et extrêmes de la distribution.

Ces statistiques sont reprises, en regard de chaque paramètre, dans les deux dernières colonnes Tableau 3 (en vert).

Les valeurs maximales admissibles en vigueur actuellement pour les **rejets d'eaux des stations d'épuration** de C.E.T. proviennent de textes législatifs suivants :

- Arrêté du Gouvernement Wallon du 27 février 2003 fixant les conditions sectorielles d'exploitation des C.E.T., modifié par l'Arrêté du Gouvernement Wallon du 07 octobre 2010.
- Arrêté ministériel du 04 juillet 2002 relatif à l'autorisation de déversement d'eaux usées du C.E.T. d'Hallembaye.
- Arrêté du Gouvernement Wallon du 10 décembre 2009 accordant un permis unique d'environnement relatif à l'exploitation du C.E.T. d'Hallembaye.
- Arrêté du Gouvernement Wallon du 28 janvier 2011 accordant un permis d'environnement relatif aux rejets des eaux usées du C.E.T. d'Hallembaye.

En plus des conditions sectorielles, le permis d'environnement 2009, impose les conditions particulières de contrôle suivantes :

- Pour les eaux industrielles, la fréquence du contrôle est :
 - annuelle sur les paramètres du benzène et du naphthalène
 - annuelle pour la détermination de la toxicité après 48h sur *Pseudokirchneriella subcapitata* (norme ISO 8692 qualité de l'eau) – Essai d'inhibition de la croissance des algues d'eau douce avec des algues vertes unicellulaires.
 - annuelle pour la détermination de l'inhibition de la mobilité de *Daphnia magna* Straus (*Cladocera Crustacea*) – Essai de toxicité aiguë (norme ISO 6341).
- Un enregistrement permanent des valeurs du volume journalier (m^3/j), du pH, de la température, de la DCO et de la conductivité (heure par heure), fait également partie des impositions du permis 2009 et des conditions sectorielles du 27/02/2003.

Lors de la campagne en février 2010, les normes définies par les conditions sectorielles du 7 octobre 2010 et le permis relatif aux rejets du 28 janvier 2011, n'étaient pas encore d'application. Vu qu'elles sont aujourd'hui entrées en vigueur, elles sont utilisées à titre indicatif dans l'interprétation des résultats.

Les colonnes 6 et 7 du Tableau 4 (en bleu) reprennent ces normes en précisant leur nature.

4.1.6 Conditions de contrôles

En 2010, les autocontrôles du rejet R1 ont eu lieu aux dates suivantes : le 1^{er} juin, le 27 octobre, le 16 novembre et le 7 décembre. Ce groupement de quatre campagnes dans le seul 2^{ième} semestre de l'année n'est pas parfaitement en accord avec la fréquence de suivi trimestrielle imposée sur certains paramètres. Un tableau repris en annexe 3 reprend les résultats d'analyses (avec les certificats) des autocontrôles réalisées par l'exploitant ainsi que les paramètres non réalisés.

Bien qu'ils fussent déjà d'application soit en vertu du "permis 2009", soit en vertu des "conditions sectorielles de 2003", les paramètres suivants n'ont pas été analysés en 2010 : DCO, DBO₅, MES, matières sédimentables, détergents totaux, azote ammoniacal, cyanures facilement décomposables, sulfures et mercaptants, polychlorobiphényles et polychloroterphényles, Se_{tot}, AOX, benzène et naphthalène.

Les analyses écotoxicologiques ont été réalisées en juin 2010, conformément aux impositions légales. Elles sont consultables en annexe 3.

Pour autant que l'enregistrement permanent de certains paramètres ait été effectué, ces derniers n'ont jamais été communiqués à l'ISSeP.

Les permis 2009 et 2011 imposent des analyses sur les déversements n°1 et n°2 issus des STEP d'Hallembaye 1 et d'Hallembaye 2. L'interprétation du permis de 2011 ne laisse pas de doute quant à l'opportunité laissée à l'exploitant de réaliser les contrôles périodiques sur un "rejet unique" qui regrouperait Hal 1 et Hal 2. Selon les contacts qui ont eu lieu entre l'exploitant et la Direction des eaux de surface, il ne serait pas question de cela mais bien de réaliser des contrôles indépendants sur chacun des deux déversements. Cette décision implique d'installer deux systèmes d'enregistrement permanent pour se conformer aux permis.

En tous cas jusqu'en mars 2010, et y compris pour la campagne réalisée en doublon avec l'ISSeP, ce dédoublement n'était pas encore mis en œuvre. Pire, l'eau contrôlée était prélevée dans une chambre de visite ("R1") où l'eau est un mélange, non seulement des deux déversements provenant des STEP ("Hal1" et "Hal2") mais aussi d'un déversement d'eau de ruissellement (bassin d'orage et eaux de toiture). Un effet évident de dilution des rejets des STEP faussait dès lors, à l'avantage de l'exploitant, les résultats du contrôle.

4.1.7 Discussion et interprétation des résultats sur les émissions liquides

A. Comparaison inter-laboratoire

Lors de cette campagne, il n'y a pas eu de prélèvements en doublon du percolat ou du rejet STEP. Les rejets industriels des STEP HAL1 et HAL2 ne faisaient pas partie de l'autocontrôle réalisé par l'exploitant. A l'avenir, des comparaisons inter-laboratoires seront possibles suite au permis d'environnement du 28 janvier 2011 qui spécifie plus explicitement la nécessité des autocontrôles séparés pour les deux rejets.

B. Composition des percolats

Si l'on réalise une **comparaison entre elles des compositions des deux percolats HAL-LIX1 et HAL-LIX2** on peut en tirer les renseignements suivants :

- Les concentrations sont globalement plus élevées dans HAL-LIX2 que dans HAL-LIX1.
- Le rapport DCO/DBO₅ est beaucoup plus élevé dans HAL-LIX1 (12,9) que dans HAL-LIX2 (5,6). Ce dernier a une valeur beaucoup plus élevée de DBO₅, cela traduit le fait qu'il y subsiste une plus grande part de matière organique biodégradable que dans HAL-LIX1 et confirme que HAL-LIX1 est un percolat plus vieux que HAL-LIX2.
- Les substances eutrophisantes sont supérieures aux Med_M et aux P90_M correspondant sur HAL1 et pas sur HAL2.

La **comparaison des compositions des deux percolats** avec les statistiques du réseau amène les constats suivants :

- **Pour les deux percolats :**
La conductivité, l'azote ammoniacal, l'azote Kjeldahl, Sb_{tot} , As_{tot} , Cr_{tot} , et le COT présentent des valeurs supérieures au Med_M et même au $P90_M$. Les valeurs du Ni sont élevées mais restent en dessous du $P90_M$. En ce qui concerne les métaux, les valeurs particulièrement élevées (médianes) pourraient s'expliquer par l'influence des mâchefers, non présents dans les autres C.E.T.
- **Pour le percolat HAL-LIX1 uniquement :**
 - Les valeurs des sulfates et du P_{tot} sont supérieures au Med_M et au $P90_M$. La nature des débris enfouis, plus riches en sulfates (p.ex. matériaux de construction), pourrait expliquer cette valeur élevée. En effet, à l'époque du remplissage de la partie HAL1, le tri des déchets était moins sélectif et, de ce fait, une partie des matériaux "inertes" (plaques de plâtre,...) pouvant potentiellement libérer des sulfates, ont été entreposés alors qu'à l'heure actuelle ils suivent d'autres filières de traitement.
 - Le taux de chlorures est plus faible dans HAL-LIX1 que dans HAL-LIX2. Etant donné la solubilité élevée des chlorures, il est probable que cette différence soit due au fait que les déchets issus d'Hallembaye 1 ont été lessivés pendant une plus longue période.
- **Pour le percolat HAL-LIX2 uniquement :**
 - Les teneurs en DBO5, DCO sont fortement supérieures au Med_M et au $P90_M$. La relative jeunesse du percolat par rapport à la moyenne du réseau et la nature des déchets enfouis pourraient expliquer cette différence.
 - Le benzène a une valeur élevée sans qu'une explication logique puisse être avancée.

C. Composition du rejet STEP

En se basant sur l'analyse du rejet réalisée par l'ISSeP en février 2010, on constate que la qualité des rejets (HAL-RS1 et HAL-RS2) satisfaisait aux conditions imposées par la législation en vigueur sensu stricto au moment des prélèvements, et ce pour l'ensemble des paramètres normés.

Par rapport aux nouvelles valeurs normatives, deux dépassements sont observés : la température, qui est de 35,7 °C au lieu de 30°C, et l'azote ammoniacal dont la valeur atteint 107 mgN/l au lieu de 50 mgN/l.

Si on compare les rejets des deux STEP entre eux, on observe que les concentrations sont relativement plus élevées dans HAL-RS1 que dans HAL-RS2 pour les paramètres suivants : la température, la conductivité, les chlorures, les sulfates, les substances eutrophisantes (à l'exception des nitrates), la DBO5, la DCO, le COT et le naphthalène. Ces résultats sont en correspondance avec les tendances élevées des percolats respectifs.

Les concentrations en métaux sont faibles dans les deux perméats.

En principe, le rejet de HAL1 est retraité par la STEP de HAL2. Cependant, dans certaines conditions climatiques (à la suite des périodes de forte pluviométrie qui induisent un excédent de percolats), le perméat de HAL1 est dirigé vers les égouts via le point de rejet global R1 du C.E.T.

D. Évolution temporelle de la qualité des émissions liquides

Pour suivre l'évolution temporelle des rejets, nous disposons de peu de résultats. Ces derniers sont disponibles dans le rapport sur la troisième campagne de contrôle (ref: 0837/2007) pour les valeurs de 2002 et 2006 et dans le Tableau 4 de ce document pour les valeurs de 2010. Les bons résultats obtenus par le procédé d'épuration des percolats par osmose inverse sont confirmés en 2010 (à l'exception de la teneur en azote ammoniacale qui est assez élevée).

Tableau 3 : C.E.T. d'Hallembaye, résultats d'analyses du percolat et comparaison aux références ISSeP

Stations	Résultats d'analyses ISSeP		Statistiques Hallembaye		Références réseau C.E.T. (*)		
	HAL1	HAL2	HAL 1	HAL 2	13 C.E.T. du réseau		
Dates des prélèvements	24/02/2010	24/02/2010	Val. médianes 2000-2010 (nb.valeurs)		Méd _M	P90 _M	
Paramètres généraux							
Température in situ	°C	18,6	24,6	—	—	17,5	21,1
pH	—	7,76	8,28	—	—	7,86	8,2
Conductivité	µS / cm (à 25°C)	18900	21200	16379 (5)	26400 (5)	13063	17468
Matières en suspension	mg/l	33	57	—	—	80	140
Matières sédimentables	ml/l	< 0,1	< 0,1	—	—	(0,23)	(2,05)
Substances inorganiques							
Chlorures	mg / l	1682	2346	1739 (6)	3160 (6)	1636	2584
Sulfates	mg / l	614	115	551,5 (6)	176 (6)	178	513
Cyanures totaux	µg / l	< 2,0	< 2,0	—	—	(29,2)	(48,6)
Fluorures	mg / l	< 0,02	< 0,02	—	—	0,72	1,32
Substances eutrophisantes							
Azote ammoniacal	mg N/l	1246	1659	—	—	587	870
Nitrates	mg N / l	0,13	0,22	—	—	0,91	29,9
Azote Kjeldahl	mg N / l	1488	2074	—	—	901	1237
Phosphore total	mg P / l	13284	8921	—	—	7692	11004
Métaux et Métalloïdes							
Chromates	µg Cr / l	< 0,005	< 0,005	—	—	—	—
Antimoine total	µg / l	30	54	20 (5)	66 (5)	13,24	22,2
Arsenic total	µg / l	186	170	136 (6)	234 (6)	58	116
Cadmium total	µg / l	< 0,25	< 0,25	1,37 (6)	1,46 (6)	0,69	2,67
Chrome total	µg / l	882	1037	568 (6)	1376 (6)	364	590
Cuivre total	µg / l	22	40	22,5 (6)	74 (6)	25,9	50
Etain total	µg / l	122	50	126 (6)	121,5 (6)	89,38	129
Fer total	µg / l	1896	1918	—	—	4406	9397
Manganèse total	µg / l	121	89	—	—	787	1378
Nickel total	µg / l	204	210	149,5 (6)	289,5 (6)	137	211
Plomb total	µg / l	< 6,3	< 6,3	10 (6)	10 (6)	8,5	19,5
Sélénium total	µg / l	< 63	< 63	—	—	(11,8)	(13,9)
Zinc total	µg / l	61	108	63 (6)	197,5 (5)	124	263
Paramètres organiques							
DBO5	mg O ₂ / l	246	950	—	—	197	510
DCO	mg O ₂ / l	3175	5365	—	—	2177	3236
Rapport DCO/DBO5	—	12,9	5,65	—	—	12,8	—
Hydrocarbures C ₅ -C ₁₁	µg / l	< 0,2	0,5	—	—	—	—
Hydrocarbures C ₁₀ -C ₄₀	µg / l	0,12	0,12	0,12 (5)	0,12 (5)	(2,31)	(4,18)
Indice phénol	µg / l	10	14	25 (6)	567,5 (6)	136	592
COT	mg / l	1147	1980	765 (6)	2440 (6)	755	1122
AOX	µg Cl / l	773	1091	—	—	(1302)	(1867)
BTEX	µg / l	16,5	16,0	—	—	—	—
PCB (Σ7)	ng / l	59	56	—	—	—	—
Benzène	µg / l	3,0	4,6	—	—	(1,84)	(4,26)
Toluène	µg / l	4,9	6,5	—	—	(8,3)	(15,1)
Éthylbenzène	µg / l	2,6	1,5	—	—	(5,8)	(10,4)
Xylènes	µg / l	6,0	3,4	—	—	(10,7)	(18,8)
Naphtalène	µg / l	2,5	1,7	4,2 (9)	1,45 (9)	5,3	11,4
1,1-dichloréthylène	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—
trans-1,2-dichloréthylène	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—
1,1-dichloréthane	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—
cis-1,2-dichloréthylène	µg / l	0,5	< 0,1	—	—	—	—
1,1,1-trichloréthane	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—
1,2-dichloréthane	µg / l	0,4	0,9	—	—	—	—
trichloréthylène	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—
1,1,2-trichloréthane	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—
tétrachloréthylène	µg / l	0,4	0,3	—	—	—	—
1,1,1,2-tétrachloréthane	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—
1,1,2,2-tétrachloréthane	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—

LÉGENDE
 Valeurs élevées (valeurs supérieures au P90_M du réseau C.E.T.)

(*) Les valeurs des références réseau C.E.T. sont calculées sur base de l'ensemble des résultats d'analyses de lixiviat de C.E.T. (ISSeP et autocontrôles). Pour un paramètre donné, la valeur médiane et le P90 de chaque entrée de STEP sont pris en compte.

La valeur Méd_M est obtenue par la moyenne des 13 valeurs médianes. La valeur P90_M représente la moyenne des 13 valeurs P90.

Un indice de fiabilité est estimé sur base du nombre de résultats par C.E.T. ; les valeurs publiées sont issues de min.70 résultats analytiques répartis sur 13 C.E.T., les valeurs entre parenthèses sont moins représentées (35 à 90 valeurs, réparties sur au moins 7 C.E.T.).

Les références locales HAL1 et HAL2 sont les médianes des valeurs observées en ces points ; elles représentent les teneurs "habituelles" des paramètres considérés dans ces deux lixiviats. Les références locales ne sont affichées que si elles sont basées sur 5 analyses ou plus.

Tableau 4 : C.E.T. d'Hallembaye, rejet STEP, résultats d'analyses et évolution

Laboratoire		HAL1	HAL2	R1	Références légales		Références réseau C.E.T.	
		ISSeP	ISSeP	Malvoz	Autorisation de Rejet 28/01/2011 ¹	Conditions Sectorielles 2010 ²		
Dates d'échantillonnage		24/02/2010	24/02/2010	1/06/2010	V.M.A.	V.M.A. (égout)	Méd _M	P90 _M
Paramètres généraux								
Température in situ	°C	35,7	19,7	14,3	30 (G) ³	45	21,3	23,8
pH		7,25	7,56	8	6,5 (G) à 10,5 (S)	6 à 10,5	8,0	8,4
Conductivité	µS / cm	3350	372	699	—	—	6740	10360
Matières en suspension	mg/l	< 2,0	< 2,0	—	60 (G)	1.000	15,8	25,5
Matières sédimentables	ml/l	< 0,1	< 0,1	—	0,5	200	n.d.	0,13
Substances inorganiques								
Chlorures	mg / l	245	3,8	41,9	—	2000	1250	2100
Sulfates	mg / l	98	4,5	59,7	—	—	—	—
Cyanures totaux	µg / l	< 2,0	< 2,0	—	—	—	29,8	50,2
Fluorures	mg / l	0,051	0,022	0,19	—	—	0,40	0,62
Sulfures	mg / l	—	—	—	—	—	—	—
Substances eutrophisantes								
Azote ammoniacal	mg / l	107	12,1	—	20 / 50	—	12,9	45,5
Nitrates	mg N / l	< 0,023	0,036	—	—	—	220	420
Azote Kjeldahl	mg N / l	110	13,2	—	—	—	18,1	55
Phosphore total	mg P / l	241	< 63	—	—	—	2706	3870
Métaux et Métalloïdes								
Chromates	µg / l	< 0,005	< 0,005	—	—	—	—	—
Antimoine total	µg / l	< 2,5	< 2,5	< 4	—	—	n.d.	11,0
Arsenic total	µg / l	< 6,3	< 6,3	< 4	150 (P)	150	19,5	44,6
Cadmium total	µg / l	< 0,25	< 0,25	< 1	500 (S)	500	n.d.	1,78
Chrome total	µg / l	2,4	< 1,3	7	1.000 (P)	1.000	15,1	41,8
Cuivre total	µg / l	< 2,5	< 2,5	5	1.000 (P)	1.000	4,68	17,4
Etain total	µg / l	< 13	< 13	< 4	—	—	n.d.	7,86
Fer total	µg / l	36	15,8	—	—	—	—	—
Fer dissous	µg / l	21	13,1	—	—	—	—	—
Manganèse total	µg / l	< 6,3	< 6,3	—	—	—	226	424
Manganèse dissous	µg / l	< 6,3	< 6,3	—	—	—	—	—
Mercuré total	µg / l	—	—	< 1	50 (S)	50	—	—
Nickel total	µg / l	< 3,1	< 3,1	< 4	2.000 (P)	2.000	30,8	49,9
Plomb total	µg / l	< 6,3	< 6,3	< 4	1.000 (P)	1.000	n.d.	9,1
Sélénium total	µg / l	< 63	< 63	—	—	500	n.d.	7,86
Zinc total	µg / l	< 25	< 25	14	4.000 (P)	4.000	32,6	79
Paramètres organiques								
DBO5	mg O ₂ / l	58	5,9	—	90	90	5,8	22,2
DCO	mg O ₂ / l	104	14,7	—	300 (S)	300	136,6	242
Hydrocarbures C ₅ -C ₁₁	µg / l	< 0,05	< 0,05	—	—	—	—	—
Hydrocarbures C ₁₀ -C ₄₀	µg / l	< 0,1	< 0,1	< 0,2	5	5	n.d.	19,5
Hydrocarbures apolaires	µg / l	—	—	—	—	—	—	—
Indice phénol	µg / l	< 5	11	8	1.000 (S)	—	n.d.	21,8
COT	mg / l	17,7	4,3	1,7	—	—	35,9	64,7
AOX	µg Cl / l	32	13	—	3000	3000	328	515
PCB (7)	µg / l	< 35	16-46	—	—	—	-	-
Benzène	µg / l	0,3	< 0,1	—	—	—	n.d.	0,23
Toluène	µg / l	0,7	< 0,1	—	—	—	—	—
Ethylbenzène	µg / l	0,5	< 0,1	—	—	—	—	—
Xylène	µg / l	0,9	< 0,3	—	—	—	—	—
Naphtalène	µg / l	2,1	< 0,1	—	—	—	n.d.	0,53
1,1-dichloréthylène	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—	—
trans-1,2-dichloréthylène	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—	—
1,1-dichloréthane	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—	—
cis-1,2-dichloréthylène	µg / l	0,2	< 0,1	—	—	—	—	—
1,1,1-trichloréthane	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—	—
1,2-dichloréthane	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—	—
trichloréthylène	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—	—
1,1,2-trichloréthane	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—	—
tétrachloréthylène	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—	—
1,1,1,2-tétrachloréthane	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—	—
1,1,2,2-tétrachloréthane	µg / l	< 0,1	< 0,1	—	—	—	—	—

LÉGENDE		
■	Dépassement d'au moins une norme	■
	Valeurs supérieurs au P90 _M	n.d. = non détecté
¹	normes imposées par l'autorisation de déversement d'eaux usées pour le C.E.T. d'Hallembaye (permis environnement du 28/01/2011)	
²	normes des conditions sectorielles (AGW 27/02/2003, modifié par l'AGW du 7/10/2010)	
³	conditions générales (G), particulières (P) et sectorielles (S) de déversement telles que définies par l'AM du 04/07/2002	

4.2 Eaux de surface

4.2.1 Stratégie d'échantillonnage des eaux de surface

Etant donné l'absence d'eau de surface influençable, aucune analyse n'a été réalisée lors de la campagne 2010.

Suite aux nouvelles impositions des textes de loi, des prélèvements d'autocontrôle pour analyses doivent dorénavant avoir lieu en amont et en aval du rejet des perméats dans le ruisseau d'Hallembaye. L'ISSeP prévoit de vérifier la conformité de ce ruisseau lors de la prochaine campagne de contrôle

4.2.2 Valeurs normatives

En plus des conditions sectorielles, le permis d'environnement 2009 impose les conditions particulières de contrôle suivantes pour les eaux de surface en amont et en aval du rejet dans le ruisseau d'Hallembaye :

- la fréquence de contrôle est annuelle pour les paramètres : Cd, Hg, indice phénols, cyanures, benzène, naphthalène, et AOX.
- la fréquence est semestrielle pour les paramètres : chlorures, sulfates, As, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Mn, HC₍₁₀₋₁₄₎, et un test IDL (Indice Diatomique LECLERCQ) au mois de mars et septembre.
- la fréquence est trimestrielle pour les paramètres : conductivité, MES, DCO, DBO₅, ammonium, nitrates, azote total et phosphates.

Contrairement aux impositions du permis, il n'y avait pas de rejet effectué dans le ruisseau d'Hallembaye en 2010.

4.3 Eaux souterraines

4.3.1 Échantillonnage d'eaux souterraines

Parmi les 28 piézomètres installés autour du C.E.T., 6 font l'objet d'un autocontrôle à raison de 3 fois par an. Deux eaux d'exhaure (dénommées S1 et S2) sont également échantillonnées semestriellement. Les piézomètres font partie d'un réseau plus important qui est décrit dans la fiche technique "*Hal-geo10 données piézomètres*".

Pour la campagne de contrôle 2010, des échantillons en doublons (autocontrôle UVELIA) ont été prélevés dans les piézomètres P6, P7, P8, FD7, FD5b, P SNCB ainsi que sur l'eau d'exhaure S1. Dans chacun de ces points, les opérations suivantes ont été effectuées :

- Mesure du niveau piézométrique initial;
- Pompage du piézomètre avec mesure séquentielle des paramètres physico-chimiques pendant toute la durée du pompage;
- Après stabilisation des paramètres physico-chimiques, prélèvement et enregistrement des paramètres.

Tous les piézomètres sont implantés dans l'aquifère du Houiller. Le plan 3 positionne ces piézomètres sur le plan du site. La **Figure 8** ci-dessous positionne les points de prélèvement effectués par l'ISSeP lors de cette campagne.



Figure 8 : Localisation sur l'orthophotoplan (2006-2007) des points de prélèvements d'eaux réalisés en février 2010

4.3.2 Matériel de prélèvement et méthodes d'analyses des eaux souterraines

Le pompage des piézomètres a été réalisé du 23 au 25 février 2010 par SITA (partenaire UVELIA), en présence de l'ISSeP (prélèvements en doublons). Le détail des paramètres analysés par le laboratoire Malvoz pour l'exploitant et par l'ISSeP est donné dans le Tableau 5 ci-dessous.

Les prélèvements ont été réalisés (conformément au CWEA) par pompage au moyen d'une pompe immergée (Grundfos MP1) et une tuyauterie en silicone (Eikelkamp). Dans la mesure du possible, le prélèvement n'est réalisé qu'après stabilisation des paramètres physico-chimiques (conductivité et pH) mesurés en continu par une sonde adéquate (multimètre WTW 350i). Ces paramètres physico-chimiques in situ finaux sont enregistrés lors du prélèvement. Les échantillons sont ensuite conditionnés et réfrigérés dans les règles de l'art et acheminés le jour même aux laboratoires de l'ISSeP.

Au total, 7 échantillons d'eaux souterraines ont donc été prélevés et analysés pour un long set de paramètres, à savoir :

- mesures in situ : température, pH, conductivité, turbidité (= %O₂);
- particules : MES, mat. sédimentables ;
- paramètres organiques intégrés : DCO, COT;
- substances inorganiques : Cl⁻, SO₄⁻, cyanures totaux;
- substances eutrophisantes : NO₃⁻, N_{ammoniacal}, N_{Kjeldahl}, P_{tot} ;
- métaux : As_{tot}, Cr_{tot}, Cu_{tot}, Fe_{tot}, Fe_{dis}, Mn_{tot}, Mn_{dis}, Ni_{tot}, Pb_{tot}, Zn_{tot} ;
- micropolluants organiques : indices HC (C₁₀-C₄₀), AOX, BTEXN.

Les analyses réalisées sont identiques à celles réalisées sur les perméats. Il s'agit d'un panel plus large que celui prévu par l'autocontrôle et conforme à l'AGW du 7/10/2010 modifiant les conditions sectorielles.

Les analyses ont été réalisées par les laboratoires de l'ISSeP, laboratoires de référence en Région wallonne. Les certificats d'analyses, contenant les références exactes des méthodes analytiques utilisées, sont fournis en Annexe 3.

4.3.3 Résultats d'analyses des eaux souterraines

Le Tableau 5 reprend les résultats d'analyses de l'ISSeP (doublons) et de Malvoz (autocontrôle) et ce respectivement pour les piézomètres, les eaux d'exhaure. Les résultats issus des campagnes précédentes menées par l'ISSeP sont synthétisés dans le Tableau 6. Les résultats d'autocontrôle jusque fin 2006 figurent en annexe 5 du précédent rapport de contrôle. Les résultats de 2007 à 2010 figurent à l'annexe 4 du présent rapport.

Remarque : dans le cadre des autocontrôles menés par l'exploitant, la méthode d'analyse pour la détermination du zinc a changé lors de la campagne du mois d'octobre 2006.

Tableau 5 : Prélèvements d'eaux souterraines – Comparaison interlaboratoire

Dates d'échantillonnage Laboratoire	AMONT		FD7		P06		P07		P08		P-SNCB		Source S1		VALEURS DE RÉFÉRENCE									
	25/02/2010 ISSEP	24/02/2010 Malvoz	24/02/2010 ISSEP	24/02/2010 Malvoz	23/02/2010 ISSEP	23/02/2010 Malvoz	23/02/2010 ISSEP	23/02/2010 Malvoz	23/02/2010 ISSEP	23/02/2010 Malvoz	25/02/2010 ISSEP	25/02/2010 Malvoz	24/02/2010 ISSEP	24/02/2010 Malvoz	Code de l'Eau	Décret sols	Stats aquifères	Cond. sect. CET						
	ISSEP	Malvoz	ISSEP	Malvoz	ISSEP	Malvoz	ISSEP	Malvoz	ISSEP	Malvoz	ISSEP	Malvoz	ISSEP	Malvoz	VS	V1	Méd.	p95	Seuil. Vigil.	Seuil. Décl.				
Paramètres généraux																								
Température in situ	11,0	10,8	11,3	11,2	8,6	10,6	9,8	10,8	10,3	10,7	10,3	11,2	11,2	10,8	25	—	—	—	—	—	—			
pH in situ	7,43	7,4	7,43	7,4	7,21	7,3	7,15	7,2	6,96	7,1	7,30	7,2	7,64	7,7	6,5-9,5	—	—	—	—	—	—			
Conductivité in situ	525	517	563	540	618	615	504	509	670	703	613	593	946	838	2500	—	646	1009	2100	—	—			
Mat. Sédimentables	<0,1	—	<0,1	—	<0,1	—	<0,1	—	<0,1	—	<0,1	—	<0,1	—	—	—	—	—	—	—	—			
Mat. en suspension	<2	—	10,4	—	21	—	35	—	14,2	—	<2	—	4,3	—	—	—	—	—	—	—	—			
Substances inorganiques																								
Chlorures	5,4	5,74	6,2	6,61	11,1	11,7	8,6	9,44	34	33,6	14,1	14,8	41	37,9	250	—	31,9	72	150	—	×			
Sulfates	mg/l	17,6	—	15,6	79	—	24	—	69	—	53	—	223	—	250	—	83,5	159	250	—	×			
Cyanures totaux	µg/l	<2	—	<2	<2	—	<2	—	<2	—	<2	—	<2	—	50 (10)	70 (lib)	140 (lib)	1,5	2,8	50	—	×		
Substances eutrophisantes																								
Azote ammoniacal	mg N/l	0,12	—	0,16	0,26	—	0,04	—	0,06	—	0,068	—	0,03	—	0,41	—	0,03	0,3	0,5	—	—	—		
Azote Kjeldahl	mg N/l	0,78	—	<0,78	<0,78	—	<0,78	—	<0,78	—	<0,78	—	<0,78	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—	
Nitrates	mg N/l	<0,023	—	<0,023	<0,023	—	<0,023	—	0,052	—	<0,023	—	2,19	—	11,3	—	10,1	50	—	—	—	—	—	
Phosphore total	µg/l	<63	—	<63	<63	—	<63	—	<63	—	<63	—	<63	—	Chgt	—	—	196	251	—	—	—	—	
Métaux et métalloïdes																								
Cr 6+	µg/l	<10	—	<10	—	<10	—	<10	<10	—	<10	—	<10	—	5 (10)	10	40	0,3	1,7	10	—	×	×	
Arsenic total	µg/l	<6,3	<4	<6,3	<4	<6,3	<4	<6,3	<4	<6,3	<4	<6,3	<4	<6,3	5	5	20	0,1	0,4	5	—	×	×	
Cadmium total	µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5	5	20	0,1	0,4	5	—	×	×	
Chrome total	µg/l	<1,3	<4	<1,3	<4	3,4	<4	3,2	<4	3,7	<4	<1,3	<4	1,89	50	50	100	0,7	3,4	50	—	×	×	
Cuivre total	µg/l	<2,5	<4	<2,5	<4	<2,5	<4	<2,5	<4	<2,5	<4	<2,5	<4	<2,5	2000	100	200	1,7	39	100	—	×	×	
Étain total	µg/l	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Fer total	µg/l	319	—	420	—	1106	—	543	—	463	—	226	—	419	200	—	—	—	—	—	—	—	—	
Fer dissous	µg/l	306	—	365	—	246	—	323	—	135	—	226	—	49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Manganèse total	µg/l	15,6	—	24	—	67	—	91	—	185	—	36	—	<6,3	50	—	—	—	—	—	—	—	—	
Manganèse dissous	µg/l	15,6	—	23	—	40	—	91	—	167	—	36	—	<6,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mercurie total	µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	1	4	0	0,1	1	—	×	×	
Nickel total	µg/l	8,4	<4	8,5	<4	3,9	<4	<3,1	<4	8,3	<4	<3,1	<4	11,1	20	20	80	1	8,2	20	—	×	×	
Plomb total	µg/l	<6,3	<4	<6,3	<4	<6,3	<4	<6,3	<4	<6,3	<4	<6,3	<4	<6,3	25	10	40	0,3	3	10	—	×	×	
Zinc total	µg/l	<25	<4	<25	5	<25	<4	<25	17	<25	17	<25	<4	<25	5000	200	400	15	179	200	—	×	×	
Paramètres organiques																								
DCO	mg O2/l	<5	—	<5	—	<5	—	<5	—	<5	—	<5	—	<5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hydrocarbures C ₅ -C ₁₁	µg/l	—	—	—	—	<6,3	<4	<6,3	<4	<6,3	<4	<6,3	<4	<6,3	—	260*	520*	100	—	—	—	—	—	—
Hydrocarbures C ₁₀ -C ₄₀	µg/l	<0,1	—	<0,1	—	<0,1	—	<0,1	—	<0,1	—	<0,1	—	<0,1	—	1000*	2000*	—	—	—	—	—	—	—
Indice phénol	µg/l	—	8	<7	<7	<7	<7	7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	—	120	1115	—	—	—	—	—	—	—
COT	mg/l	0,5	0,5	0,9	1	0,7	0,7	0,8	1	1,1	1	0,5	0,6	1,7	—	—	—	0,7	2,5	5	—	—	—	
AOX	µg Cl/l	<5	—	14	—	7	—	8	—	18	—	8	—	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Benzène	µg/l	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	<0,1	1	10	40	—	—	—	—	—	—	—
Toluène	µg/l	<0,1	<0,25	0,2	<0,25	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	<0,1	—	700	5850	—	—	—	—	—	—	×
Ethylbenzène	µg/l	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	<0,1	<0,25	<0,1	1	300	1520	—	—	—	—	—	—	×
Xylènes	µg/l	<0,3	<0,75	<0,3	<0,75	<0,3	<0,75	<0,3	<0,75	<0,3	<0,75	<0,3	<0,75	<0,3	—	500	2175	—	—	—	—	—	—	×
Naphtalène	µg/l	<0,1	<0,50	<0,1	<0,50	<0,1	<0,50	<0,1	<0,50	<0,1	<0,50	<0,1	<0,50	<0,1	—	60	410	—	—	—	—	—	—	×
LEGENDE																								
NA	norme non applicable à l'aquifère du Houiller																			ND	Statistique non disponible pour l'aquifère du Houiller			
	Concentration supérieure à 3x la référence amont																				Concentration supérieure au seuil de vigilance et à 3x la référence amont			



Tableau 6 : Évolution temporelle des eaux souterraines

Laboratoire	AVAL										AMONT										VALEURS DE RÉFÉRENCE					
	P8					ISSEP					FD7					ISSEP					Code de l'Eau	Décret sols		Stats aquifères		Cond. sect. CET
	2000 15- févr	2000 14-juin	2001 21- févr	2002 20- févr	2006 21-juin févr	2010 23- févr	2010 15- févr	2000 14-juin févr	2000 21- févr	2001 21- févr	2002 20- févr	2006 21-juin févr	2010 23- févr	2010 19-juin févr	2010 23- févr	VS	VI	Méd.	P95	Seuil. Vigil.		Seuil. Décl.				
Paramètres généraux																										
Température in situ	—	—	—	—	12,5	10,3	—	—	—	—	—	13,5	11,3	—	11	25	—	—	—	—	—	—				
pH in situ	—	—	—	—	6,95	6,96	—	—	—	—	7,5	7,41	7,43	—	7,43	6,5-9,5	—	—	—	—	—	—				
Conductivité in situ	—	—	—	—	839	670	—	—	—	—	605	591	563	—	525	2500	—	—	646	1009	2100	—				
Substances inorganiques																										
Chlorures	81	—	74	80	52	34	7,4	—	6,3	7,1	6,3	6,2	5,4	5,4	250	—	—	—	ND	72	150	×				
Sulfates	—	—	133	139	88	69	—	—	15,6	15,2	15,7	15,6	18,2	17,6	250	—	—	—	ND	159	250	×				
Fluorures	—	—	—	0,11	0,17	—	—	—	—	0,23	0,24	—	0,22	—	—	—	—	—	ND	0,5	—					
Cyanures totaux	—	—	—	<15	5	<2	—	—	—	<15	<5	<2	<5	<2	50 (10)	70 (lib)	140 (lib)	1,5	2,8	50	50	×				
Substances eutrophisantes																										
Azote ammoniacal	—	—	—	0,049	0,17	0,06	—	—	—	0,21	0,26	0,16	0,23	0,12	0,41	—	—	—	0,03	0,3	0,5	—				
Nitrates	—	—	—	0,51	2,7	0,05	—	—	—	<0,22	<0,1	<0,02	<0,1	<0,02	11,3	—	—	—	10,1	50	—	—				
Métaux et métalloïdes																										
Chromates	—	<5	<5,6	—	<30	—	<5	<5	<5,6	—	<30	—	<30	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
Arsenic total	2,1	<5	<5,6	<2,5	<6,3	<6,3	<0,2	<5	<5,6	<2,5	<6,3	<6,3	<6,3	<6,3	5 (10)	10	40	0,3	1,7	10	10	×				
Cadmium total	0,67	<0,2	<0,25	<0,25	<0,25	—	0,86	<0,2	<0,2	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	5	5	20	0,1	0,4	5	5	×				
Chrome total	5,6	2	<2,2	<2,5	<1,25	3,7	3,4	<1	<2,2	<2,5	<1,25	<1,3	3	<1,3	50	50	100	0,7	3,4	50	50	×				
Cuivre total	4,4	6,9	<2,2	<2,5	<2,5	2,9	<2	<2	<2,2	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	2000	100	200	1,7	39	100	100	×				
Etain total	<5	<20	<11,1	<6,3	<12,5	—	<5	<20	<11,1	<6,3	<12,5	<12,5	<12,5	<12,5	—	—	—	—	—	—	—	—				
Fer total	—	—	—	184	177	463	—	—	—	489	337	420	289	319	200	—	—	—	—	—	—	—				
Manganèse total	—	—	—	144	178	185	—	—	—	24	23	24	<6,3	15,6	50	—	—	—	2,5	315	NA	—				
Mercuré total	<0,2	3,8	<0,1	<0,13	<0,1	<0,2	0,68	<0,1	<0,13	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	1	4	0	0,1	1	1	×				
Nickel total	9,6	12,4	6,3	7,2	5	8,3	2,3	2,2	<2,2	<2,5	<3,1	8,5	<3,1	8,4	20	20	80	1	8,2	20	20	×				
Plomb total	7,4	5,8	<5,6	<18,8	<6,3	<6,3	7,3	5,5	<5,6	<18,8	<6,3	<6,3	<6,3	<6,3	25	10	40	0,3	3	10	10	×				
Zinc total	24	61	<16,7	18,8	<25	<25	<20	55	<16,7	<18,8	<25	<25	<25	<25	5000	200	400	15	130	200	200	×				
Paramètres organiques																										
Indice phénols	—	<5	<5	<5	<10	—	<5	<5	<5	<5	<20	—	<20	—	—	120	1115	—	—	5	5	—				
COT	1,7	3,2	1,3	0,9	1,2	1,1	1,9	1	1	0,8	0,6	0,14	0,3	0,5	—	—	—	0,7	2,5	5	5	—				
Concentration supérieure à 3x la référence montant										Concentration supérieure au seuil de vigilance					Concentration supérieure au seuil de vigilance et à 3x la référence montant											
Légende																										

4.3.4 Normes de référence pour les eaux souterraines

Pour les eaux souterraines, les valeurs normatives en vigueur actuellement (Tableau 5 colonne orange) sont extraites de l'Arrêté du Gouvernement Wallon du 3 mars 2005 relatif au Livre II du Code de l'Environnement, contenant le Code de l'Eau (MB du 12/04/2005). Ce texte reprend notamment (annexe XXXI) les valeurs publiées dans l'arrêté du 15 janvier 2004 relatif aux valeurs paramétriques applicables aux eaux destinées à la consommation humaine. Ces valeurs normatives ne sont pas applicables sensu stricto à une eau souterraine. Il suffit pour s'en convaincre de réaliser que bon nombre d'aquifères ou parties d'aquifères en Région wallonne fournissent une eau parfaitement naturelle mais impropre à la consommation humaine.

Le décret "sols" (5/12/2008) fixe des "*valeurs seuils*" et des "*valeurs d'intervention*", valables pour les eaux souterraines dans le cadre de l'assainissement des sites pollués. Ces normes, reprises au Tableau 5 (colonnes vert clair), sont dès lors également applicables aux eaux souterraines contaminées par les C.E.T. Dans le cas d'une "*pollution historique*", la valeur seuil fixe le niveau au-dessus duquel il y a lieu de réaliser une étude des risques dont le but est de vérifier qu'il n'y a pas de menace grave. Le dépassement d'une valeur d'intervention a la même signification mais impose également d'envisager la nécessité de prendre des mesures de sécurité ou de suivi. Si l'étude des risques confirme la menace grave, il faut assainir les eaux souterraines.

Par ailleurs, l'AGW "conditions sectorielles" du 27 février 2003 transpose la Directive Déchets 1999/31/EC. Cet arrêté était toutefois incomplet : il omettait de fixer les "*seuils de déclenchement de mesures correctrices*", mentionné à l'Annexe III de la Directive.

Pour pallier ce manquement, le Gouvernement wallon a voté une nouvelle version de l'AGW du 27 février 2003 (AGW du 7/10/2010). Ce nouveau texte fixe une nouvelle procédure de surveillance, visant à imposer ces seuils en tenant pleinement compte des conditions locales particulières à chaque C.E.T. (anomalies naturelles dues à l'aquifère, fond géochimique régional, pollutions historiques...). Deux listes de paramètres et deux types de seuils sont fixés :

- Les **paramètres traceurs**, en nombre réduit, sont analysés semestriellement.
- Les **paramètres de surveillance**, plus nombreux, sont analysés tous les deux ans ou lorsqu'un seuil est dépassé pour un des paramètres traceurs.
- Les **seuils de vigilance** fixent le niveau au-dessus duquel il faut étendre et intensifier la surveillance et, s'il s'agit d'une contamination endogène persistante, réaliser un "*plan interne d'intervention et de protection des eaux souterraines*" (PIIPES).
- Les **seuils de déclenchement**, qui ne sont fixés que localement après réalisation d'un plan d'intervention complet, fixent les niveaux au-dessus desquels il y a lieu de mettre en œuvre des mesures correctrices.

Les seuils de vigilance sont choisis en fonction de valeurs guides et de statistiques relatives aux aquifères wallons, dans un premier temps en intégrant l'ensemble des masses d'eaux (valeurs publiées dans l'AGW du 7/10/2010). Les seuils de déclenchement sont choisis, dans un second temps, en fonction de statistiques plus locales, sur la masse d'eau présente sous le C.E.T. (statistiques calculées dans le cadre des plans d'intervention), et en tenant compte de pressions plus locales (contaminations historiques ou pollutions régionales).

L'interprétation des résultats par rapport aux normes des conditions sectorielles prévoit également de comparer les concentrations en aval des C.E.T. à une valeur 3 fois supérieure aux concentrations mesurées dans le(s) piézomètre(s) situé(s) en amont du C.E.T. A Hallembaye, c'est le piézomètre FD05b qui a été choisi comme ouvrage de référence amont. A noter que lorsque le piézomètre amont présente une concentration inférieure à la limite de détection du laboratoire, la valeur de "3 x Pz amont" a été arbitrairement fixée à "1,5 x seuil de détection".

A titre indicatif, les résultats sont également comparées aux **statistiques des aquifères wallons** tirées de l'annexe 4B des conditions sectorielles des C.E.T. Deux valeurs sont présentées pour une série de paramètres :

- La médiane des concentrations mesurées dans les puits de captage dans les différents aquifères wallons ;
- Le percentile 95 des concentrations mesurées dans les puits de captage dans les différents aquifères wallons. Cette valeur permet de mettre en évidence des concentrations anormalement élevées par rapport aux concentrations observées dans les autres aquifères wallons.

Pour certains paramètres (chlorures, sulfates, fluorures, nitrates, ammonium) l'arrêté prévoit de remplacer la médiane générale pour tous les aquifères wallons par une moyenne locale des concentrations mesurées dans les captages installés dans l'aquifère présent sous le site.

Tant pour les seuils que pour les statistiques, l'aquifère du Houiller est un cas particulier :

- A cause de la faible couverture en captages le sollicitant, les statistiques locales ne sont pas disponibles pour autant de paramètres que les autres aquifères (ND dans le tableau).
- A cause de la trop grande variabilité naturelle des concentrations en fer et manganèse dans ses eaux, les seuils de vigilance pour le fer dissous et le manganèse total ne lui sont pas applicables (NA dans le tableau).

Les dernières colonnes (bleues) du Tableau 5 reprennent les statistiques régionales et les seuils de vigilance et d'intervention de cet AGW du 7/10/2010.

4.3.5 Discussion et interprétation des résultats d'analyses des eaux souterraines

A. Comparaison interlaboratoire

Le Tableau 5 reprend tous les résultats de la campagne de février 2010 (ISSeP et Malvoz) ce qui permet une comparaison inter laboratoire. La corrélation entre les résultats des deux labos est très bonne dans l'ensemble. On peut observer une très légère divergence dans le cas des chlorures pour l'eau d'exhaure S1. Certains paramètres tels que le fer, le manganèse les sulfates, les cyanures et les substances eutrophisantes n'ont pas été analysés par Malvoz.

La bonne corrélation sur les doublons permet d'intégrer les résultats complets des autocontrôles précédents pour caractériser l'état des nappes (Annexe 4).

B. Comparaison par rapport aux valeurs normatives

Sur base des analyses réalisées dans le cadre de la campagne 'ISSeP', on recense certains dépassements de valeurs normatives qui sont détaillés ci-dessous.

Les **normes du Code de l'Eau**, non applicables sensu stricto à des eaux souterraines brutes mais indicatives du niveau à ne pas dépasser pour la potabilité de celles-ci, sont dépassées pour :

- Le fer dans tous les points de prélèvement ;
- Le manganèse aux P8, P7 et P6 ;

Aucun seuil de vigilance des futures conditions sectorielles n'est dépassé. La valeur de 3x la référence amont n'est dépassée que pour le manganèse dans les piézomètres 6, 7 et 8.

Aucune valeur seuil du décret sol n'est dépassée.

La nappe du Houiller est connue pour être particulièrement riche en fer et en manganèse, et pour présenter de très forte variabilité spatiale pour ces deux éléments. C'est la raison pour laquelle la Direction des Eaux souterraines n'en a pas publié les statistiques. Il est dès lors parfaitement logique d'observer quelques dépassements entre amont et aval et/ou des dépassements par rapport aux normes de potabilité du code de l'eau. Il s'agit d'un comportement naturel de la masse d'eau.

C. Évolution temporelle de la qualité des eaux souterraines

Le Tableau 6 présente les résultats des différentes campagnes de contrôle de l'ISSEP entre 2000 et 2010 pour P8, FD7, P SNCB, S2 et P6. Il confirme que les teneurs en fer et manganèse sont élevées (mais pas anormales pour l'aquifère) et variables dans le temps et l'espace.

L'Annexe 4 reprend les résultats des autocontrôles réalisés par le laboratoire Malvoz, d'octobre 2002 à octobre 2010 sous forme de graphes illustrant l'évolution des concentrations :

- en métaux dans tous les piézomètres ;
- pour les autres paramètres principaux dans le P8 (le plus proche du C.E.T.) uniquement.

Les certificats d'analyses d'où proviennent ces graphiques, trop volumineux pour être intégrés tels quels au présent rapport, peuvent être obtenus sur demande auprès de l'ISSEP (ou DPC). Seule la courbe évolutive des chlorures a été jugée suffisamment intéressante pour être intégrée au rapport. Elle est présentée à la Figure 9.

L'examen des graphes permet de faire les constats suivants :

- Dans tous les piézomètres, les concentrations en métaux restent globalement très stables.
- Le piézomètre P8 foré en aval hydrogéologique du C.E.T., présente des teneurs légèrement plus élevées que les autres forages.
- Depuis 2004, une diminution significative du taux de chlorures est observée dans le P8 (voir Figure 9). Une contamination historique des chlorures dans ce piézomètre est très probable. Cela pourrait être une conséquence de l'ancienne décharge localisée sous le C.E.T. Cette contamination est toujours restée bien en-dessous des normes (code de l'eau et seuil de vigilance des conditions sectorielles) et, depuis 2008, la concentration n'a plus dépassé les 50 mg/l.

Chlorures dans les piézomètres (mg/l)

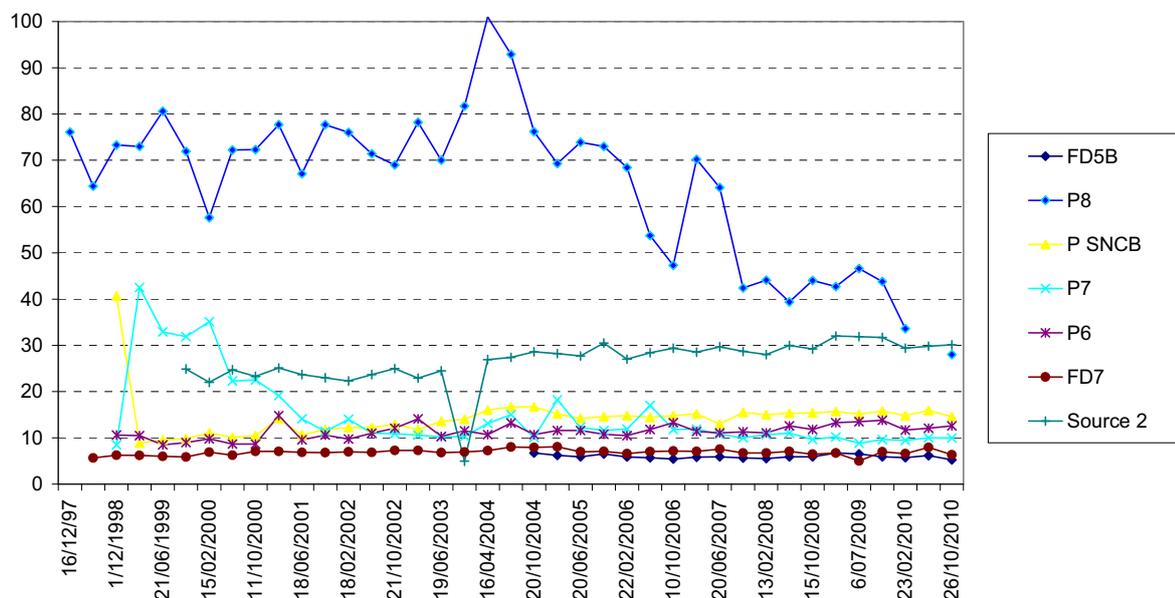


Figure 9 : Evolution des chlorures dans les piézomètres

D'une manière générale, les tableaux des autocontrôles de l'exploitant permettent d'affirmer que la situation environnementale dans l'eau souterraine au droit du site n'est pas préoccupante. Les concentrations des principaux traceurs de pollution par les percolats restent stables et à des niveaux très inférieurs aux seuils de vigilance.

5 PARTIM AIR

5.1 Émissions des installations

Cette partie de l'étude est systématiquement **sous-traitée à la cellule Emissions atmosphériques de l'ISSeP** (responsable François Idczak). Le rapport complet de cette campagne de mesures est fourni intégralement à l'Annexe 5. Les mesures ont été réalisées du 5 au 7 mai 2010.

5.1.1 Stratégie d'échantillonnage

Le C.E.T. d'Hallembaye est équipé de 3 moteurs à gaz et de 4 torchères dont la gestion est assurée par UVELIA. Les deux premiers moteurs, d'une puissance unitaire de 464 kW et de capacité de traitement de 268 Nm³/h de biogaz, ont été installés en 1995. Un troisième moteur plus puissant (1294kW) a été placé en 2003, permettant de valoriser à lui seul 670 Nm³ par heure.

Sur les 4 torchères installées sur site, deux seulement sont en état de fonctionnement. Leurs capacités de traitement varient entre 120 et 600 Nm³/h.

A l'heure actuelle, le moteur 1 est hors service et doit être démonté tandis que le moteur 2 est temporairement à l'arrêt. C'est donc le 3^{ème} moteur, plus performant, qui est opérationnel pour valoriser le biogaz produit par le C.E.T. (ou une partie de celui-ci). Les conditions requises pour assurer son fonctionnement optimal sont d'une part, que la teneur en méthane dans le biogaz soit supérieure à 50 % et d'autre part, que le débit de gaz soit d'environ 400 Nm³/h. Si l'un de ces deux critères n'est pas respecté, le moteur s'arrête et le biogaz est automatiquement envoyé vers une des deux torchères. Bien sûr, la valorisation est privilégiée sur la destruction.

En mode de fonctionnement normal, une torchère fonctionne presque en continu afin de brûler le biogaz plus pauvre en méthane pompé dans une des zones plus anciennes du C.E.T., la partie Hallembaye I.

Au moment de la campagne ISSeP, qui s'est déroulée début mai 2010, seul le moteur 3 fonctionnait. Ses émissions ont fait l'objet des différentes mesures habituellement réalisées et ce, durant trois jours. Une analyse du biogaz alimentant cette unité a complété le contrôle de l'ISSeP. Les torchères étant à l'arrêt durant cette période, aucune mesure n'a donc été effectuée sur ce type d'installation.

Dans le cadre du système de management environnemental, l'exploitant réalise à titre privé, des analyses semestrielles sur le biogaz capté et des analyses annuelles sur les fumées des unités de destruction/valorisation. Ces autocontrôles correspondent au protocole de surveillance des émissions atmosphériques imposé par les conditions sectorielles. L'ISSeP a pu disposer de ces résultats, du moins en partie.

5.1.2 Matériel et méthodes

Un conteneur laboratoire mobile a été installé à proximité du moteur. Ce conteneur, équipé de moniteurs ad hoc et de sondes d'échantillonnages spécifiques, permet d'analyser sur les fumées du moteur des paramètres tels que : le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de carbone (CO₂) par infrarouge, le monoxyde d'azote (NO) et les oxydes d'azote (NO_x) par chemiluminescence, le dioxyde de soufre (SO₂) par ultraviolet, les hydrocarbures totaux (C_xH_y) par ionisation de flamme, le méthane (CH₄) par infrarouge, l'oxygène (O₂) par paramagnétisme et le sulfure d'hydrogène (H₂S) par barbotage dans l'acétate de cadmium (sur site) et titrage (en laboratoire). Les mesures sont effectuées toutes les 6 secondes et moyennées toutes les minutes. Les composés organiques volatils (COV) sont adsorbés sur des tubes spécifiques de charbon actif (Carbotrap 300) et analysés ensuite par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC-MS).

Parallèlement, des mesures en continu sont effectuées sur le biogaz afin d'en déterminer les teneurs en CH₄ et CO₂ à l'aide d'un analyseur infrarouge, la teneur en O₂ par paramagnétisme et

le H₂S par barbotage à l'acétate de cadmium. Les COV sont adsorbés sur des tubes spécifiques de charbon actif et analysés au laboratoire pour y être dosés par GC-MS.

Afin d'obtenir une bonne représentativité du fonctionnement des installations, il est recommandé que chaque unité fasse l'objet de 3 journées de mesures durant au moins ½ heure en continu. Cet objectif a été largement rencontré au cours de cette campagne : la durée de mesures en continu a atteint 3 voire 4 heures, soit 6 à 8 fois la durée minimale recommandée.

5.1.3 Normes de référence

L'Arrêté de la Députation permanente du 21 décembre 1995, modifié par le permis d'environnement du 10 décembre 2009, autorise l'exploitation des moteurs et ce jusqu'au 06 octobre 2024.

Ces permis d'exploiter énoncent des normes relatives aux fumées rejetées par les moteurs. Elles correspondent aux valeurs maximales autorisées dans les conditions sectorielles (AGW du 27 février 2003 fixant les conditions sectorielles d'exploitation des C.E.T., modifié par l'AGW du 07 octobre 2010).

Ces effluents gazeux rejetés à l'atmosphère ne peuvent dépasser les valeurs suivantes :

- Poussières : 20 mg/Nm³
- Oxydes d'azote (NO_x) : 500 mg/Nm³ (exprimés en NO₂)
- Monoxyde de carbone (CO) : 650 mg/Nm³
- Composés organiques volatils (COV) : 150 mg/Nm³ (exprimés en C_{tot} hors CH₄)
- Dioxyde de soufre (SO₂) : 200 mg/Nm³

Les mesures sont rapportées aux conditions suivantes :

- pression de 1013 hPa,
- température de 273K
- sur gaz sec.
- teneur en O₂ de 5 % en cas de combustion
- teneur en O₂ de 21 % en l'absence de combustion

Contrôles

D'après le permis d'environnement 2009 :

- Les modalités de surveillance des installations de traitements et de valorisation du biogaz sont précisées dans les conditions sectorielles ;
- Les modalités de la norme COV des moteurs valorisant le biogaz sont laissées à l'appréciation du fonctionnaire chargé de la surveillance.

Les impositions relatives aux prélèvements et analyses prévues dans les conditions sectorielles d'exploitation des C.E.T. sont d'application et sont précisées dans les conditions particulières relatives à la gestion de la qualité de l'air du permis du 10/12/2009, à savoir :

- **Prélèvements annuels des fumées de combustion**, en vue des analyses qualitatives et semi-quantitatives de tous les organiques détectés et des analyses quantitatives pour le benzène, le toluène, le chlorure de vinyle, ainsi que les CO, O₂, N₂, CO₂, NO_x et SO₂.
- **Prélèvements semestriels du biogaz** en amont des installations de traitement, en vue des analyses quantitatives de CH₄, CO₂, O₂, N₂, H₂, H₂S, benzène, toluène, xylènes, chlorure de vinyle et des analyses qualitatives et semi-quantitatives des composés organiques et dérivés organométalliques, organo-soufrés, -azotés, -halogénés, -chlorés. La teneur en soufre, calculée sur H₂S et les composés soufrés, ne peut excéder 50 ppm. De plus, une fois par an l'exploitant fera procéder à un screening GC-MS de la totalité des composés organiques présents (jusqu'aux traces). Les pics seront identifiés et feront l'objet d'un dosage semi-quantitatif.

5.1.4 Résultats

Le rapport de la cellule "Emissions atmosphériques" de l'ISSeP, présentant tous les résultats d'analyses sur les biogaz et les fumées du moteur, est repris en Annexe 5 (rapport ISSeP n°6198/2010). Suite à plusieurs demandes adressées à l'exploitant, les résultats des autocontrôles relatifs aux analyses semestrielles sur le biogaz et annuelles sur les moteurs ont finalement été communiqués à l'ISSeP.

A. Résultats des analyses du biogaz

Données ISSeP

Le biogaz a été prélevé juste à l'entrée du moteur, après le traitement épuratoire qui consiste en une filtration des poussières, une surpression, une déshumidification et une filtration finale sur charbon actif.

Le Tableau 7 ci-dessous reprend les résultats d'analyses des composés majeurs du biogaz réalisées par l'ISSeP durant la campagne de contrôle les 5, 6 et 7 mai 2010. Il permet également la comparaison des résultats obtenus en 2010 à ceux de 2006 et aux statistiques établies en 2010 pour les C.E.T. du réseau valorisant le biogaz (voir rapport ISSeP 1242/2011 " Rapport annuel sur la qualité de l'air autour des C.E.T., deuxième édition : 2010 "[4.9]).

Tableau 7 : Composition du biogaz – composés majeurs (mesures ISSeP)

	5 mai 2010 11h14→15h17	6 mai 2010 09h39→13h14	7 mai 2010 09h39→13h23	Moyenne campagne 2010	Moyenne campagne 2006	Moyenne réseau
O ₂ moyen (%)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	1,2
CO ₂ moyen (%)	38,5	38,5	38,7	38,6	39,9	35
CH ₄ moyen (%)	49,2	49,7	49,6	49,5	51	48,5
H ₂ S (mg/Nm ³) *	0,02	0,01	0,0155	0,0151	753	146

Valeurs rapportées à 273 K, 1013 hPa sur gaz sec. * 2 mesures/jour correspondant à 2 périodes de prélèvement.

Le Tableau 8 ci-dessous reprend les résultats d'analyses des composés organiques volatils dans ce biogaz réalisées par l'ISSeP durant la campagne de contrôle. Il permet également la comparaison des résultats obtenus lors de la dernière campagne aux statistiques établies en 2010 pour les C.E.T. du réseau valorisant du biogaz.

Tableau 8: Composition du biogaz – Composés Organiques Volatils (COV en µg/Nm³)
(mesures ISSeP)

	5 mai 2010		6 mai 2010		7 mai 2010		Moyenne	
	14h04-14h09	15h06-15h11	10h20-10h25	12h30-12h35	10h37-10h42	11h50-11h55	campagne 2010	réseau
Butane	20710	20367	20865	21339	19597	21351	20705	
2-méthylbutane	11977	10175	12289	13419	10190	9916	11328	
Pentane	7457	7814	7691	7728	6844	14972	8751	
2-méthylpentane	967	2826	2886	1038	3116	3506	2390	
3-méthylpentane	632	1331	1457	1473	1569	1640	1350	
2,2,4-triméthylpentane	70	100	94	104	120	175	111	
Hexane	178	261	260	240	274	340	259	
Heptane	686	911	952	965	1195	1480	1032	
Octane	5,9	8,9	11	10	16	20	12	
Σ ALCANES	42683	43794	46505	46316	42921	53400	45938	32695
1-butène	1219	1226	1298	1319	1165	1518	1291	
1,3-butadiène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Trans-butène	13355	14191	13765	13714	13004	14991	13837	
Cis-2-butène	216	180	242	<0,1	<0,1	267	151	
1-pentène	210	296	312	311	228	656	336	
2-pentène	119	256	109	70	70	166	132	
2-méthyl-1,3-butadiène	585	1395	566	484	448	1404	814	
cis-2-pentène	52	139	73	44	39	98	74	
2-méthyl-2-butène	983	2782	1045	1025	869	1008	1285	
1-hexène	93	145	155	128	133	166	137	
Σ ALCENES	16832	20610	17565	17095	15956	20274	18057	11402
Benzène	2112	2337	2635	1860	3063	3570	2596	2728
Toluène	27	30	56	49	140	206	85	
Ethylbenzène	1,8	1,6	2,3	2	1,6	2,3	2	
p+m-xylènes	2,5	2,3	3,1	2,7	2,1	3,1	3	
o-xylène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
BTEX	2143	2371	2696	1914	3207	3781	2686	46138
1,1,1-trichloroéthane	18	55	35	17	19	36	30	
1,2-dichloroéthane	4871	5663	4945	5114	4477	5331	5067	
Trichoroéthylène	353	507	469	473	475	601	480	
Tétrachoroéthylène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Dichlorométhane	926	2341	2318	977	2244	2669	1913	
Chlorure de vinyle	611	645	581	609	614	657	620	923
Σ CHLORES	6779	9211	8348	7190	7829	9294	8110	4278

Valeurs rapportées à 273 K, 101,3 kPa et 5 % d'O₂ sur gaz sec sauf *. ** Exprimé en NO₂

Données de l'exploitant

Les résultats des analyses de biogaz réalisées par DCMS pour le compte de l'exploitant entre 2009 et 2011 sont fournis en intégralité à l'Annexe 6. Les analyses de biogaz traité (après filtration sur filtre à charbon actif) ont été réalisées aux dates suivantes :

- En 2009 : le 11/08, le 20/08 et le 22/10.
- En 2010 : le 20/05, le 24/09 et le 02/02.

Le débit moyen du biogaz estimé entre août 2009 et février 2011 est de 462 Nm³/h. Durant cette période, des pics de production ont atteint 518 Nm³/h (mesures du 22/10/2009) tandis que les minimums ont atteint 382 Nm³/h (mesures du 2/12/2009).

B. Résultats des analyses des fumées du moteur 3

Données de l'ISSeP

Les résultats des analyses de fumées du moteur 3, réalisées par l'ISSeP durant les trois journées de mesures, sont présentés dans le Tableau 9 ci-dessous. Ceux-ci sont comparés aux normes de référence fixées par le permis d'exploiter de même qu'aux statistiques établies pour les moteurs des C.E.T. du réseau valorisant le biogaz. Les dépassements de normes sont inscrits en rouge.

Tableau 9 : Fumées du moteur 3 – composés majeurs (ISSeP)

	5 mai 2010 10h34- 17h37	6 mai 2010 10h24- 13h32	7 mai 2010 09h59 - 13h23	Moyenne campagne 2010	Moyenne campagne 2006	Normes de référence	Moyenne réseau
Température moyenne (°C)						-	-
O ₂ (% v/v.sec)*	8,4	8,0	8,0	8,1	6,6	-	6,6
CO ₂ (% v/v.sec)*	10,9	11,2	11,1	11,1	12,5	-	12,4
NO (mg/Nm ³ .sec)	349	321	327	332,3	503	-	181,9
NO _x (mg/Nm ³ .sec)**	667	-	628	647,5	931	500	405,3
CO (mg/Nm ³ .sec)	667	662	665	664,7	749	650	662,4
SO ₂ (mg/Nm ³ .sec)	29	29	29	29,0	146	200	56,4
Hydrocarbures totaux (mg C/Nm ³ .sec)	825	686	692	734,3		-	702,4
Hydrocarbures méthaniques (mg C/Nm ³ .sec)	624	515	531	556,7		-	-
COV (mg C/Nm ³ .sec)	201	171	161	177,7		150	-
Valeurs rapportées à 273 K, 1.013 hPa et 5 % d'O ₂ sur gaz sec sauf * . ** Exprimé en NO ₂							

Suite à certains problèmes d'ordre technique, les données collectées pour les analyses des COV contenus dans les fumées des moteurs n'ont pu être exploitées par l'ISSeP.

Données de l'exploitant

Les documents relatifs aux résultats des autocontrôles réalisés par l'exploitant sur le moteur 3 et transmis à l'ISSeP sont fournis en Annexe 6. Le tableau ci-dessous présente les mesures en date du 29/04/2009 (mesure ponctuelle) et du 11/09/2009 (mesures en continu pendant 11minutes). Il s'agit de mesures réalisées avec l'appareil TESTO par le fournisseur du moteur (DEUTZ) Il semble que le moteur n'ait fait l'objet d'aucun contrôle 2010 (ni en 2011). La fréquence annuelle imposée par les conditions sectorielles n'est pas respectée.

Tableau 10 : Synthèse des résultats des autocontrôles des fumées du moteur 3 (TESTO)

	29 avril 2009 16h47	11 novembre 2009 10h09-10h20 valeurs moyennes	Normes de référence	Moyenne réseau
Température (°C)	445	467,9		
O ₂ (%)	7,4	6,4	-	6,6
CO ₂ (%)	7,71	-	-	12,4
NO (mg/m ³)		419,1	-	181,9
NO _x (mg/m ³)	560	-	500	405,3
CO (mg/m ³)	549	567,8	650	662,4
Pabs (mbar)	1013	-		
Lambda *	1,54	1,44		

Un seul dépassement de norme est observé pour le NO_x en 2009. Il faut toutefois préciser que tous les paramètres normés n'ont pas été analysés (poussières et COV). L'exploitant a également fourni des informations sur les heures de fonctionnement du moteur 3. Pour l'année 2010, celui-ci était en moyenne à l'arrêt 8% du temps (moyenne mensuelle) ce qui correspond à 55h/mois

D'après l'exploitant, le moteur 3 (de marque DEUTZ) actuellement en place a largement dépassé les 53.000 heures de fonctionnement et aura 10 ans dans le courant de l'année 2012. Ce moteur continue à être maintenu en état de fonctionnement et à subir les réparations de maintenance de base. Toutefois, bien que le dernier entretien ait été réalisé le 30/04/10 (quelques jours avant la campagne de l'ISSeP), des dépassements de normes ont été constatés (voir Tableau 9) L'exploitant prévoit de remplacer prochainement ce moteur par deux nouveaux moteurs de même type mais de plus petite cylindrée. Ces 2 nouveaux moteurs répondront en principe plus facilement aux normes de rejet des fumées. De plus, ils permettront plus de flexibilité qu'un seul moteur de puissance plus élevée. La plage de fonctionnement sera plus variée et la rentabilité économique se verra améliorée. Ces deux nouveaux moteurs devraient être installés en 2012.

L'Annexe 6 reprend le détail des horaires de fonctionnement des 3 moteurs et des 2 torchères ainsi que les heures d'arrêt et les causes de ces arrêts pour l'année 2010.

5.1.5 Evolution temporelle

A. Biogaz

Le Tableau 11 ci-dessous reprend l'évolution temporelle de la qualité du biogaz au cours de quatre campagnes menées par l'ISSeP pour les éléments majeurs.

Tableau 11 : Analyse du biogaz, évolution de la qualité du biogaz durant les campagnes ISSeP

Campagne	Sept 1999	Avril 2002	Juin 2006	Mai 2010
O ₂ (%)	0,33	1,1	0,1	<0,1
CO ₂ (%)	35,6	39,1	39,9	38,6
CH ₄ (%)	52,6	52	51	49,5
H ₂ S (ppm vol. sec)	175	105	753	0,015

Au cours du temps, on constate une très légère diminution des proportions en O₂, CO₂ et CH₄. Le pourcentage en H₂S a littéralement chuté, cela est la conséquence directe de l'installation de filtres à charbon actif pour épurer le biogaz en amont du moteur.

B. Moteurs

Au cours des différentes campagnes menées sur le C.E.T., les trois moteurs ont fait l'objet de mesures ponctuelles. Un aperçu des résultats est présenté dans le Tableau 12. Pour des raisons techniques et/ou pratiques, tous les paramètres n'ont pas fait l'objet de mesures répétitives au cours des campagnes de contrôle.

Tableau 12 : Résultats des analyses réalisées sur les différents moteurs du C.E.T.
(mesures ISSeP et exploitant en 2009)

Moteur Année	MOTEUR 2 1999	MOTEUR 1 2002	MOTEUR 2 2006	MOTEUR 3 2006	MOTEUR 3 2009	MOTEUR 3 2010	Norme
O ₂ (% v/v.sec) (*)	7,4	6,9	6,9	6,6	6,9	8,1	-
CO ₂ (% v/v.sec) (*)	11,2	11,6	12,3	12,5	7,71	11,1	-
NO (mg/Nm ³ .sec)	126	134	110	503	419,1	332,3	-
NO _x (mg/Nm ³ .sec)	-	319	305	931	560	647,5	500
CO (mg/Nm ³ .sec)	863	840	575	749	558,4	664,7	650
SO ₂ (mg/Nm ³ .sec)	-	62	190	146	-	29,0	-
CxHy (mg C/Nm ³ .sec)	-	980	-	-	-	-	-
Poussières (mg/Nm ³ .sec)	-	5	-	-	-	-	100

Valeurs exprimées en mg/Nm³ rapportées à 273 K, 101,3 kPa et 5 % d'O₂ sur gaz sec (sauf (*))

Vu le peu de données disponibles, seule une comparaison entre résultats des mesures réalisées sur le moteur 3 pendant les campagnes de 2006, 2009 et de 2010 a été considérée dans ce chapitre.

5.1.6 Discussion et interprétation

A. Composition du biogaz

La composition du biogaz a peu varié au cours des trois journées de mesures de mai 2010 ; en moyenne (exception faite pour le H₂S), elle s'inscrit dans celle observée pour l'ensemble des biogaz du réseau de contrôle.

La composition actuelle du biogaz produit par le C.E.T. d'Hallembaye est représentative de l'ensemble du site : le biogaz provient partiellement de la partie réhabilitée et partiellement de la zone en exploitation.

Les moyens mis en œuvre par Intradel pour la gestion du biogaz permettent de gérer les arrivées de gaz des différents secteurs de manière à fournir un biogaz de composition et de débit très stables aux unités de valorisation. C'est le « dosage » entre le biogaz plus pauvre et le biogaz riche qui permet notamment cette stabilité, facilitant les réglages des moteurs.

Les composés majeurs

La concentration moyenne en méthane est de 49,5 %, ce qui assure un fonctionnement correct de l'unité de valorisation. Cette concentration varie très peu au cours des mesures tout comme la teneur en CO₂. Les teneurs mesurées pour l'oxygène sont faibles et proches de la limite de détection. Par rapport à la campagne de 2006, une diminution très nette de la concentration en H₂S est observée (de 753 mg/Nm³ à <1 mg/Nm³). Cela est vraisemblablement imputable à la mise en place d'une unité d'épuration du biogaz (filtre à charbon actif depuis 2009). Ne disposant pas des teneurs en H₂S dans le biogaz brut (avant épuration), il est difficile d'évaluer l'abattement de ce polluant dans le biogaz.

Les Composés Organiques Volatils (COV)

Les COV n'ayant pas été analysés lors de la campagne 2006, les résultats des analyses obtenus en 2010 sont mis en comparaison avec la moyenne du réseau.

Par rapport à cette moyenne, on constate que :

- les teneurs en alcanes et en alcènes sont 1,5 x plus élevées dans le biogaz produit à Hallembaye ;
- les teneurs des composés chlorés sont 2 x plus élevées dans le biogaz produit à Hallembaye;
- Les teneurs en BTEX sont environ 20 x moins élevées (vraisemblablement dû à un abattement efficace des BTEX sur le charbon actif) dans le biogaz produit à Hallembaye.

B. Evolution temporelle de la composition du biogaz

A l'exception de l'H₂S, la qualité du biogaz demeure très constante au cours du temps. En effet, les différentes concentrations en méthane mesurées au cours des quatre campagnes de contrôle montrent une teneur qui oscille entre 49 et 52 %. Les résultats issus de 1999 sont représentatifs d'Hallembaye 1 dont l'exploitation était finie et les travaux de réhabilitation en cours. Par la suite, le biogaz analysé est celui résultant du mélange de gaz tirés tant de la zone réhabilitée (Hallembaye 1) que de la zone en exploitation (Hallembaye 2).

C. Composition des fumées du moteur 3

Globalement, la composition des fumées a peu varié au cours des trois journées de mesures de mai. Les différences les plus notoires sont observées pour les paramètres tels que les hydrocarbures totaux et les hydrocarbures méthaniques.

Les résultats des analyses sur le moteur 3 (Tableau 12) montrent des valeurs relativement élevées : on constate des dépassements de la norme en NO_x, fixée à 500 mg/Nm³, pour les 2

jours de mesures (pas de résultats pour une journée). Il en est de même pour le monoxyde de carbone. Le dépassement est toutefois moins important : les valeurs mesurées fluctuent autour des 665 mg/Nm³sec alors que la valeur normative est de 650 mg/Nm³sec. En ce qui concerne les COV, un dépassement est également observé avec une valeur moyenne de 177,7 mg/Nm³sec au lieu des 150 mg/Nm³sec imposés.

A l'exception du CO et du SO₂, les concentrations de tous les paramètres majeurs sont supérieures aux valeurs moyennes mesurées dans le cadre du Réseau de contrôle.

D. Evolution temporelle de la composition des fumées du moteur 3

Globalement, on constate qu'entre les 2 dernières campagnes de contrôle sur le moteur 3, toutes les concentrations, à l'exception de celle en oxygène, ont diminué. Cette diminution est particulièrement marquée pour le SO₂, ce qui est logique vu l'abattement du soufre sur charbon actif réalisé avant l'entrée du biogaz dans le moteur. Au Tableau 12, on constate que, quel que soit le moteur, le CO est le seul composé qui pose un problème récurrent. **Le moteur 3, actuellement le seul utilisé en continu, ne satisfait pas à la norme du permis, pas plus d'ailleurs que pour les NOx et les COV.**

Malgré le dernier entretien du moteur réalisé le 30/04/2010, quelques jours avant la venue de l'ISSeP en mai 2010, force est de constater que le moteur 3 ne fonctionnait pas de manière optimale lors de la campagne. Celle-ci a mis en évidence **3 dépassements de normes sur les 4 imposés.**

5.2 Mesures des émissions surfaciques et estimation des flux

5.2.1 Contexte

La campagne de contrôle sur le C.E.T. de Hallembaye constitue la deuxième mise en pratique d'une méthodologie d'estimation des flux annuels globaux (Kidova / Ephesia-Consult^[7,2]) sur base des mesures de concentration et de flux. Il s'agit d'une méthodologie de traitement statistique et géostatistique des données, permettant d'interpoler les mesures de concentration et de flux et de fournir en tout point de la surface émissive une appréciation (robustesse) de l'estimation. Elle a été développée par l'ISSeP en partenariat avec des experts en matière de mesure et de quantification des flux, l'INERIS (Institut National de l'Environnement industriel et des RISques), et en matière de géostatistiques, Kidova / Ephesia-Consult (anciennement FSS International r&d).

La stratégie appliquée pour la campagne, inspirée de celle utilisée par l'UK-EA^[7,3], se déroule en trois phases successives et complémentaires qui sont décrites dans la fiche technique *C.E.T.-air02-méthodes*^[5,1] :

- Phase I : Préparation de la campagne.
- Phase II : Reconnaissance qualitative au FID portable.
- Phase III : Cartographie des flux.

Le rapport de prélèvement relatif aux mesures de concentrations et de flux effectuées sur le C.E.T. d'Hallembaye du 20 au 27 avril et du 3 au 11 mai est donné en Annexe 11.

5.2.2 Phase I : Préparation de la campagne

A. Données historiques – campagnes précédentes

Les données historiques en possession de l'ISSeP avant la réalisation de la campagne étaient :

- Le découpage du C.E.T. en secteurs représentatifs des phases successives d'exploitation ;
- Les zones B et B1 mâchefers considérées comme non émissives suites aux interprétations successives des résultats des précédentes campagnes de contrôle réalisées ;
- Les zones de faiblesse antérieures dans la couverture, matérialisées par les contours des zones de dégazage (> 500 ppm) déterminées lors de la campagne 2006 de mesures des émissions surfaciques (voir Figure 10).

Campagne 1999 (Plan 7)

Cette première campagne a été réalisée exclusivement sur Hallembaye 1 dont l'exploitation venait de se terminer. La phase de réhabilitation était déjà bien avancée, la pose de la couverture provisoire étant pratiquement finalisée au moment des mesures.

L'échantillonnage s'est déroulé selon un maillage carré théorique de 20 m de côté. Autour de chaque point d'intersection de la maille (dans un rayon d'un à deux mètres), trois à quatre mesures ponctuelles ont été réalisées avec le FID. C'est leur moyenne qui a été considérée comme représentative du dégazage ponctuel.

Campagne de mars 2002 (Plan 8)

L'ensemble des mesures réalisées lors de cette campagne ont porté sur les zones Hallembaye 1 et Hallembaye 2. Les mesures ont à nouveau été effectuées selon un maillage carré de 20 m de côté. A chaque nœud, quatre mesures ponctuelles ont été enregistrées. De manière similaire, c'est une moyenne des teneurs qui a été utilisée pour réaliser les interpolations.

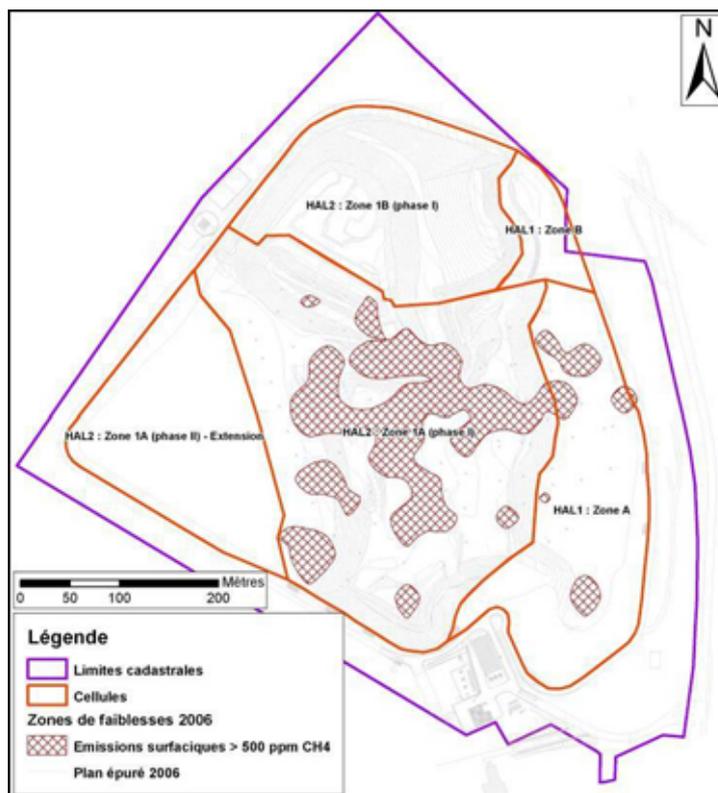


Figure 10 : Plan du site et zones de faiblesses 2006.

Campagne d'août 2006 (Plan 9)

A l'instar de la campagne de 2002, les mesures ont été réalisées sur les zones Hallembaye 1 et Hallembaye 2. Au fur et à mesure des campagnes, les zones de dégazage sont connues avec plus de précision. C'est pourquoi, en 2006, une nouvelle méthodologie de terrain a été adoptée :

- Le quadrillage régulier et prédéfini a été abandonné au profit d'un maillage homogène mais moins régulier, réalisé directement sur le terrain grâce au GPS.
- Sur la partie réhabilitée, un espacement moyen de 25 m entre les points (soit moins dense qu'initialement) a été observé.
- Sur la zone exploitée, les talus raides et autres zones sensibles, le maillage était au contraire densifié : prises de mesures plus ou moins tous les 5 mètres avec une concentration des mesures là où un dégazage conséquent était constaté, de manière à délimiter le plus précisément possible les zones sensibles.
- Des mesures systématiques ont été effectuées au droit des puits de gaz.
- Chaque mesure FID était accompagnée d'une mesure GPS.

L'ensemble de ces différentes mesures a permis d'établir une image continue, sur l'ensemble du site (partie réhabilitée et partie en exploitation), de l'importance du dégazage et d'en localiser les zones caractéristiques.

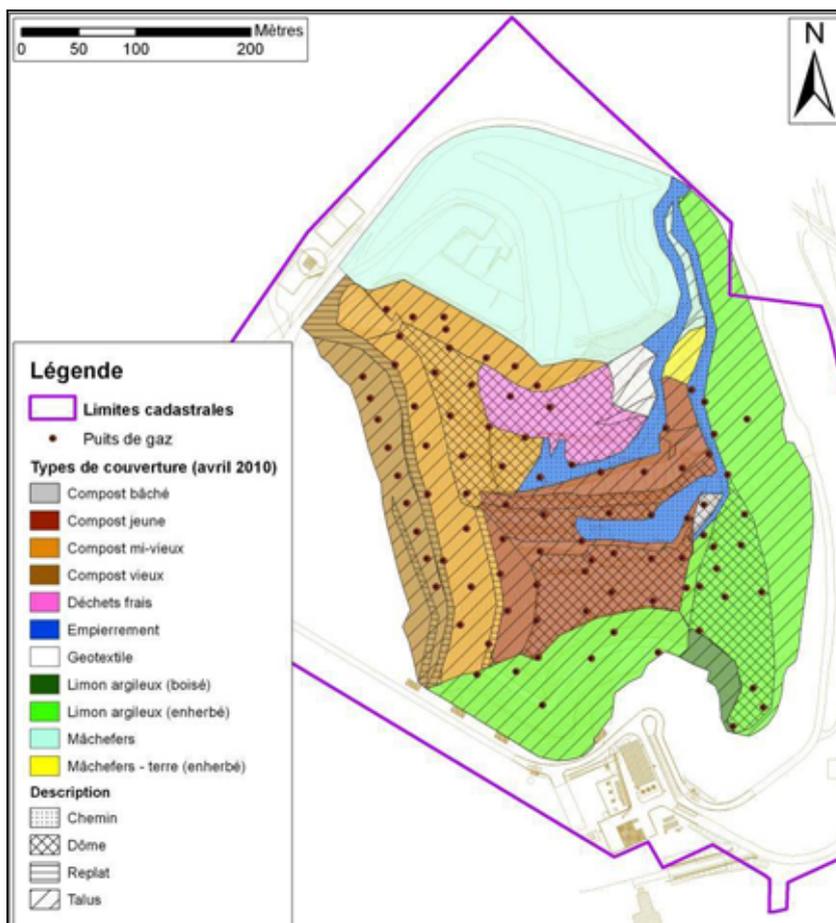


Figure 11 : Localisation des puits de gaz et des différentes zones établies en fonction du type de couverture.

B. Données récoltées dans le cadre de la campagne 2010

La plupart des puits de gaz ont été géoréférencés et une mesure systématique a été effectuée au droit de ceux-ci.

Plusieurs zones distinctes, reprises sur la Figure 11, supposées cohérentes avec la délimitation en secteurs d'exploitation du site, sont caractérisées par leurs types de couverture et leurs configurations :

- La zone d'exploitation recouverte de déchets frais, en rose ;
- Les couvertures en compost (jeune, mi-vieux et vieux) à l'ouest et au centre du C.E.T. figurés par des nuances de brun ;
- Les chemins d'accès empierrés, indiqués en bleu ;
- En blanc, les talus à l'est de la zone d'Hallembaye 1, recouverts de géotextile et sur lesquels viendront s'appuyer les déchets d'Hallembaye 2 ;
- En vert, les zones (provisoirement) réhabilitées, recouvertes de terres et ensemencées, voire boisées ;
- La zone accueillant des mâchefers (nord du C.E.T.) en bleu ciel.
- Les aspects topographiques (plateau/dôme, talus) différenciés par différents type de hachures ;

Ces caractéristiques serviront à la délimitation ultérieure des zones d'émission (voir §5.2.4).

5.2.3 Phase II : reconnaissance qualitative

L'objectif de la première phase de mesure proprement dite est d'obtenir une image rapide et globale des émissions de biogaz sur l'ensemble du C.E.T. au moyen de la "méthode d'évaluation qualitative" décrite en détail dans la fiche *C.E.T.-air02-méthodes* du dossier technique des C.E.T. [5.1] 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 de l'amélioration des appareillages à disposition de l'Institut. Des articles ont d'ailleurs été publiés par l'ISSeP à ce sujet [6.1], [6.2], [6.8]. Retenons le fait que, lors de cette phase de reconnaissance, ce sont de simples mesures de concentrations en méthane et CO₂ à la surface émissive qui sont utilisées.

A. Stratégie d'échantillonnage et appareillage

En 2010, en plus des mesures de concentration en méthane réalisées au FID portatif (Portafid M3K-Sewerin), des mesures complémentaires (concentrations en CO₂ et concentrations élevées en méthane) ont été effectuées au moyen d'un analyseur infrarouge (Ecoprobe-RS Dynamics)

Les deux appareils sont reliés (via une bifurcation en Y) à la même canne-cloche de prélèvement, ce qui permet des mesures simultanées. La valeur prise en compte pour le FID est la valeur maximale atteinte durant la période de mesure (intégration) de l'analyseur IR. Cette valeur FID est notée dans le carnet de terrain (le Portafid ne possède pas de mémoire interne) tandis que les valeurs mesurées par l'Ecoprobe (CH₄, CO₂ et hydrocarbures totaux (ou "TP")) sont enregistrées dans la mémoire de l'appareil.

De plus amples informations sur ces appareils sont fournies dans la fiche technique *CET-air02-méthodes*, disponible sur le site internet du Réseau de contrôle des C.E.T. (<http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/index.htm>).

Les points de mesure sont implantés à l'aide du GPS, de manière aléatoire mais en respectant une maille d'environ 30 m sur la zone réhabilitée et 15 à 20 m ailleurs. Le maillage est encore renforcé à environ 10 mètres en bordure de site, 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 maximale (espacement entre les points d'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 à fortes émissions.

Une mesure est également prise à proximité immédiate de chaque puits de gaz (à la surface du sol le long des tubages). Ces valeurs particulières ne sont toutefois pas prises en compte pour la réalisation des cartes d'émissions.

B. 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 vérifiée. Les résultats, **exprimés en concentration**, sont alors traités par une méthode géostatistique appelée "krigeage linéaire" (fiche *C.E.T.-air02-méthodes* du dossier technique [5.1]).

L'utilité principale des cartes est d'**identifier** et de **localiser** les **zones à plus fort dégazage**. Le but final est :

- d'une part de guider l'exploitant vers d'éventuelles modifications de couverture sur les zones réhabilitées ou implantations de puits supplémentaires de dégazage en zones réhabilitées ou exploitées
- d'autre part de guider la stratégie d'échantillonnage de mesures des flux (délimitation des zones d'émissions).

Les courbes d'isoconcentration en méthane sont tracées à 100 ppm, 500 ppm, 1.000 ppm et 10.000 ppm et celles en CO₂ sont tracées à 1.150 ppm, 2.000 ppm, 3.000 ppm et 10.000 ppm.

Au final, on obtient des zones émissives, considérées comme homogènes, à partir desquelles est élaboré le plan d'échantillonnage prévisionnel de la Phase III (voir §5.2.4).

C. Réalisation de la campagne de mesures

La campagne de reconnaissance qualitative des émissions de biogaz a été menée sur l'ensemble du C.E.T., y compris certaines zones accessibles de la zone d'exploitation, sur une période allant du 20 au 27 avril 2010. Plus précisément, des mesures ont été effectuées les 20, 21, 22, 23, 26 et 27 avril 2010. Au total, 1.292 points (auxquels il faut ajouter 83 mesures à proximité d'un puits de gaz) ont fait l'objet de 3 mesures chacun : une mesure FID (CH₄), une mesure Ecoprobe (CH₄, CO₂, TP) et une mesure GPS. Le Plan 10 positionne tous ces points de mesure.

Une station météorologique a été installée sur le site par l'ISSeP. Toutefois, suite à des problèmes techniques, les données n'ont pu être enregistrées. Pour la période correspondant à la campagne de mesures, les données météorologiques ont donc été importées de la station météo de Mortroux (<http://www.meteobelgique.be/> - voir le rapport de prélèvement en Annexe 11)

Les mesures ont été réalisées par temps globalement sec et ensoleillé. La pression atmosphérique a été variable, successivement en hausse puis en baisse avant de se stabiliser en fin de la campagne. La température est restée relativement stable durant chaque journée de mesures de notre travail, comprise entre 6,1°C et 10,7°C (le midi). La vitesse du vent est restée constante au cours de la campagne et sa direction est restée de secteur nord.

Les variations de pression pourraient avoir une influence sur les flux. A ce stade, l'importance de ces effets n'est pas connue. La campagne a été réalisée dans des conditions météorologiques "aussi stables que possible".

Le rapport de prélèvement (Annexe 11) présente de manière plus détaillée le déroulement de la campagne.

D. Résultats de la campagne 2010

Les résultats de la campagne 2010 de mesures des émissions surfaciques sont repris sur le Plan 10, présentant également des photos des zones d'émissions caractéristiques pour le méthane, les zones y sont numérotées de A à N. Tous les points de mesures y sont également représentés avec un sigle de type et/ou de taille fonction de la valeur mesurée. Les concentrations supérieures à 10.000 ppm sont inscrites à l'endroit où elles ont été mesurées. Le Plan 11 visualise, en plus des contours des zones de dégazage, les volumes de biogaz extraits des différents puits (valeurs instantanées mesurées le 31 mai 2010 par l'exploitant) ainsi que leur état (riche, en test, à tester, fermé). Les valeurs particulières résultant des mesures effectuées par l'ISSeP à proximité immédiate des puits y sont également inscrites, à l'endroit d'où elles proviennent.

Découpage

Pour faciliter les explications et interprétations, les zones de dégazages sont décrites, en fonction de l'endroit où elles sont détectées, comme suit :

- Dégazages détectés sur les parties réhabilitées du tumulus Hallembaye 1 (flanc est et sommet du dôme) nommé "**secteur réhabilité**" dans la suite ;
- Dégazages détectés sur la zone de recouvrement entre Hallembaye 1 et Hallembaye 2, nommé "**secteur de recouvrement**", sous lequel on rencontre l'ancien talus ouest du tumulus "Hal 1" recouvert ensuite par des déchets plus récents de "Hal 2" ;
- Dégazages détectés au droit de Hal 2 proprement dit, nommé "**secteur en exploitation**", soit sur ses flancs sud et ouest, soit sur le plateau actuel, en cours d'élévation progressive.

Concentrations en méthane sur le secteur réhabilité (Hallembaye 1)

Globalement, les mesures réalisées montrent de très faibles valeurs sur l'ensemble du secteur réhabilité. Trois zones de dégazage y sont cependant détectées :

- La zone K sur le Plan 10 est localisée au nord du secteur, sur la partie sommitale du dôme réhabilité. Elle se situe approximativement à l'endroit de la jonction entre le casier mâchefer et le casier organique de HAL1. Il est probable que cette jonction soit le siège de remontées

préférentielles de biogaz. Apparemment, l'intensité du dégazage à cet endroit semble s'être accentuée depuis 2006 (voir le Plan 9). A l'époque, l'ISSeP y avait également mesuré des fuites mais les concentrations y étaient plus limitées. Il n'y a pas de puits dans la zone qui pourrait limiter ces fuites.

- La zone H sur le Plan 10 se situe non loin de l'extrémité sud du dôme, et se poursuit le long du talus est. Elle est un peu plus étendue que la première. Sous cette partie sud de HAL1, se trouve l'ancienne décharge communale. Il est cependant difficile d'y voir une relation de cause à effet. Peut-être ces anciens déchets en discontinuité avec le C.E.T. qui les surmonte sont-ils moins bien dégazés par les puits installés par après? En 2006, un dégazage important était également détecté à cet endroit mais la zone était moins étendue avec son centre décalé vers le sud (autour du puits 123). Un autre constat important concernant cette zone est l'intensité extrême du dégazage mesuré le long de l'annulaire de ce puits 123.
- La zone N sur le Plan 10 est située encore plus au sud, au droit de la rupture de pente entre le talus sud et le dôme du secteur réhabilité. L'intensité du dégazage y est significativement moindre que sur les deux premières. En 2006, cette zone n'était pas détectée. Il n'y a pas de puits dans la zone qui pourrait limiter ces fuites.

Le Plan 11 montre que la plupart des puits localisés dans le secteur réhabilité entre les zones de dégazage K et H sont fermés. Seuls 5 ouvrages (PG 5, 106, 107, 109 et 110) donnent encore du biogaz mais en débit négligeable hormis pour les deux derniers. Dans cette partie centrale, cette fermeture n'a pas d'influence négative, ce qui semble démontrer que la production de biogaz n'y est plus significative.

En 2006, un spot de dégazage (découlant d'une seule mesure de forte concentration) était localisé sur la carte à la base du talus est. En 2010, aucune mesure n'est venue confirmer cette observation, ce qui ne démontre pas l'absence de toute fuite mais tend à confirmer que si fuite(s) il y a, elle est (sont) très sporadique(s).

Concentrations en méthane sur le secteur de recouvrement

Globalement, les mesures réalisées dans le secteur de recouvrement démontrent qu'il est le siège d'un dégazage quasiment généralisé avec un alignement de zones à fortes concentrations en méthane centré sur le flanc est d'Hallembaye 2. Du nord au sud ces zones sont dénommées G, E, F et M sur le Plan 10. Les trois premières sont très intenses mais assez bien circonscrites, la dernière est plus diffuse mais également plus étendue avec un allongement parallèle au talus.

Ces zones de faiblesses résultent probablement de la migration latérale des gaz issus de Hallembaye 2 le long du talus de Hallembaye 1, avec de grosses difficultés pour collecter ces fuites "superficielles". Les ouvrages implantés dans le talus sollicitent probablement exclusivement les déchets de Hallembaye 1. En particulier, à moins qu'il ne soit fortement sous-dimensionné, le puits 112 semble confirmer cette hypothèse. Cet ouvrage localisé en zone F présente un très bon débit alors que la zone qui l'entoure demeure très fortement émissive, et ce, malgré la mise en place de bâches par l'exploitant pour contenir les émissions. En zone E, le cas du puits 164 est peut-être similaire. Ailleurs le long de ce secteur, les puits sont soit fermés, soit inexistants, ce qui contribue à expliquer l'importance du phénomène.

Par rapport à 2006, la densité des points de mesures dans ce secteur a très nettement été augmentée, ce qui rend toute comparaison de positionnement ou de surface de zone délicate. Il semble cependant que les zones E et G soient nouvelles. A l'endroit de ces zones, il n'y avait pas encore ou peu de déchets "Hal 2". Cette observation est un nouvel argument qui tend à confirmer que les émissions proviennent bien des nouveaux déchets.

Concentrations en méthane sur le secteur en exploitation

Ce secteur peut, lui-même être subdivisé en plusieurs sous-secteurs :

- La base du talus ouest, dont la couverture (provisoire) est moins imperméable qu'au sud puisque ce talus est destiné à être recouvert par la future extension. Cette-ci est le siège d'un dégazage presque généralisé (zones A1 et A2 sur le Plan 10). Par ailleurs la ligne de puits

(voir Plan 11) qui pourrait diminuer ces émissions est actuellement déconnectée des systèmes d'extraction (puits fermés). En zone A2, il n'y a pas de puits du tout.

- Le **sommet du talus ouest** est, comme sa base, très émissif. La zone de dégazage B (voir Plan 10) s'aligne parfaitement sur la rupture de pente entre le talus et le sous-secteur en exploitation. Les gaz remontent probablement préférentiellement sous la couche de compost (dans le géotextile drainant) recouvrant la pente et s'échappent à son sommet. Plusieurs points présentant des concentrations supérieures à 10.000 ppm y ont été détectés. A nouveau, aucun puits proche de cette crête n'est en fonctionnement (PG 239, 236, 230, 225, 224 fermés).



Figure 12 : Structure du talus ouest (compost – géotextile drainant – pierres – déchets)

- La **base du talus sud**, réhabilitée (en tous cas provisoirement) ne présente pas de fuite significative.
- Quant au reste de ce talus (zones I et J sur le Plan 10), il montre le plus important problème de dégazage du secteur, et probablement du site. Un très grand nombre de mesures supérieures à 10.000 ppm y ont été enregistrées et les deux zones s'étendent sur une grande surface. Les puits de dégazage qui y sont implantés ont manifestement une influence sur le problème. Lorsque le débit y est important (201, 203, 205, 244 et 245) on voit nettement l'effet positif sur les émissions surfaciques : les puits "repoussent" les zones à fort dégazage dans un rayon proportionnel à leur débit (rayon d'action des puits). Le puits 252 semble même suffire à éliminer tout dégazage dans un périmètre de plus de 30 m, ce qui le place du même coup en dehors des zones I et J.

Le puits 246 est signalé « à réparer » et fermé. L'impact de l'absence de pompage sur ce puits est clairement visible sur l'intensité des émissions surfaciques mesurées à proximité de celui-ci. Le dégazage mesuré à proximité immédiate atteint 22%, ce qui confirme que ce puits n'est pas fonctionnel. Depuis lors, le puits est en phase de test et une dépression lui était appliquée en octobre 2010.

Cette double zone de dégazage n'était nullement détectée en 2006, et constitue le principal "fait nouveau" de la campagne de 2010. En 2006, cette zone n'était pas exploitée. Elle a depuis lors fait l'objet d'un dépôt important de déchets, ce qui explique ce dégazage.

- Le **plateau du secteur en exploitation** était majoritairement "en travail" (C1 et C2 au Plan 10) lors des mesures. Le balai incessant des compacteurs pendant la campagne rendait toute mesure impossible pour raison de sécurité. Seul un puits (PG241) était connecté durant la période de mesure. Les seuls endroits où des mesures ont pu être prises semblent être le siège d'importants dégazages (zones L et G). Le compost déposé temporairement dans un sous secteur au repos semble quant à lui bien insuffisant pour oxyder le méthane émis par les déchets sous-jacents (zone L).

- Enfin, le **talus au nord-ouest du secteur** (zone D sur le Plan 10) qui descend du plateau en direction du compartiment mâchefers plus au nord-est, bien que recouvert d'une couche de terre/compost mûr, présente en son centre, une zone de dégazage non négligeable. Les puits qui y ont été placés sont fermés (PG 258 à 262 et 265).

Concentrations en CO₂

Les zones d'émissions de CO₂ mises en évidence au Plan 12 sont, à quelques exceptions près, identiques à celles délimitées pour le méthane. On peut cependant faire quelques constats intéressants :

- Certaines zones sont plus étendues, ce qui peut localement s'expliquer par la présence de compost qui oxyde le méthane en CO₂. En périphérie des zones "méthane", le compost oxyde totalement ce dernier, et le biogaz est exclusivement composé de CO₂. Cela semble notamment le cas sur la partie supérieure (dôme) d'Hallembaye 2 (zones B et L) ainsi que sur le talus nord. Le compost y est bien présent, et les zones apparaissent plus étendues sur la carte CO₂.
- Une autre observation intéressante concerne les quelques mesures qui ont pu être prises dans la zone en travail (C1) recouverte directement de déchet frais. Il semble qu'à cet endroit, la composition du biogaz émis était plus riche en CO₂. Cela peut peut-être s'expliquer par la dégradation instantanée et aérobie des déchets frais.
- A l'inverse, là où il n'y a ni compost, ni déchet frais (typiquement sur le secteur réhabilité, les zones K et H et N), les zones de dégazage en CO₂ ne sont ni plus intenses, ni plus étendues que les zones de dégazage en méthane, que du contraire.

E. Comparaison avec les campagnes FID réalisées par l'exploitant

Dans le but de vérifier l'efficacité de son réseau de pompage du biogaz, l'exploitant réalise des campagnes FID (méthane) 2 fois par an. Le rapport complet de la dernière campagne (mai - juin 2010), est fourni en Annexe 10. Le Plan 13 compare les cartes obtenues lors des six dernières campagnes d'autocontrôle (mai-juin et octobre 2008, 2009 et 2010).

Matériel et méthodes de l'exploitant

SITA Treatment utilise un FID de marque Sewerin Portafid M3 pour la mesure de la concentration en méthane dans le biogaz et un GPS pour localiser les points de mesure.

Lors des Campagnes d'autocontrôle, le C.E.T. est subdivisé en trois secteurs principaux qui sont ceux définis plus haut, et nommés dans les rapports :

- Hallembaye 1.
- Recouvrement de Hallembaye 2 sur Hallembaye 1.
- Hallembaye 2.

La procédure suivante est appliquée en deux étapes à chacun de ces secteurs :

- Phase 1 : un maillage 25 x 25 m est réalisé.
- Phase 2 : un maillage 5 x 5 m est appliqué pour les zones du maillage 25 x 25 m qui présentent :
 - une valeur en méthane supérieure à 400 ppm en zone sans capping.
 - une valeur en méthane supérieure à 150 ppm en zone avec capping (talus est de Hallembaye 1).

Tableau 13 : densité d'échantillonnage appliquée lors des mesures d'émissions surfaciques.

	ISSeP	SITA Treatment phase 1 (25 x 25)	SITA Treatment phases 1&2 (25 x 25 + 5 x 5)
Périodes de mesures	Avril 2010	Mai/juin 2010	Mai/juin + 24 juin 2010
Nombre de points de mesure	1.292	+/- 250	29 pts critiques → (250-29)+(29*5) = 366 (estimation)
Superficie (ha)	17,2	17,2	17,2
Densité (n mesures par ha)	+/- 75	+/- 16	+/- 22
Maille moyenne (en mètres)	+/- 11,5 x 11,5	+/- 25 x 25	-

Une cartographie des mesures en teneurs de méthane est établie pour chaque maillage à l'aide du logiciel Surfer (Golden Software), soit deux cartes par campagne. Le Plan 13 reprend les six dernières campagnes réalisées par l'exploitant (issues de la phase 2 : 25x25 + 5x5) et la campagne 2010 de l'ISSeP.

Le Tableau 13 compare les nombres de point de mesures des 2 phases "exploitant" avec la campagne ISSeP. Il montre que la densité moyenne des mesures de l'ISSeP est nettement supérieure à celle de l'exploitant.

Résultats de l'exploitant et comparaison

Le rapport de SITA Treatment (Annexe 10) détaille les résultats obtenus lors des campagnes réalisées respectivement les 25 mai, 1^{er} et 2 juin 2010 (phase 1) et le 24 juin 2010 (phase 2).

L'examen du plan 13 dans son ensemble permet de faire les constats suivants :

- La résolution des cartes obtenues par l'exploitant est inférieure à celle de l'ISSeP, ce qui est logique au vu des densités de points reprises dans le Tableau 13.
- Les intensités d'émissions surfaciques atteintes durant les campagnes SITA Treatment sont inférieures à ce que l'ISSeP a mesuré en 2010. Cela peut, au moins partiellement, s'expliquer par l'utilisation d'analyseurs différents et l'utilisation d'une valeur moyenne (4 mesures par point) par l'exploitant.
- La carte de SITA Treatment relative à la campagne de mai (la plus proche dans le temps de celle de l'ISSeP) donne des résultats y compris sur les zones d'exploitation qui n'ont pu être investiguées par l'ISSeP. Comme supposé, celles-ci présentent des émissions en méthane non-négligeables.

Le rapport de SITA Treatment se termine par quelques recommandations internes, dont la limitation d'entrée d'air dans le massif des déchets par l'installation de couvertures adéquates.

5.2.4 Phase III : Cartographie des flux

Les méthodes de mesures et les résultats bruts sont discutés dans le rapport de prélèvement disponible en Annexe 11. Seules les grandes lignes du mode opératoire, la partie interprétative et quelques éléments de géostatistique issus de la note de synthèse d'Ephesia-Consult^[7.5] sont résumés ci-dessous. Le développement de la méthodologie appliquée est repris dans le rapport Kidova / Ephesia-Consult^[7.2]. Ces travaux dans leur intégralité peuvent être consultés sur demande à l'Institut.

A. Appareillages

Pour rappel, les campagnes de mesures lors de cette Phase III combinent des mesures de flux proprement dites (chambre de flux statique Ineris) à des mesures simplifiées réalisées au moyen d'une cloche hémisphérique de dimension comparable à la chambre de flux mais dont l'utilisation est moins contraignante et requiert moins de temps (cloche Odotech). Ces deux outils, chambre et cloche, sont connectés à un analyseur portable multicanaux (Ecoprobe) (voir fiche *C.E.T._02 Air-Méthodes* du dossier technique^[5.1]). En résumé, ce sont les pentes temporelles de concentrations mesurées au moyen de la cloche qui sont corrélées de manière fiable aux mesures de flux^[7.2].

Pour aider à la compréhension, dans la suite du texte, les mesures réalisées au moyen de la cloche seront désignées par le terme "mesures de concentration".

B. Stratégie d'échantillonnage

Suite à la reconnaissance qualitative au FID portable (Phase II), une délimitation de la surface d'étude a été faite en prenant comme limites les localisations des points périphériques de mesures d'émissions surfaciques. Cette surface représente 13,8 ha.

Des zones de fuites à l'intérieur de cette surface d'étude ont été délimitées et regroupées dans des zones plus vastes et cohérentes. Il y a vingt zones d'émissions au total. Elles sont localisées sur le Plan 14.

Parmi ces zones, les zones 16 et 19 n'ont pu être investiguées pour des raisons de sécurité (zone d'exploitation lors de la campagne de mesure des flux). De même, la zone 20 n'a pas été investiguée car cette zone est recouverte d'une épaisse couche d'inertes (considérée imperméable aux émissions surfaciques) et sert de zone de manœuvre pour les camions. Dans la note de synthèse d'Ephesia Consult^[7.5], les zones 16 et 19 sont fusionnées en une seule zone n°19, où le flux est probablement non-nul et qui sera considérée comme "Terra Incognita". L'apport de cette zone d'exploitation ne sera donc pas quantifié, ce qui aura pour conséquence une sous-estimation du flux global moyen.

Les 17 zones investiguées couvrent une surface cumulée de 3,78 ha correspondant à 27,4 % de la surface d'étude. Le détail de la superficie de ces zones est donné au Tableau 14. La description du calcul du nombre (minimum) de mesures de concentrations et de flux à réaliser est donnée dans la fiche technique *C.E.T.-air02-méthodes* disponible sur le site internet du Réseau de contrôle des C.E.T.^[5.1] Le plan d'échantillonnage théorique avait été établi pour 15 des 17 zones. Au moment de son élaboration, la zone d'exploitation était plus vaste que durant la campagne "flux". L'ancienne zone d'exploitation (17) et son accès (18) avaient été exclus a priori. Ce plan prévoyait un minimum de 488 mesures de concentrations à la cloche couplée à l'Ecoprobe et des mesures de flux avec la chambre Ineris (également couplée à l'Ecoprobe). Dans 20 % des cas au moins, une double mesure (concentration et flux) a été effectuée. Les 2 zones restantes (17 et 18) ont été investiguées ultérieurement.

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^[7.2]. Sans entrer dans les détails, il s'agit d'optimiser l'échantillonnage des données pour qu'il soit à la fois représentatif de la réalité de terrain et exploitable pour les traitements statistiques ultérieurs.

Tableau 14 : Superficie et description des zones d'émissions et nombres d'échantillons à collecter (d'après Kidova-Ephesia Consult^[7,2]).

Zone	Description	Surface (ha)	Nombre théorique de Concentrations ISSeP
1	Talus ouest (bas)	0,42	63
2	Talus côté mâchefers	0,54	40
3	Zone de recouvrement H2/H1	0,02	20
4	Crête talus ouest	0,36	56
5	Zone de recouvrement H2/H1	0,07	21
6	Talus et crête à côté de l'exploitation	0,27	54
7	Zone PG112	0,06	20
8	Talus et crête à côté de l'exploitation	0,08	21
9	Talus ouest (haut)	0,62	61
10	Dôme (compost)	0,04	19
11	Dôme (compost)	0,03	21
12	Crêtes supérieures et talus STEP	0,16	23
13	Talus STEP	0,05	21
14	Zone de recouvrement H1 organiques/H1 mâchefers	0,03	24
15	Dôme H1	0,05	24
17	Ancienne zone d'exploitation	0,87	-
18	Ancien accès à la zone 17	0,11	-
Sous-total 1	Zones d'émissions	3,78	488
16	Zone d'exploitation inaccessible	0,21	23
19	Zone d'exploitation inaccessible	0,32	-
Sous-total 2	"Terra Incognita"	0,53	
20	(chemin et zone de manœuvre)	0,39	-
Sous-total 3	Zone considérée non-émissive	0,39	-
Zones non-émissives	Zones où les émissions sont considérées comme étant négligeables	9,1	-
TOTAL	Zone d'étude	13,8	511

C. Réalisation de la campagne

Pour chacune des mesures, l'évolution temporelle de la concentration a été mesurée pendant 2 minutes avec un pas de temps d'une demi-seconde. Trois paramètres ont été systématiquement mesurés, à savoir le CO₂, le CH₄ et les hydrocarbures totaux ("TP"). Le Plan 15 localise les différentes zones de mesure investiguées en mai et juin 2010, les points de l'échantillonnage théorique ainsi que les mesures de flux et celles de concentrations.

La campagne de mesures de flux et de concentrations a eu lieu en deux phases :

- Du 3 au 11 mai 2010 pour les zones 1 à 15 : 468 mesures de concentration ont été réalisées. Parmi celles-ci, 113 (24%) ont fait l'objet d'une double mesure avec la chambre de flux.
- Le 22 juin 2010 sur la zone d'exploitation (zones 17 et 18) : l'échantillonnage a été réalisé de manière aléatoire, les points de mesures ayant été répartis au sein des zones sans échantillonnage théorique prédéfini. 68 mesures de concentration ont été réalisées et 22 (32 %) d'entre elles ont fait l'objet d'une double mesure avec la chambre de flux.
- Au total : 536 mesures de concentration et 135 flux (soit 25,4 %).
- Pour rappel, suite à sa mise en exploitation, la zone 16 n'a pas fait l'objet de mesures.

Le plan d'échantillonnage n'imposait pas la position des points où une double mesure "concentration/flux" devait être effectuée. Il fournissait uniquement la proportion de ces points par rapport aux mesures de concentration à la cloche (idéalement 20% minimum). L'ISSeP a opté pour la réalisation de flux spécifiquement en des points où la mesure de concentration n'était pas nulle tout en conservant une couverture de l'espace relativement homogène pour les

flux. En effet, il n'aurait pas été optimal de mesurer une grande quantité de flux nuls. Par ailleurs, l'ajustement de la droite de corrélation "flux-concentration" aurait été moins précis par manque de couples de mesures dans les plus hautes valeurs de flux. Le résultat de ce choix a cependant une conséquence sur l'éventail de données disponibles pour l'analyse statistique : les flux proprement dits présentant un résultat non nul sont surreprésentés par rapport à la réalité de terrain.

Le rapport de prélèvement (Annexe 11) présente de manière plus détaillée le déroulement de la campagne ainsi que les résultats obtenus par les différents appareils de mesures.

D. Analyse géostatistique

Dans le but de produire une cartographie des flux et d'estimer un flux global moyen pour le C.E.T., le jeu de données a fait l'objet d'une étude statistique et géostatistique poussée. Une note de synthèse, réalisée par Ephesia-Consult^[4.10], détaille l'ensemble des traitements appliqués et en présente les résultats de manière détaillée. Pour atteindre ces objectifs, 4 méthodes ont été utilisées puis comparées, à savoir :

- le "bootstrap" réalisé uniquement sur les zones de dégazage ;
- le "bootstrap" réalisé sur la totalité du C.E.T. en utilisant les résultats de la phase II dans les zones non émissives ;
- le cokrigeage en utilisant les mesures de pentes de concentration (tirées des mesures réalisées à la cloche) comme covariable (variable auxiliaire). Il est réalisé sur une grille fine couvrant tout le C.E.T. et prend en compte toutes les données, y compris les mesures de la phase II ;
- les cosimulations colocalisées où les pentes de concentration sont d'abord simulées sur l'entièreté de la grille fine. Ensuite les flux sont simulés en tenant compte des mesures de flux disponibles dans le voisinage et de la valeur de pente de concentration simulée au nœud en cours de traitement.

Plus de détails concernant ces méthodes statistiques sont disponibles dans la fiche *C.E.T._02 Air-Méthodes* du dossier technique^[5.11] et dans le rapport Kidova / Ephesia-Consult^[7.2], ou dans la note d'Ephesia-Consult de 2011 déjà citée plus haut^[4.10]. Les deux derniers documents sont consultables sur demande à l'ISSeP.

5.2.5 Cartographie des flux

Seules les deux dernières méthodes (cokrigeage et cosimulations colocalisées) permettent, outre l'estimation du flux moyen, de générer une carte des flux. La Figure 13 et la Figure 14 présentent ces cartes qu'il faut utiliser avec prudence. On voit en effet que les cosimulations colocalisées donnent en moyenne des valeurs simulées beaucoup plus élevées que le cokrigeage. Cela montre qu'il existe encore beaucoup de travail pour comprendre le phénomène étudié et affiner les méthodes permettant d'en restituer une image simulée ou une carte estimée suffisamment fiable.

Les cartes de valeurs de flux moyen mettent clairement en évidence les zones d'émission principales, détectées durant la phase II. Sans surprises, la plupart se situe autour de la zone actuellement en activité qui, pour rappel, n'a pas fait l'objet de mesure durant aucune des deux phases de mesures.

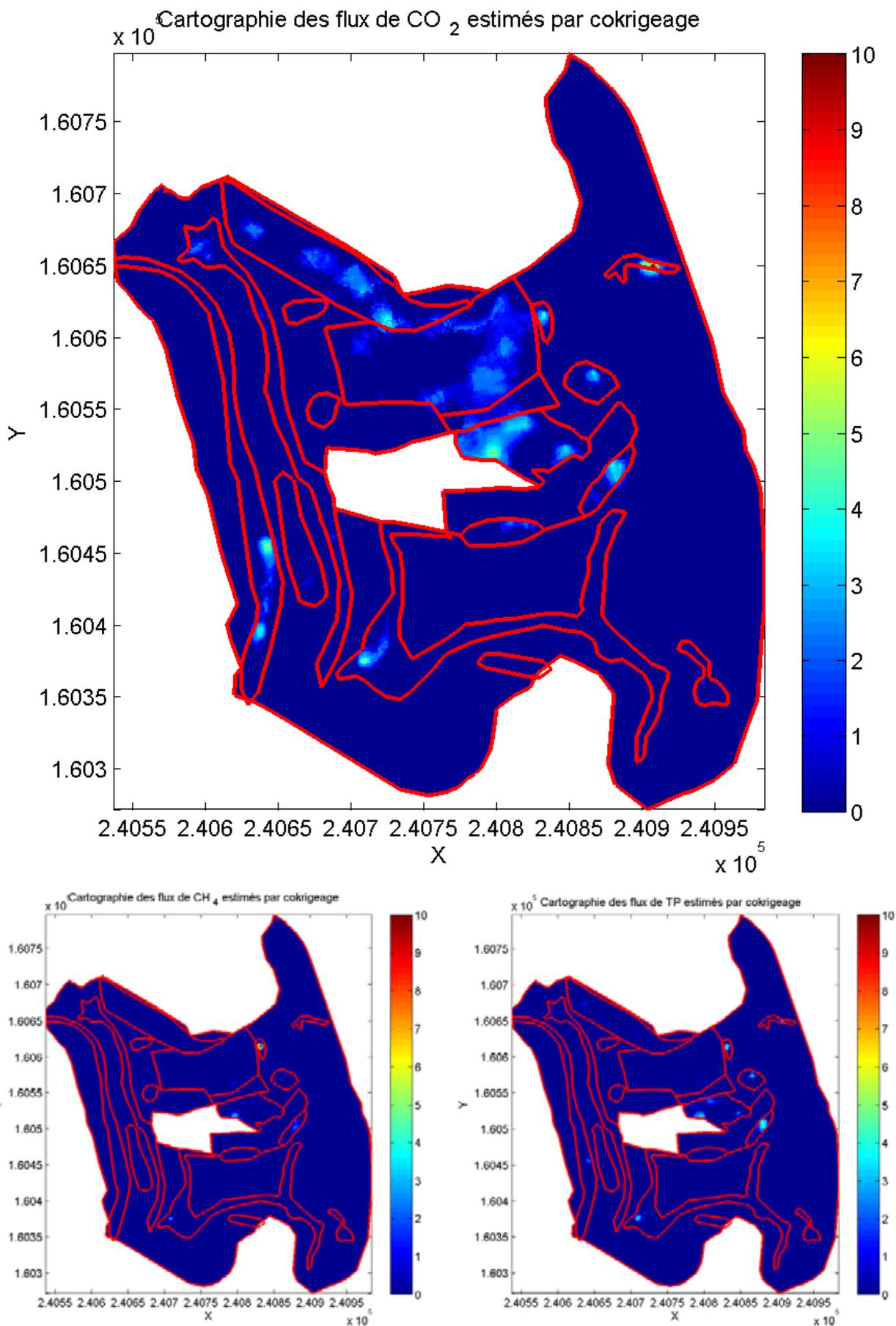


Figure 13 : Carte des valeurs estimées de flux de CO₂, CH₄ et TP (en ml/m²/s) par cokrigeage avec les pentes de concentration (source : Ephesia-Consult^[4.10]).

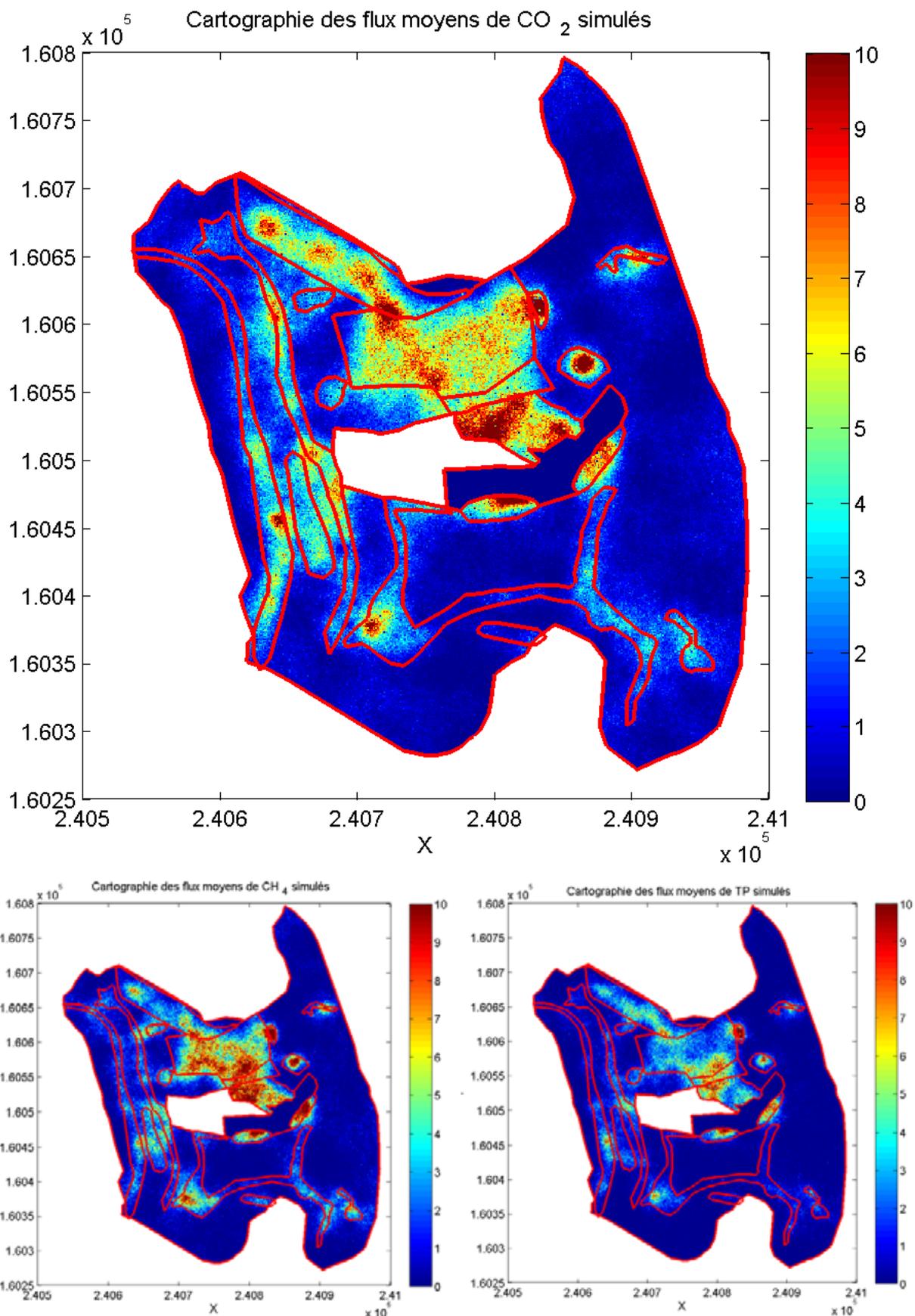


Figure 14 : Carte des valeurs estimées de flux de CO₂, CH₄ et TP (en ml/m²/s) par cosimulation colocalisée. (Ephesia-Consult^[4.10]).

5.2.6 Estimation du flux global moyen

Le Tableau 15 compare les estimations de flux globaux moyens calculées par les 4 méthodes sur les trois canaux de l'Ecoprobe (CH₄, CO₂ et TP). Pour le cokrigage et les simulations, les valeurs sont obtenues par intégration de la surface estimée sur l'entièreté du C.E.T. Dans ce tableau, on peut remarquer que l'incidence de la prise en compte des mesures de la phase II (noté "+fid" dans le tableau) a tendance à réduire les estimations obtenues par bootstrap. On remarque également d'importantes différences entre les estimations obtenue par les 4 méthodes.

Tableau 15 : Flux moyens globaux suivant les différentes méthodes (ml/m²/s).

	CO2	CH4	TP
Bootstrap	0.8935	0.9160	0.8929
Bootstrap + FID	0.7943	0.7705	0.6119
Cokrigage	0.1352	0.0100	0.0228
Simulations	1.7435	1.4159	0.8264

Malgré toutes les tentatives, ces différences restent très importantes : par exemple, environ du simple au double entre le bootstrap et les simulations. Le plus grand écart est constaté entre les deux méthodes géostatistiques (valeurs en méthane estimées par cokrigage 150 fois inférieures à celles par cosimulations). Même en veillant à utiliser les mêmes données, et de la façon la plus similaire possible, ces écarts n'ont pu être réduits. Le "point fort" des méthodes géostatistiques par rapport au bootstrap est qu'elles prennent en compte la corrélation spatiale réellement affichée par les données de terrain. Les variogrammes expérimentaux ont montré que cette corrélation, d'une portée d'environ 40 m, était loin d'être négligeable. Entre le cokrigage et les cosimulations colocalisées, ce sont ces dernière qui donnent les résultats le plus probant : les carte simulées sont très proches des carte obtenue en phase 1. Le cokrigage "lisse" très fortement les contraste et fait même disparaître les zones émissives de faible dimension.

Le changement de stratégie concernant l'utilisation des positions des mesures FID et l'estimation ou la simulation sur tout le C.E.T. plutôt que dans les seules zones délimitées à l'issue de la campagne FID a aussi permis d'obtenir une cartographie plus réaliste avec des transitions entre zones d'émission et zones non émissives moins abruptes que celles que permettait de tracer la méthodologie précédente.

5.2.7 Interprétation

Comparaison aux valeurs guides

A titre d'information, les valeurs de flux peuvent être comparées aux **valeurs guides** de l'agence de l'environnement britannique UK-EA^[7.3].

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 CH₄/m²/s, soit 0,0014 ml/m²/s,
- Zone réhabilitée provisoirement : 0,1 mg CH₄/m²/s, soit 0,14 ml/m²/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.

A Hallembaye, les flux globaux moyens calculés (tant en méthane qu'en TP) sur l'ensemble du C.E.T. sont supérieurs à la valeur guide pour les zones réhabilitées provisoirement (valeur indicative la moins contraignante), excepté pour l'estimation basée sur la technique de cokrigage (voir Tableau 15).

Signalons que le C.E.T. est pris dans sa globalité, sans faire de distinction entre les zones de "réhabilitation provisoire" ou "définitive" alors que le C.E.T. d'Hallembaye est, dans sa majeure partie, toujours en exploitation.

Pour rappel, les valeurs de flux global moyen à l'échelle du C.E.T. sont probablement sous-estimées car elles ne prennent pas en compte les émissions de la zone de travail, à laquelle l'équipe de terrain n'a pas pu accéder.

Flux horaires et annuels totaux

A titre indicatif, sous réserve des précautions nécessaires et dans la limite de nos investigations, on peut calculer à partir de ces flux globaux moyens, les quantités de totales de biogaz qui s'échapperaient vers l'atmosphère au cours d'une année de 365 jours (voir Tableau 16). On obtient, pour le méthane, des chiffres variant de 40.000 à 6.170.000 m³ selon la méthode utilisée. On retiendra la valeur maximale **6,17 Mm³/an** parce qu'elle est sécuritaire et a été obtenue par la méthode jugée la mieux adaptée au phénomène et au jeu de données particulier. Pour le CO₂, les valeurs varient de 59.000 à 7.600.000 m³, et on retient ce dernier chiffre de **7,6 Mm³/an** (soit au total **13,77 Mm³/an de biogaz**). En pourcentage, la répartition des flux émis annuellement représente donc environ 45% en méthane et 55 % en CO₂.

Tableau 16 : Comparaison des valeurs des flux moyens globaux horaires et annuels extrapolés à l'étendue totale du C.E.T. (13,8197 ha) obtenus suivant les différentes méthodes.

Mm³/13,8ha.an	CO2	CH4	TP
Bootstrap	3,8940	3,9920	3,8916
Bootstrap + FID	3,4616	3,3581	2,6668
Cokrigeage	0,5890	0,0435	0,0992
Simulations	7,5983	6,1709	3,6017

D'après la déclaration environnementale d'Intradel, le C.E.T. est équipé d'un moteur qui traite en moyenne environ 500 Nm³ de biogaz par heure (à +/-50% de méthane), soit 4,7 MNm³ de biogaz valorisé en 2008 (et 5,8 MNm³ en 2007).

Sur base de toutes ces estimations, **les émissions surfaciques de méthane non valorisées du C.E.T. représenteraient donc** deux à trois fois la quantité annuelle de biogaz valorisée par le moteur (données 2007 et 2008), en ne tenant pas compte de la proportion de méthane oxydé en CO₂ lorsqu'il diffuse au travers des couvertures provisoires (compost, etc.).

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.

5.3 Nuisances olfactives

L'étude des nuisances olfactives générées par le C.E.T. d'Hallembaye a été confiée à l'Université de Liège, département des Sciences et de Gestion de l'Environnement (Unité "Surveillance de l'Environnement" du Professeur Nicolas). Il s'agit de la troisième campagne menée sur le site par l'ULg, deux autres ayant été réalisées en 2002 et 2006.

La première campagne odeur, réalisée en 2002 a permis **de limiter** la zone de nuisances olfactives **aux abords immédiats du C.E.T.** Elle a également permis de relativiser l'importance de l'odeur de déchets par rapport à d'autres odeurs générées aux alentours du site, comme l'odeur d'un élevage de poulets. Cette étude a été présentée dans le deuxième rapport de campagne, rapport ISSeP 930/2002 et elle est intégralement reprise sur le site internet :

http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/02hal/pdf/02_RapCMP_HAL_2002.pdf

La deuxième campagne, réalisée en 2006, s'est focalisée sur l'influence de l'aspersion de produits neutralisants. Elle a permis de distinguer deux périmètres :

- une "zone de nuisance potentielle maximale", qui fait l'hypothèse que tous les riverains sont gênés par le mélange odeur du C.E.T./odeur produit neutralisant et que tous les effets de relief jouent dans le sens d'une dispersion accrue de l'odeur ;
- une "zone d'acceptabilité de la nuisance", qualifiée de plus "réaliste",

Cette étude 2006 a également pris en compte de manière plus détaillée les effets de relief, dans le modèle de dispersion et lors des observations sur le terrain. Les conclusions suivantes en ont été déduites :

- Le relief a bel et bien un effet non négligeable sur la dispersion des odeurs à Hallembaye ;
- L'utilisation d'un modèle de dispersion 3D est utile pour valider ces observations et calculer certains effets dans des considérations topographiques et climatiques particulières ;
- Ces mêmes logiciels apportent peu pour l'évaluation des courbes de dispersion moyenne en raison de la lourdeur des temps de calcul.

Cette étude a déjà été présentée dans le troisième rapport de campagne (rapport ISSeP 0837/2006) et est intégralement reprise sur le site internet :

http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/02hal/02_0C.htm

La troisième campagne a été organisée entre le 12 mars 2010 et le 7 juillet 2010 (17 semaines au total). Le rapport complet de l'ULg est fourni intégralement en annexe 7. Un résumé des principaux résultats et de leur interprétation est repris dans le corps du texte du présent rapport.

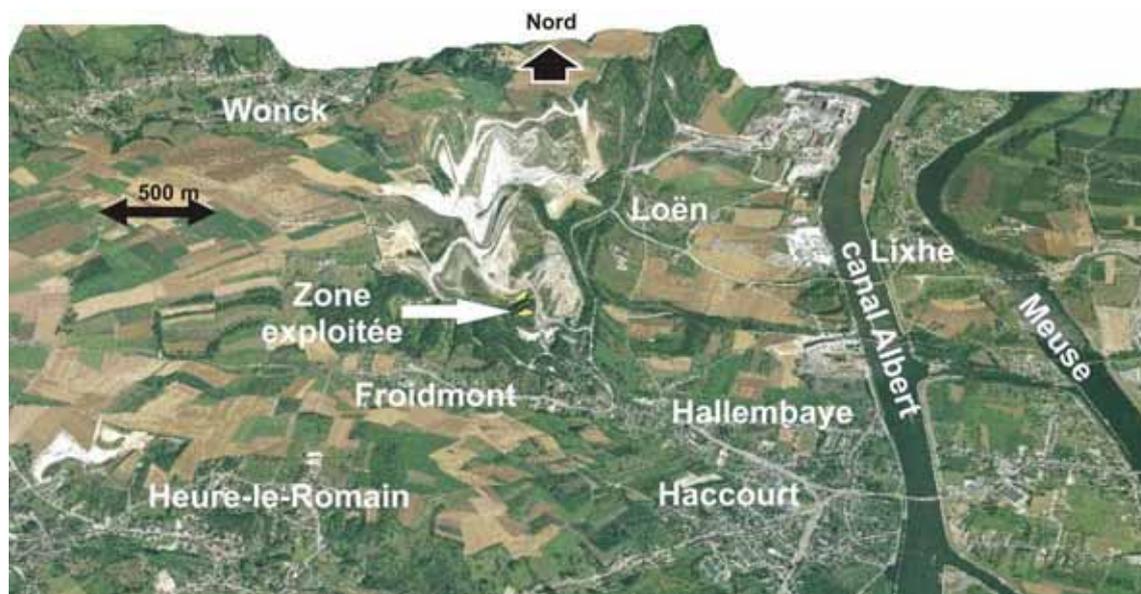
5.3.1 Présentation du site et de ses alentours du point de vue des odeurs

Le C.E.T. d'Hallembaye est implanté dans une ancienne carrière de craie, située sur la commune d'Oupeye, au nord-ouest du village d'Hallembaye, entre la rue de Tongres et la rue d'Eben.

Il a la particularité d'être limité au nord par une falaise suivie d'une carrière, actuellement exploitée par CBR, puis de terrains cultivés. Au nord-ouest du C.E.T. est implantée une carrière de sable, silex et craie, actuellement exploitée par la société Kreco. (Voir rapport ULg 2006 p53-85).

A. Cibles

La Figure 15 met en évidence l'effet du relief de cette région et les principaux riverains pouvant être affectés par l'odeur du C.E.T.



**Figure 15 : Vue générale des environs du C.E.T. d'Hallembaye
(source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)**

Les vents dominants proviennent du sud-ouest et du nord-est. Ils affectent essentiellement les habitants de Loën (au NE) et ceux de Froidmont (au SO).

Dans le cadre d'une étude réalisée par Odometric, fin 2006-début 2009 pour le compte d'EURECO sprl^[3,10], 5 riverains ont été particulièrement suivis. Le Tableau 17 décrit les emplacements des riverains et la Figure 16 les localise.

Tableau 17 : Localisation des 5 riverains dont l'exposition a été suivie par Odométric de fin 2006 à début 2009 (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

Riverain	Localisation	Distance (m) par rapport au CET	Angle par rapport au nord
1	Au nord est du site, au croisement de la rue de Loën et de la rue des Trois Femmes	700	45° (NE)
2	Première habitation vers le nord du site – Grande propriété à la rue du Château	1100	45° (NE)
3	Au sud-est du site, à la rue de Loën	700	135° (SE)
4	Au sud du site, entre la rue d'Eben et la rue de Campine	600	175° (S)
5	Au croisement de la rue d'Eben et de la rue de Tongres	1000	155° (SSE)



Figure 16 : Localisation des emplacements des 5 riverains étudiés
(source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

L'occupation de l'espace est en outre en perpétuelle évolution : la photo aérienne qui a été utilisée comme fond de carte pour la figure n'est déjà plus représentative de la densité actuelle des bâtiments.

B. Sources

Les déchets frais, c'est-à-dire les déchets provenant directement du versage des camions et étalés sur le site, ne produisent pas de biogaz. Par contre, ils apportent généralement une contribution prédominante dans le flux d'odeurs produit par un C.E.T.

Depuis l'été 2009, un certain nombre d'éléments relatifs à la gestion du site ont été enregistrés. Ils méritent d'être signalés car ils conditionnent l'évolution de la problématique "odeur" sur le site.

Vers la moitié de l'année 2009, l'incinérateur d'Herstal, géré par l'intercommunale Intradel, a été remplacé par une toute nouvelle usine de valorisation énergétique des déchets, baptisée Uvelia (pour "Unité de Valorisation Énergétique de Liège"), permettant de traiter 320.000 tonnes de déchets par an. La société Uvelia gère également le C.E.T., en assurant néanmoins une continuité dans la manière d'exploiter le site par rapport au passé.

La Figure 17 représente une vue schématisée du plan d'exploitation du C.E.T. d'Hallembaye. La partie Hallembaye I est réhabilitée et c'est Hallembaye II qui est actuellement en exploitation.

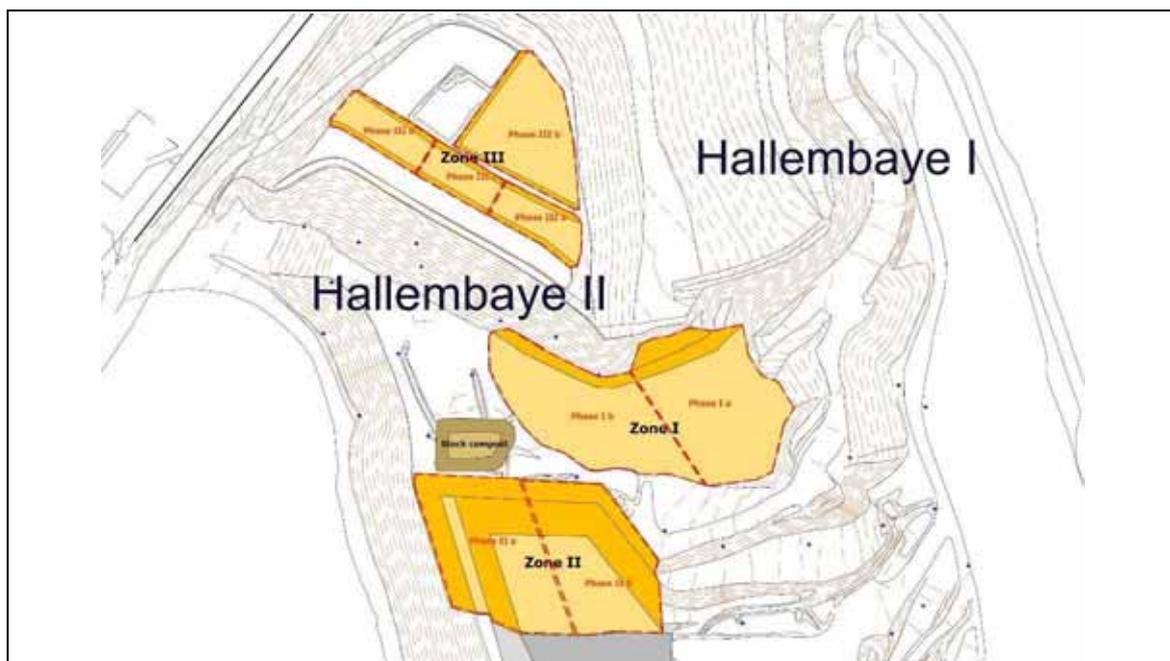


Figure 17 : Schéma du plan d'exploitation 2009-2010
(source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

L'exploitation de Hallembaye II est divisée en 3 zones pour la période d'octobre 2009 à octobre 2010. Chaque "zone" est divisée en "phases" successives.

- La zone I est exploitée d'octobre 2009 à mars 2010 (30.000 m³) jusqu'à atteindre le niveau actuel du plateau de versage, soit la cote altimétrique 92 mètres.
- La zone II qui entre en exploitation de mars 2010 à octobre 2010, avec 41.000 m³ de déchets admis en zone sud, depuis un plateau de versage situé à l'altitude 105 mètres. La piste d'accès à l'exploitation emprunte alors la piste de crête de la décharge "Hallembaye I".
- La zone III correspond à la zone réservée essentiellement aux déchets d'asbeste ciment et aux résidus d'épuration des fumées d'incinération d'ordures ménagères (Refiom), conditionnés selon le procédé Solatech. Elle est exploitée en quatre phases successives simultanément à l'exploitation des autres zones.

L'idée sous-jacente à cette stratégie d'exploitation est de récupérer le niveau de la butte extérieure, au nord-ouest du site (avec un petit problème de synchronisation néanmoins : celui du taux d'arrivage d'asbeste et de REFIOM, beaucoup plus faible que celui des ordures).

La possibilité de valoriser énergétiquement un tonnage beaucoup plus important de déchets a entraîné l'abandon définitif de la mise en C.E.T. de matières organiques, sauf en cas de panne et de maintenance de l'incinérateur. Les 100.000 tonnes annuelles de déchets organiques enfouis dans le C.E.T. par le passé sont donc actuellement brûlés. Depuis le mois d'août 2009 donc, ne sont déversés dans le C.E.T. que les encombrants ménagers et quelques autres déchets contenant peu d'organiques (comme les résidus des centres de tri). Le tonnage est d'environ 2 500 tonnes par mois (30.000T annuellement).

Signalons également que conformément au Plan wallon des déchets, la mise en décharge de déchets organiques biodégradables, déchets ménagers broyés et les encombrants est théoriquement interdite depuis le 1^{er} janvier 2010.

Il est donc raisonnable de supposer une diminution de la biodégradation des déchets organiques sur le C.E.T. et donc, des odeurs typiques dans l'environnement.

Sur la zone exploitée, il reste cependant une fraction de matière fermentescible qu'il est difficile de supprimer tout à fait, ce qui constitue une des sources d'odeur potentielle du site d'Hallembaye. Assez paradoxalement, le compost qui sert de couverture pour prévenir les

émissions odorantes, pourrait constituer, par son odeur propre, une des sources de nuisance olfactive non négligeable.

Une autre source d'odeur plausible est le biogaz, récupéré par un réseau de collecte et traité dans les moteurs et torchères. Des fuites dans ce réseau ne sont pas à exclure et généreraient des problèmes de nuisances.

Ces fuites peuvent être diagnostiquées par le quadrillage de la surface par FID réalisé deux fois par an en interne à l'initiative de l'exploitant, qui a des impératifs de production et qui a tout intérêt à éviter les fuites de biogaz.

La station d'épuration des percolats fonctionne bien et ne pose apparemment pas de problème d'odeur.

Les sources d'odeurs potentielles sont donc les **déchets frais** déversés sur la cellule en exploitation, les **puits de dégazage**, les **gaz brûlés dans les moteurs et torchères** et, éventuellement, la diffusion de **produits neutralisants**.

Actions menées par l'exploitant en matière d'odeur

Par son permis d'exploiter, l'exploitant est tenu de mettre en œuvre toutes les mesures visant à réduire les nuisances olfactives. Parmi celles-ci on note :

- Le recouvrement des zones d'enfouissement par **une couche de compost**. Outre son rôle d'écran à l'émission d'odeur et de "bio-filtre", cette couverture permet également d'empêcher l'envol des déchets légers.
- La réalisation de **tours odeurs** tous les matins par le personnel d'Intradel. La Figure 18 montre les 15 directions choisies par l'employé d'Intradel pour réaliser ses tours odeur tous les matins vers 11h (excepté week-end, congés et jours fériés). Un point d'observation est sélectionné sur chacun de ces 15 rayons, en général sur des voies d'accès et à des distances à partir de la zone exploitée allant de 300 m à 1.100 m. Le tour complet fait environ 15 km. Par le passé, l'observateur a déjà senti l'odeur du C.E.T. jusqu'à la gare de Visé, à 2.700 mètres de la zone exploitée vers l'est. Depuis 2008, ces tours odeur quotidiens servent notamment à valider la pertinence des plaintes et éventuellement à mettre en route le rideau anti-odeur et à ajuster sa concentration en fonction des perceptions de terrain.

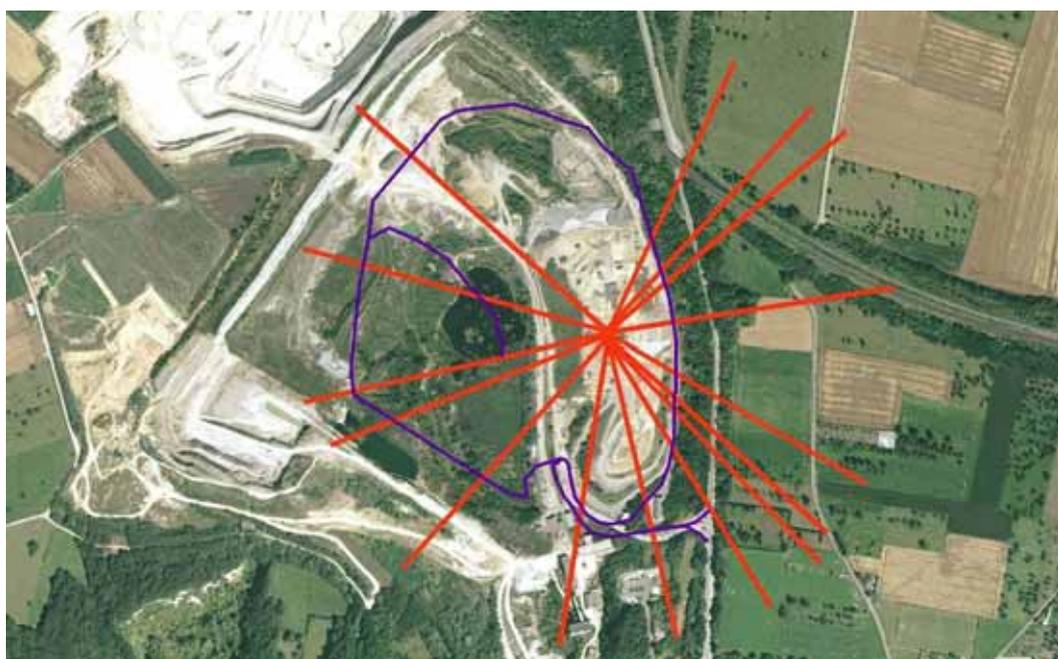


Figure 18 : Directions sur chacune desquelles un point d'observation-odeur est réalisé tous les matins par un employé d'Intradel (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

- **Le rideau anti-odeur.** Jusqu'à l'hiver 2009, un rideau anti-odeur était mis en service en périphérie du site. La brumisation de produit "neutralisant" s'avérait en effet efficace si l'on s'en réfère à la diminution des plaintes du voisinage en matière d'odeur. Depuis, le rideau n'a été remis en activité que pour en vérifier le bon fonctionnement ou, exceptionnellement, durant les phases de maintenance de l'incinérateur pendant lesquelles, les ordures ménagères sont à nouveau mises en C.E.T.

5.3.2 Méthodologie

Pour les détails méthodologiques, le lecteur consultera les pages 3 à 5 du rapport de l'ULg, repris en annexe 7, dont cette section constitue un résumé. La fiche technique "air02-méthodes" peut également être consultée.

Trois méthodes ont été utilisées dans le cadre l'étude odeur sur le C.E.T. d'Hallembaye

A. Traçage d'odeurs sur le terrain (olfactométrie déambulatoire).

Pour rester cohérent avec les démarches précédentes, et de manière à pouvoir comparer la situation en 2010 avec celle des études antérieures, la méthode habituelle du traçage d'odeur sur le terrain a été réitérée sur le site durant la campagne de 2009.

La plupart des méthodes d'études de nuisances olfactives consistent à calculer une concentration d'odeur à l'immission (dans l'environnement) à partir d'un débit d'odeur mesuré à la source. A l'inverse, l'approche développée par l'ULg est basée sur des observations directement à l'immission ; le débit d'odeur à la source étant reconstruit par rétro calcul itératif. La démarche d'estimation du débit d'odeur est donc essentiellement déductive. Comme pour les autres méthodes, la concentration moyenne annuelle dans l'environnement est ensuite évaluée, au cours d'une seconde étape, prospective cette fois, à partir du débit d'odeur ainsi estimé.

Courbes de perception olfactive

Les courbes de perception olfactive sont tracées à partir d'observations sur site par un panel d'experts qui parcourent en équipe la région affectée par la pollution olfactive ("tours odeur"). Dans un premier temps, chaque observateur se déplace durant une à deux heures en zigzagant au travers du panache d'odeur, en général perpendiculairement à la direction du vent. Il note en particulier les endroits exacts où il ne perçoit plus l'odeur de la source. Des points "odeur" et des points "non-odeur" sont ainsi identifiés et positionnés sur une carte, 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 sur une période de plusieurs mois et, si possible, en incluant une grande variété de conditions climatiques et d'exploitation. Durant chaque période, les données météorologiques sont enregistrées (vitesse et direction du vent, humidité relative, température, ensoleillement et radiation solaire). A un tour odeur, sont donc associés une date, un intervalle horaire et des paramètres météorologiques bien spécifiques.

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, avec 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 et une seule courbe de perception olfactive et un débit d'émission caractéristique du jour où le tour odeur a été réalisé.

Principe "worst case"

L'expérience montre que la principale cause d'émissions de 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 dans ces conditions. 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 bouffée 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 systématiquement surévaluées.

Zones de nuisances

Une fois réalisés suffisamment de tours odeurs et leurs débits caractéristiques ajustés, le débit d'odeur typique du site est calculé comme la moyenne arithmétique des débits caractéristiques. Ce débit typique est introduit une nouvelle fois 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. Le 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 nuisance" 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** 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 uo/m^3 qui représente la concentration de l'odeur à la limite de perception du nez humain moyen,
- **X**=2, c'est-à-dire **P** = 98,

on peut calculer la **courbe de percentile 98 à 1 uo/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 (ce qui correspond à 175 heures sur une année).

L'utilisation de cette courbe de percentile 98 à 1 uo/m^3 comme estimateur de la **zone de nuisance** est une recommandation du Ministère Néerlandais de l'Environnement, tout au moins pour les entreprises existantes. En l'absence d'une réglementation belge définitive concernant les odeurs, l'ULg suit ce même principe dans ses rapports.

De récents résultats tendraient cependant à démontrer que le niveau de nuisance pour une odeur de déchets, n'est pas égal au seuil de perception (1 uo/m^3) mais serait proche de 5 fois ce seuil. Une nouvelle fois, l'utilisation du P98 à 1 uo/m^3 va dans le sens du principe de précaution.

B. Modélisation 3D

Afin d'évaluer les influences potentielles du relief de l'environnement immédiat, l'équipe de l'ULg a modélisé la dispersion du panache en 3 dimensions, avec le logiciel ADMS4. Il s'agit d'un modèle de simulation de la dispersion atmosphérique de type bi-gaussien. L'un des points forts d'ADMS est de ne plus décrire la stabilité de l'atmosphère grâce aux classes de Pasquill-Gifford (utilisées depuis les années 60), mais grâce à des paramètres physiques qui varient de façon continue et qui permettent de caractériser le niveau de turbulence atmosphérique dans les 3 dimensions.

Cette nouvelle approche présente deux avantages majeurs :

- 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 et les paramètres de dispersion varient dans les 3 dimensions.

ADMS intègre 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 pour évaluer les panaches en 2D, ADMS intègre un modèle d'écoulement diagnostique 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.

C. Registre des plaintes et enquêtes

Dès lors qu'il s'agit d'évaluer la nuisance olfactive chez les riverains, il est primordial d'ajouter à ces mesures et simulations un certain nombre de témoignages des habitants de la région proche. Dans le cas présent, il s'agira du registre des plaintes enregistrées par l'exploitant et de mini-enquêtes réalisées par les observateurs de l'ULg durant leurs tours odeur.

5.3.3 Normes de référence

L'article 13 du permis unique du 10 décembre 2009 n'impose pas de norme chiffrée pour les émissions d'odeur mais spécifie que :

"L'exploitant est tenu de prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter, réduire ou remédier aux dangers, nuisances et inconvénients de l'établissement".

5.3.4 Résultats

Pour les détails, le lecteur consultera les pages 10 à 25 du rapport complet repris en annexe 7 dont cette section constitue un résumé.

A. Observations qualitatives – Registre des plaintes et enquêtes

Les toutes premières visites de terrain permettent d'apprécier qualitativement l'évolution des émissions d'odeur par rapport à la campagne de 2006. L'impression générale est une réduction significative de l'odeur et de son impact sur l'environnement, compte tenu du faible tonnage de matière organique enfouie. Les observateurs n'ont pratiquement jamais senti l'odeur du produit neutralisant, les rampes d'aspersion étant, en effet, inactives durant la période de mesure, sauf lors de la dernière journée de mesure.

En dépit d'une première impression positive, il s'est néanmoins avéré que la distance de perception mesurée sur le terrain lors des "tours odeur" restait appréciable.

Comme l'exploitant tient un registre des plaintes, il est également intéressant d'examiner leur évolution dans le temps. La figure 5 montre l'évolution du nombre annuel de plaintes validées jusqu'à fin 2009.

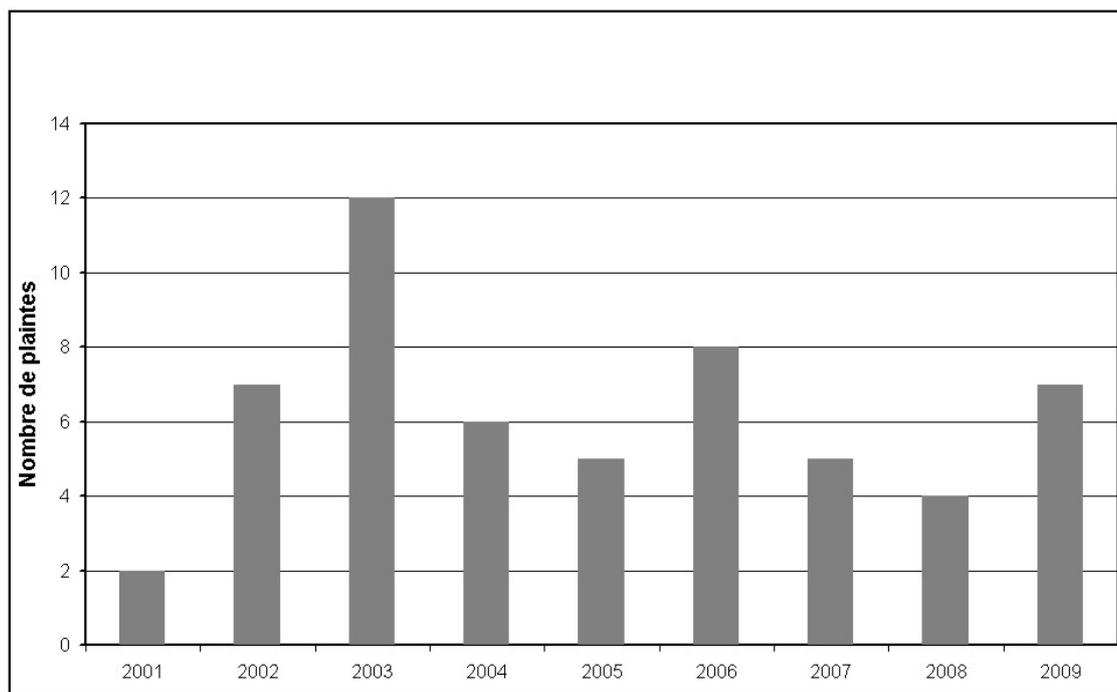


Figure 19 : Evolution du nombre annuel de plaintes validées (source ULg)

Depuis quelques années, le nombre de plaintes reste assez stable, aux environs de 6 plaintes par an en moyenne. Selon l'exploitant, il n'y a pratiquement plus de plaintes depuis l'abandon de l'enfouissement de matière organique.

Par ailleurs, l'analyse des fiches d'observation lors des tours odeur réalisés par Intradel montre que le nombre d'évènements-odeur répertoriés reste très faible. En effet sur 3 années d'observations quotidiennes, de mars 2007 à mars 2010, pour lesquelles l'ULg a reçu l'information, seulement 32 évènements ont été répertoriés. Ils se distribuent de manière assez uniforme sur toute la durée des observations et leur fréquence n'est pas significativement plus faible en 2009 qu'en 2007 ou en 2008. Ce taux de 32 évènements sur un total de 1000 journées ne doit pas être interprété comme une fréquence de détection de l'odeur du C.E.T. dans le milieu récepteur, puisque, d'une part, il faut déduire les week-ends, congés et jours fériés et, d'autre part, ces observations ne sont représentatives que d'une petite heure sur la journée et que de quelques points choisis par l'observateur. C'est pourquoi l'ULg a évité de calculer des pourcentages ou autres statistiques et fournit ici simplement quelques éléments qualitatifs susceptibles de lancer des pistes de réflexion.

- A 3 ou 4 reprises, l'odeur est assez logiquement ressentie à Loën, dans le sens des vents dominants ;
- souvent, l'odeur est ressentie dans la rue d'Eben (route Nationale, longeant le CET), et plus spécifiquement à l'entrée-même du C.E.T. ou près du tunnel du chemin de fer, c'est-à-dire à proximité immédiate de la zone exploitée ;
- à 3 occasions, l'observateur signale une odeur, parfois forte, sur le C.E.T. même, mais rien à l'immission à l'extérieur du site ;
- dans le même esprit, il a vérifié la pertinence de plaintes qui, à 3 reprises, se sont avérées non pertinentes ;
- une des causes invoquées dans ces derniers cas, lorsque, notamment, le vent ne souffle pas du C.E.T. vers le plaignant, est que ce sont les "camions-poubelle" qui perturbent surtout le voisinage et non le C.E.T. lui-même ;
- une autre cause possible est la confusion avec l'odeur de l'élevage de poulets, proche du C.E.T.,

- dans environ 1/3 des cas d'évènements positifs, l'observateur signale que la détection de l'odeur dans l'environnement a entraîné la mise en œuvre d'un recouvrement des ordures par du compost ou l'enclenchement de la rampe d'aspersion avec une concentration de produit neutralisant variable de 0,5 % au maximum (5 % ?), selon le niveau d'odeur perçue.

Enfin, c'est parfois l'odeur du produit neutralisant ou celle du compost qui est perçue et ceci confirme l'impression générale de l'étude de 2006 selon laquelle une grande partie des odeurs générées sur le C.E.T. et perçues dans l'environnement étaient celles du produit neutralisant.

Au cours des visites, les opérateurs de l'ULg tentaient également de contacter les riverains et réalisaient une mini-enquête orale, de manière à récolter une impression générale sur leur ressenti de la pollution potentielle en provenance du C.E.T.

Dans le cas présent, il ne s'agit donc certainement pas de résultats statistiquement significatifs, mais essentiellement d'impressions qualitatives de riverains proches. En l'occurrence, les informations les plus complètes proviennent de 2 riverains habitant la rue des Cimentiers, à 850 mètres environ au nord est de la zone exploitée.

Ces mini-enquêtes peuvent être résumées par les éléments suivants.

- L'environnement est considéré comme modérément à fortement pollué (de 3 à 5 sur une échelle de nuisance de 0 à 6). Mais les plaintes seraient surtout imputables aux particules fines provenant non seulement du C.E.T., mais aussi des usines avoisinantes (cimenteries, carrières, incinérateur). L'odeur était parfois gênante par le passé, mais la situation s'est améliorée. Cette amélioration ne semble cependant pas dater des 12 derniers mois, mais bien de 2 ou 3 ans, suite à une gestion de plus en plus performante des émissions gazeuses dans le processus de traitement des déchets.
- La fréquence d'occurrence des odeurs dérangeantes n'est pas plus élevée qu'environ une fois par mois. Quand elles sont perçues, leur niveau est estimé au milieu de l'échelle d'appréciation (odeurs "distinctes" à "fortes") et elles sont qualifiées d'odeurs de poubelle (pourri, âcre). Par contre, les odeurs de produits neutralisants ou celles de l'élevage proche ne sont pratiquement jamais ressenties comme gênantes.
- Les conditions météorologiques les plus propices à l'apparition des odeurs sont les jours de brume de pluies en l'absence de vent (nb: il s'agit ici davantage d'indicateurs d'une stabilité atmosphérique générale, et non de causes d'une mauvaise dispersion). Les odeurs sont plus importantes au mois de septembre (selon un riverain, lors de la fermeture annuelle de l'incinérateur, mais, cette année 2010, celle-ci a eu lieu en juin-juillet).
- Le charroi vers le C.E.T. s'avère finalement plus gênant que l'odeur des zones exploitées sur le site. Les riverains situés sur une voie d'accès importante (comme la rue des Cimentiers) sont fort perturbés par le bruit, les vibrations et les poussières générés par les camions transportant les déchets.

Enfin, les opérateurs eux-mêmes ont fait état d'impressions personnelles qualitatives sur la nature et la fréquence des odeurs perçues.

Nonobstant une quantité plus faible d'organiques enfouis en C.E.T., l'odeur de déchets frais est toujours bien présente, mais peut parfois être mélangée, voire confondue avec celle du biogaz.

La génération d'odeur pourrait être expliquée par la taille de la zone de travail (beaucoup plus importante que sur les autres C.E.T.), de l'ordre d'un hectare. Quant au compost, il sert de biofiltre, mais reste néanmoins poreux au passage d'odeur (chemins préférentiels) et, parfois, peut générer sa propre odeur.

B. Evolution de la problématique des odeurs et variabilité des émissions

Depuis 2002, date de la première étude que l'ULg menée sur le site d'Hallembaye, la problématique des odeurs a beaucoup évolué.

En 2002, le débit d'odeur estimé (46.246 uo/s) et la distance maximale de perception (390 mètres) restaient assez faibles. La méthodologie de traçage d'odeur sur le terrain n'impliquait, à l'époque, qu'une détection passive aux alentours du site, sans "traquer" l'odeur au-delà des reliefs.

En 2006, le débit (148.800 uo/s) et la distance maximale de perception (750 mètres) avaient significativement augmenté. Cela était principalement imputable à l'odeur du produit neutralisant (considérée comme faisant partie de l'odeur globale générée par le site).

En 2008, une étude d'Odometric qui visait essentiellement à évaluer l'impact sur la nuisance olfactive de la mise en route du nouvel incinérateur Uvelia et de la diminution de la quantité de matières organiques déposées en C.E.T. a été réalisée. Il s'agissait de simuler le mieux possible cette future situation. Des conditions de non-activité sur le site, typiques par exemple des week-ends et jours fériés, avaient alors été jugées assez représentatives.

Dans ce cadre, une mesure a été réalisée par Odometric le 25 janvier 2008, selon la même procédure ("olfactométrie déambulatoire et rétro-calcul") et a confirmé ce débit de 2006. La distance maximale de perception de l'odeur du site était de 850 mètres et le débit ajusté était de 183.800 uo/s (même ordre de grandeur qu'en 2006). Ce niveau de débit était en grande partie expliqué par le produit neutralisant. Un débit typique moyen de 150.000 uo/s pouvait donc être considéré comme représentatif des émissions d'odeur durant les activités "normales" sur le site.

Deux mesures ont été réalisées, l'une le samedi 26 janvier 2008 et l'autre le samedi 13 décembre 2008. Les résultats étaient assez similaires. Dans les deux cas, les distances maximales de perception étaient de 400 mètres. Les débits d'odeur ont été estimés respectivement à 33.000 uo/s et 21.200 uo/s, soit un débit moyen de 27.100 uo/s. Ces mesures ont été réalisées en l'absence de brumisation du produit anti-odeur, ce qui peut amplifier la différence entre la situation d'activité et celle d'inactivité sur le site.

Dans la situation "avant Uvelia", on pouvait donc considérer une variabilité de la source "C.E.T." selon le principe suivant:

- un débit de 150.000 uo/s du lundi au vendredi entre 7h et 17h ;
- un débit de 27.100 uo/s en dehors de ces périodes.

La simulation a été réalisée avec le modèle ADMS4, le climat moyen de Bierset et la prise en compte du relief du site et de son environnement.

En 2008, Odometric avait ensuite considéré que la situation future (à l'époque), lorsque l'usine d'incinération allait être opérationnelle, pourrait être simulée par une activité sur le C.E.T. comparable à celle rencontrée le samedi, soit un débit de 27 100 uo/s, applicable cette fois tous les jours de la semaine et 24 heures sur 24.

La Figure 20 montre les percentiles 98 pour 1 uo/m³ ainsi calculés. En trait continu bleu, il s'agit de la situation "après" Uvelia et en trait discontinu rouge, il s'agit de la situation "avant" Uvelia.



Figure 20 : Percentile 98 correspondant à 1 uo/m³ obtenu avec le modèle ADMS4 et la prise en compte du relief pour les conditions "avant" Uvelia (trait discontinu rouge) et "après" Uvelia (trait continu bleu) (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7).

Le percentile "avant" a un diamètre moyen de 2.100 mètres et le percentile "après" est logiquement plus petit. La différence entre les deux situations n'est cependant pas très marquée, surtout à l'ouest, car c'est une direction pour laquelle les vents faibles ont davantage d'influence. L'impact du relief est également bien visible sur la figure. Le retrait de la zone d'impact au sud-ouest est dû à la présence d'un sommet que les odeurs doivent contourner par vent faible (par vent plus important, elles passent au-dessus). Pour les 5 riverains sélectionnés (voir Tableau 17), le Tableau 18 indique la concentration d'odeur au percentile 98, le taux de dépassement de 1 uo/m³ et la concentration d'odeur maximale perçue pour la situation "avant" Uvelia et pour la situation "après" Uvelia.

Riverain	Concentration d'odeur au P 98 (uo/m ³)		Taux de dépassement de 1 uo/m ³ (%)		Concentration d'odeur maximale (uo/m ³)	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Riverain 1	0,4	0,2	1	0	9	2
Riverain 2	1,5	1,1	3	2	20	7
Riverain 3	2,3	1,8	4	3	26	7
Riverain 4	1,8	1,1	4	2	32	11
Riverain 5	1,0	0,6	2	1,5	24	4

Tableau 18 : Impacts olfactifs de l'exploitation "avant et après Uvelia" sur les 5 riverains sélectionnés. (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

C'est surtout pour la concentration d'odeur maximale que l'on observe des différences entre les deux situations. En cas d'évènements odeur, ces riverains ressentiront donc une concentration plus faible.

C. Observation quantitatives - Traçages d'odeur sur le terrain

Au total, 6 tours odeur ont été réalisés sur le terrain entre le 12 mars 2010 et le 7 juillet 2010, couvrant donc une période de 4 mois. Durant cette période, plusieurs situations différentes d'un point de vue météorologie et exploitation ont été rencontrées. Les mesures ont été réalisées généralement en fin de matinée ou en début d'après midi, durant des périodes d'activité normale du C.E.T. Les jours de mesures étaient les suivants : les 12 et 24 mars, le 28 avril, le 19 mai, le 7 juin et le 7 juillet 2010.

La rose des vents globale pour les 6 périodes d'étude (Figure 21), montre que l'époque était particulièrement propice aux vents de secteurs ouest, sud-ouest. Cela dit, d'autres secteurs de vent ont également été observés : vents du sud, du sud-est et du nord.

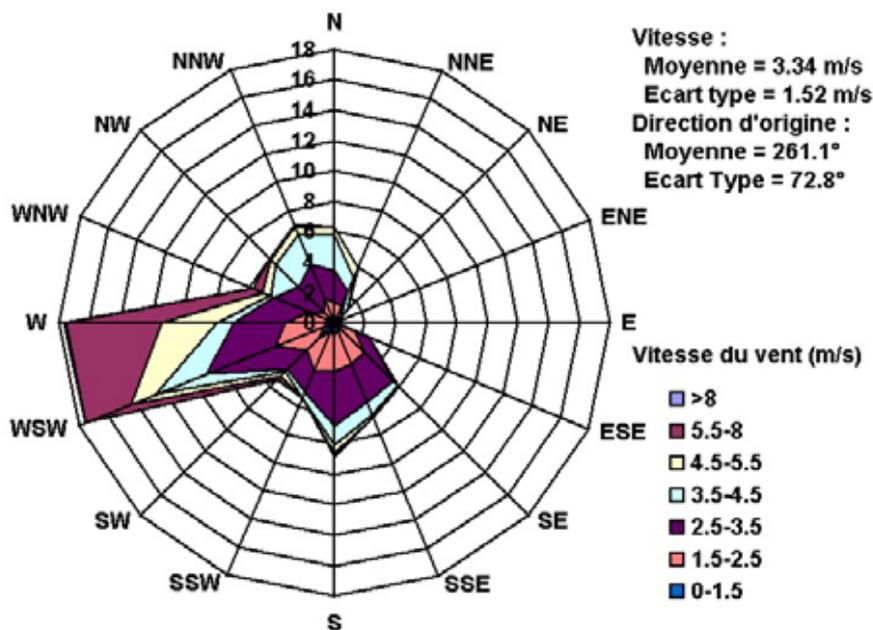


Figure 21 : Rose des vents globale pour les 6 périodes de mesure
(source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

Chacun des points de mesure a fait l'objet d'un repérage au GPS. Pour assurer la précision de la mesure, l'appareil était étalonné par "calage" sur un point de coordonnées connues au début de chaque mesure, ce qui permettait de déduire des termes correcteurs pour les coordonnées Lambert.

La station météo était placée dès l'arrivée, sur la butte le long du chemin d'accès, à l'est de la zone exploitée, puis démontée en fin de mesure. Le gestionnaire était toujours prévenu de la visite de l'ULg.

Le traçage d'odeur durait environ 1 heure. Chaque détection d'odeur était confirmée par plusieurs passages à des moments différents.

Après traitement des données (dans le logiciel Tropos), les résultats furent ensuite présentés sur fond de carte IGN dans ArcMap.

A titre exemplatif, la Figure 22 montre un exemple des données récoltées et traitées pour un tour odeur (une journée de travail réalisée en mars 2010). On observe également la courbe limite ajustée par le modèle (en bleu), les endroits où l'odeur a été détectée, les conditions météorologiques moyennes observées pendant la mesure et les valeurs de débit ajusté par Tropos.

Vendredi 12 Mars 2010 (15h10 – 16h00)

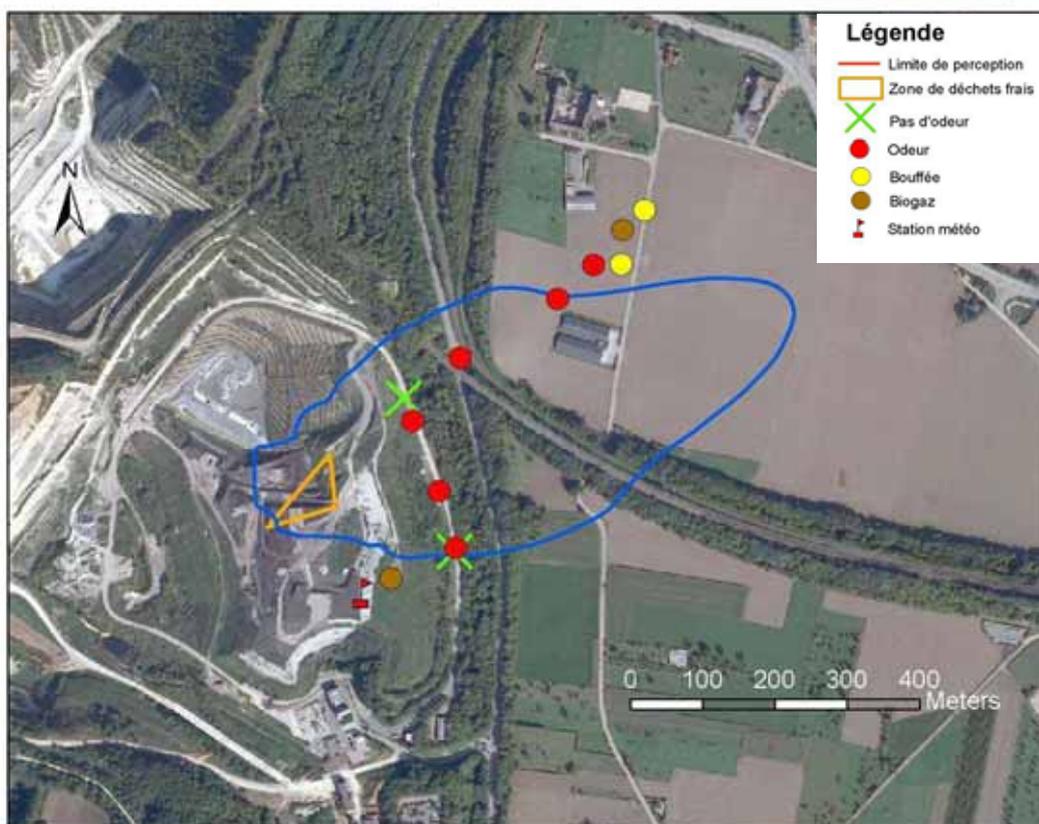
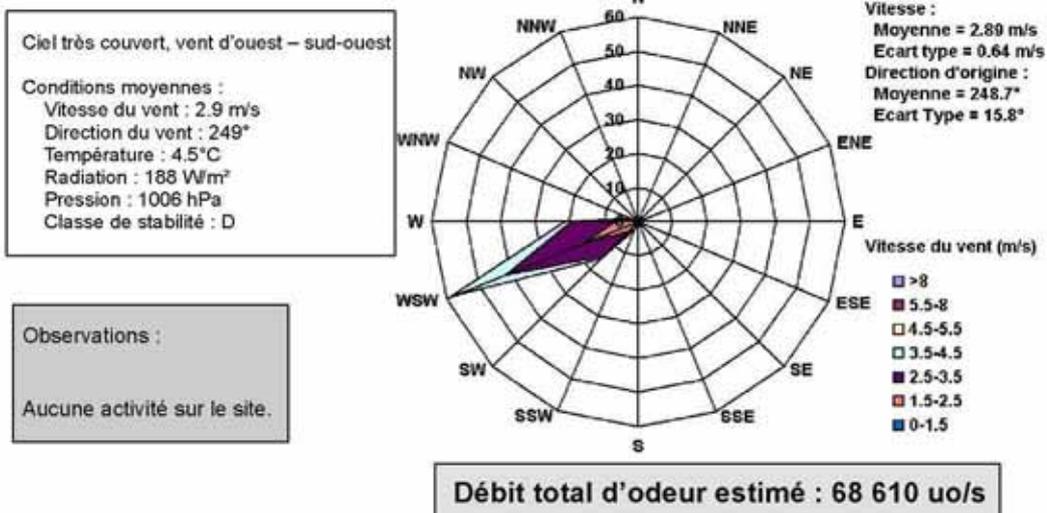


Figure 22 : Courbe limite de perception de l'odeur ajustée par le modèle pour le 12 mars 2010 (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

Les résultats des différentes journées de mesures sont présentés dans le Tableau 19.

Tableau 19 : Synthèse des résultats d'ajustement du débit d'émission d'odeur aux limites de perception mesurées (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

Date	Direction du vent (°)	Vitesse du vent (m/s)	Ensoleillement (W/m ²)	Classe de stabilité	Distance max (m)	Débit d'émission (uo/s)
12/03/10	249	2.9	188	D	720	68 610
24/03/10	151	2.7	505	B	370	51 950
28/04/10	175	2.3	783	B	460	139 700
19/05/10	347	3.5	757	B	800	369 900
07/06/10	263	5.8	866	C	770	169 300
07/07/10	283	2.5	863	B	600	110 600

Au sujet de ces 6 périodes, les précisions suivantes méritent d'être signalées :

- Le 19 mai, il y avait un problème au niveau du traitement de l'air de la fosse de stockage des percolats, qui pouvait engendrer l'émission d'odeurs de type "H₂S" et/ou "percolats". Ceci pourrait justifier le débit d'odeur élevé mesuré ce jour-là. Selon les opérateurs de terrain, c'est bien une odeur de déchets qui était perçue, mais il est vrai qu'il est parfois difficile de distinguer les différentes tonalités d'odeur en provenance du C.E.T.
- Le 7 juillet était une journée située dans la période comprise entre le 28 juin et le 18 juillet, date de maintenance de l'incinérateur. Des déchets organiques étaient donc déposés en C.E.T.
- Durant les deux premières journées de mesure (12 et 24 mars), aucune activité particulière n'a été observée sur le site, alors que le 28 avril et le 7 juin, plusieurs camions sont venus déverser des déchets et les "pieds-de-mouton" étaient en activité pour les étaler et les compacter.

En synthèse donc, chaque jour d'observation correspond à une situation particulière et il serait extrêmement délicat d'utiliser, comme à l'accoutumée, le débit moyen calculé à partir de ces 6 mesures comme débit "typique" du site. Il semble cependant se dégager 5 situations caractéristiques, correspondant à autant de débits d'odeur:

- Situation "ORGANIKES": un débit aux alentours de 110.000 ... 150.000 uo/s pour la situation "avant Uvelia" (ou durant les périodes de maintenance de l'incinérateur), lorsque les déchets organiques sont enfouis dans le C.E.T., pendant la journée ;
- Situation "WEEK ENDS": un débit de 21.000 ... 33.000 uo/s pour la situation de non-exploitation, typique des week-ends et jours fériés ;
- Situation "NUIT" : un débit de l'ordre de 52.000 ... 68.000 uo/s pour la situation "après Uvelia" (sans déchets organiques sur le C.E.T.), mais en l'absence d'activité particulière sur le site. Ce pourrait être une situation typique de la semaine, mais en dehors de la période d'activité ;
- Situation "ACTIVITE" : un débit de l'ordre de 140.000 ... 170.000 uo/s pour la situation "après Uvelia" (sans déchets organiques sur le C.E.T.), mais en pleine période d'activité (arrivage de déchets, étalement et broyage) ;
- Situation "INCIDENT" : un débit pouvant monter jusqu'à 370.000 uo/s en cas d'anomalies de fonctionnement de l'un des sous-systèmes.

La figure 15 montre les panaches d'odeur (à 1 uo/m³) obtenus pour les mêmes conditions météorologiques et la même géométrie d'émission (19 mai 2010) pour chacune de ces situations.

Selon le cas (Figure 23), le panache peut s'étendre de 150 mètres (cas "week-ends") à 750 mètres (cas "incidents"). Il est cependant observé qu'en période normale d'activité, les mesures de terrain ne permettent pas d'apprécier des débits d'odeur, et donc des panaches d'odeur, forts différents entre la situation "ORGANIQUE" et celle "ACTIVITE". La différence pourrait éventuellement se manifester davantage en dehors des périodes d'intense activité (ce qui a été appelé situation "NUIT").

Remarque : l'étude de l'ULg a tenu compte, pour le calcul des débits, des "tours odeurs" réalisés par l'exploitant.

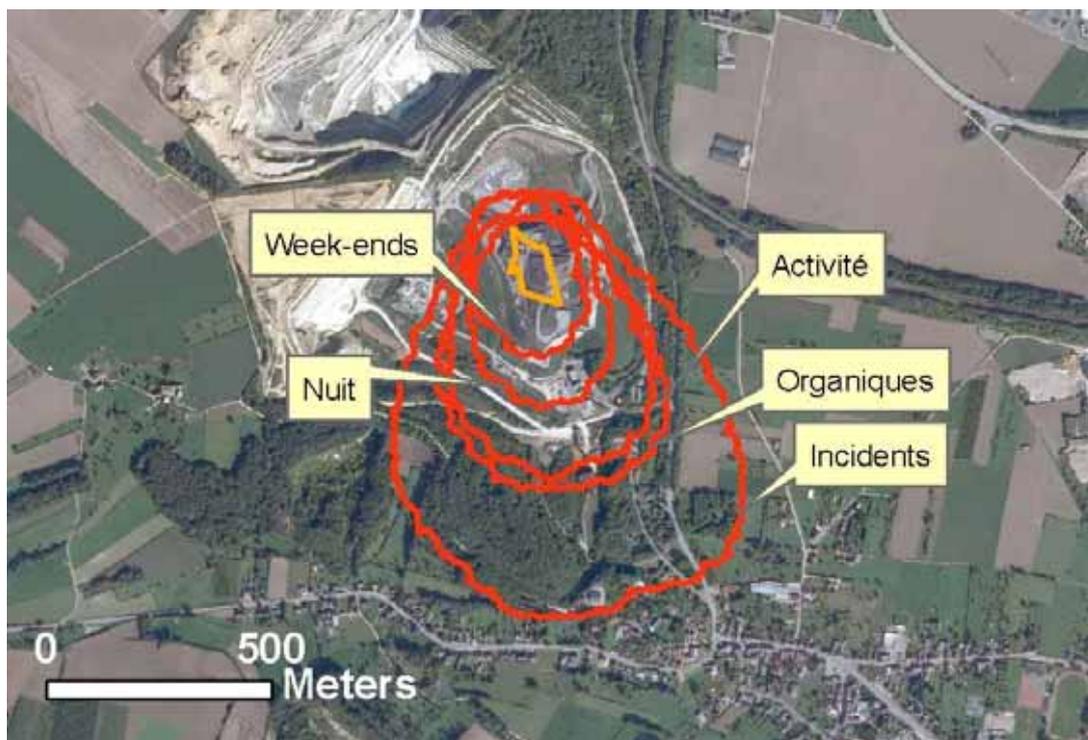


Figure 23 : Panaches d'odeur obtenus pour les mêmes conditions météorologiques, mais selon différentes situations de process sur le site (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

D. Simulation

Pour cette étude, à défaut d'une valeur moyenne de débit d'odeur statistiquement fiable, l'ULg a la chance de pouvoir disposer d'estimations de débits correspondant aux différentes situations possibles (activité, nuit, week-end, incident).

En tenant compte de la variabilité dans les émissions, la simulation de la dispersion des odeurs a été réalisée en considérant les débits suivants :

- 150.000 uo/s entre 8h et 17h pendant la semaine ;
- 60.000 uo/s en dehors de ces heures ;
- 27.000 uo/s durant les week-ends ;
- 370.000 uo/s pendant 2 % du temps durant les heures de travail en semaine (simulation des éventuels incidents).

Sur cette base, l'extrapolation a été réalisée en introduisant dans le modèle le climat moyen de Bierset, situé à 19 km à vol d'oiseau du C.E.T. Le percentile 98 correspondant à 1 uo/m^3 est tracé à la Figure 24. Rappelons qu'à l'extérieur de cette zone, on reste sous la concentration correspondante pendant 98 % du temps. Comme la concentration de référence est précisément de 1 uo/m^3 , qui correspond à la limite de perception olfactive, cela signifie qu'en dehors de la zone ainsi définie, l'odeur n'est perçue que pendant moins de 2 % du temps (ou moins de 175 heures sur l'année). Comme on le constate sur la Figure 24, la zone définie de nuisances englobe essentiellement les villages de Loën au nord-est et Froidmont et Hallembaye au sud. Il s'agit d'une sorte d'ellipse de grand axe dirigé dans le sens des vents dominants et valant environ 2.750 mètres, le petit axe valant environ 2.500 mètres. Ces distances ainsi estimées correspondent assez bien aux impressions générales ressenties pendant la campagne de mesure et aux avis des riverains rencontrés.



**Figure 24 : Percentile 98 correspondant à 1 uo/m³ et au climat annuel moyen
(source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)**

De manière plus spécifique, les valeurs d'exposition des 5 riverains pris comme exemple sont reprises dans le tableau 4.

Riverain	Concentration correspondant au percentile 98 (uo/m ³)	Pourcentage de temps de dépassement de 1 uo/m ³ (%)
Riverain 1	1,5	4
Riverain 2	4,0	10
Riverain 3	3,5	5,5
Riverain 4	3,0	7
Riverain 5	1,3	2,5

**Tableau 20 : Valeurs d'exposition pour les 5 riverains pris comme exemple
(source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)**

Si les hypothèses adoptées sont exactes, la zone de nuisance ainsi estimée est sensiblement plus petite que celle estimée en 2006. Pour rappel, les axes de "l'ellipse" valaient respectivement 5 et 4 km en 2006, et cette taille était surtout imputable à l'odeur du produit masquant. Evidemment, des éléments comparés ne sont pas tout à fait équivalents, puisqu'en 2006, il n'avait pas été tenu compte de la variabilité temporelle et de l'éventuelle diminution du débit en période d'inactivité. Cependant, il a été estimé que la prise en compte de la variabilité est indispensable dans le cas présent, car, avec peu de matière organique sur le site, la différence d'émission entre la période d'intense activité et la période où les déchets sont au repos doit être beaucoup plus marquée que lorsque des déchets organiques continuent à fermenter le soir ou la nuit.

Cette remarque est cependant tempérée par le fait que l'on continue quand même exceptionnellement à déposer des matières organiques sur le C.E.T., notamment en période de maintenance de l'incinérateur. Ces périodes ont été estimées à quelques pourcents du temps seulement. Mais c'était sans tenir compte de l'inertie du phénomène de fermentation. Un déchet organique déposé au temps "t" continue à fermenter sur une période très longue, et donc à émettre une odeur sur quelques semaines, voire quelques mois. Néanmoins, en l'absence de données précises à ce sujet et en supposant que l'exploitant prend alors des précautions

particulières lors de ces périodes de maintenance (couverture par du compost, ...), les hypothèses de départ sont conservées.

Influence du climat et du relief

Le percentile 98 a été calculé avec le climat moyen de Bierset. Il s'agit en fait d'un fichier recalculé sur base de tableaux de données publiés par l'Institut Royal Météorologique^[22]. L'avantage de ces tableaux est que les mesures ont été vérifiées et validées et que les classes de stabilité qui en sont déduites ont été estimées sur base d'algorithmes fiables. De plus, il s'agit d'une réelle année moyenne, reconstituée sur base d'un grand nombre d'années de mesure (24 années dans ce cas particulier de Bierset).

L'inconvénient de ces tableaux est qu'ils font référence d'une part à des données de Bierset, et non exactement d'Hallembaye et, d'autre part, à des mesures réalisées dans la période 1965-1988, qui n'est sans doute plus représentative du climat actuel.

Une alternative est de se référer aux données enregistrées par l'exploitant sur le site-même du CET. Des données horaires nous ont été transmises pour les années 2006-2007. Il s'agit de données récentes, mais cependant non validées par un institut de référence. Par ailleurs, aucune donnée de radiation solaire n'est disponible. La classe de stabilité de Pasquill a donc été estimée sur base de la vitesse du vent et de la couverture nuageuse. La Figure 25 montre les courbes correspondant au percentile 98 pour 1 uo/m^3 calculé par Tropos respectivement pour le climat moyen de Bierset (en bleu) et pour le climat 2006-2007 d'Hallembaye (en rouge).

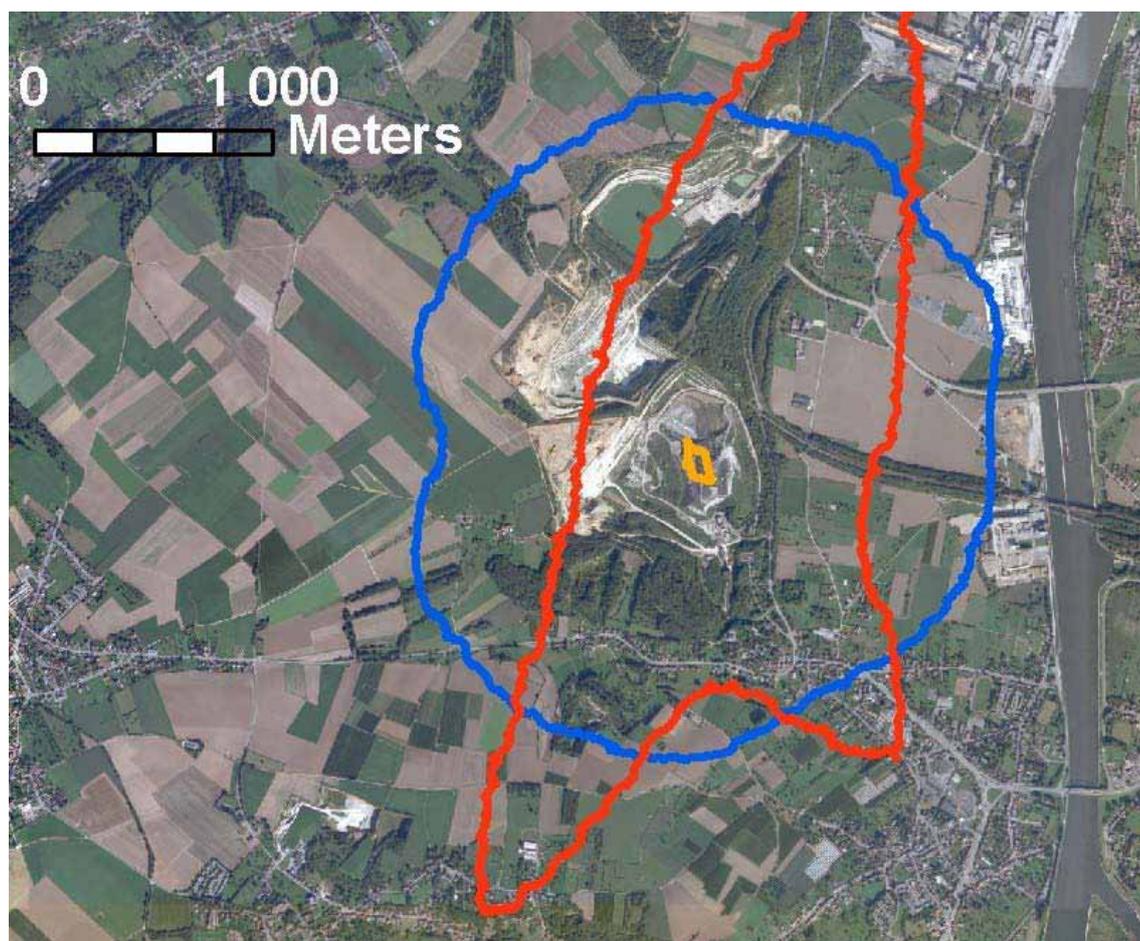


Figure 25 : Percentile 98 pour 1 uo/m^3 calculé par Tropos pour le climat moyen de Bierset (en bleu) et pour les données météorologiques 2006-2007 enregistrées à Hallembaye.

(source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

Si, globalement, les tailles des deux zones ainsi définies sont assez similaires, les formes sont fort différentes. Le percentile obtenu avec les données d'Hallembaye est nettement moins circulaire que celui calculé à partir du climat moyen de Bierset. Sa forme est plus allongée dans le sens des vents dominants. Comme la station météorologique du site est située en bordure est du C.E.T., au milieu de la dénivellation, elle n'est probablement pas idéalement placée pour fournir des mesures représentatives de l'ensemble du site et de son environnement. La Figure 26 montre d'ailleurs la différence entre les roses des vents résultant des deux séries de données.

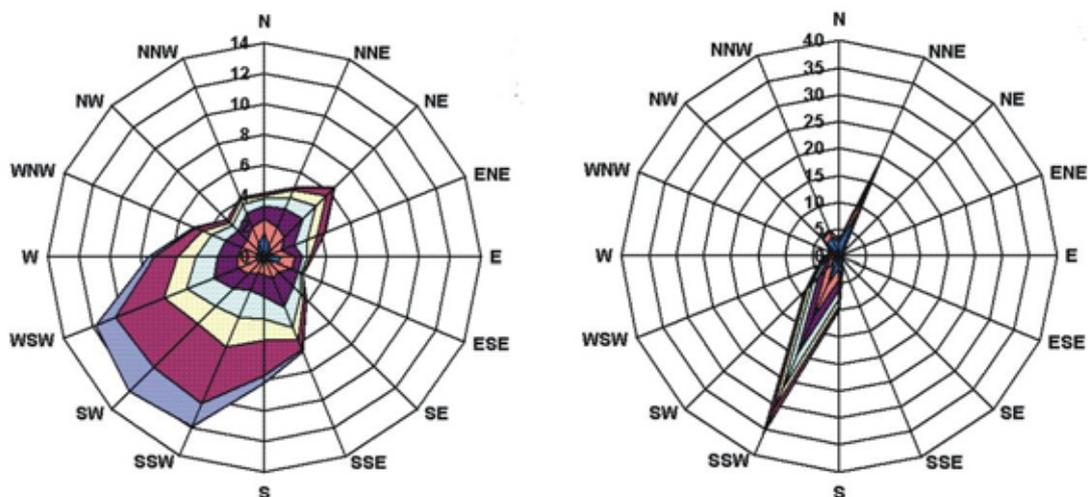


Figure 26 : Roses des vents du climat moyen de Bierset (à gauche) et de la météo 2006-2007 enregistrée sur le site (à droite) (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

La rose de droite, dessinée à partir des données enregistrées sur le site par l'exploitant, indique une directionnalité exagérée par rapport à la réalité. Il est probable que le vrai percentile se situe quelque part entre ces deux scénarios.

Un deuxième effet qui peut être mis en évidence dans le cas présent est la possible influence du relief du site et de son environnement sur le transport et la dispersion du panache odorant.

Comme mis en évidence dans le rapport de la campagne précédente^[14], le relief du site d'Hallembaye est particulièrement perturbé. Le C.E.T lui-même est localisé entre le versant ascendant de l'ancienne carrière, assez abrupt vers l'ouest et présentant un dénivelé de 60 mètres, et la descente vers le canal Albert et la Meuse, qui sont encore 40 mètres plus bas vers l'est.

En outre, la vallée du ruisseau d'Hallembaye, à 800 mètres de la zone de déversement vers le sud, peut être à l'origine d'un effet de couloir sur le transport des odeurs.

Enfin, au nord, il existe encore une carrière de craie exploitée par CBR qui peut également perturber de manière significative le panache d'odeur. Un chemin mène de cette carrière à la cimenterie CBR. Il est assez encaissé et peut également créer un effet de couloir pour le transport de l'odeur.

Entre l'actuel C.E.T. et la carrière encore en exploitation, il existe un ancien front de taille qui constitue un véritable mur de 200 à 300 mètres d'épaisseur à travers lequel est creusé le tunnel du chemin de fer.

La Figure 27 et la Figure 28 montrent par exemple les points relevés le 19 mai 2010 respectivement sur une photographie aérienne drapée sur le relief du site et sur une interpolation réalisée par krigeage dans Surfer. Il est indéniable, selon ces figures, que le relief peut éventuellement influencer la manière dont l'odeur se déplace.



Figure 27 : Points "odeur" relevés le 19/05/2010 dessinés sur une photo aérienne drapée sur le relief du site (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

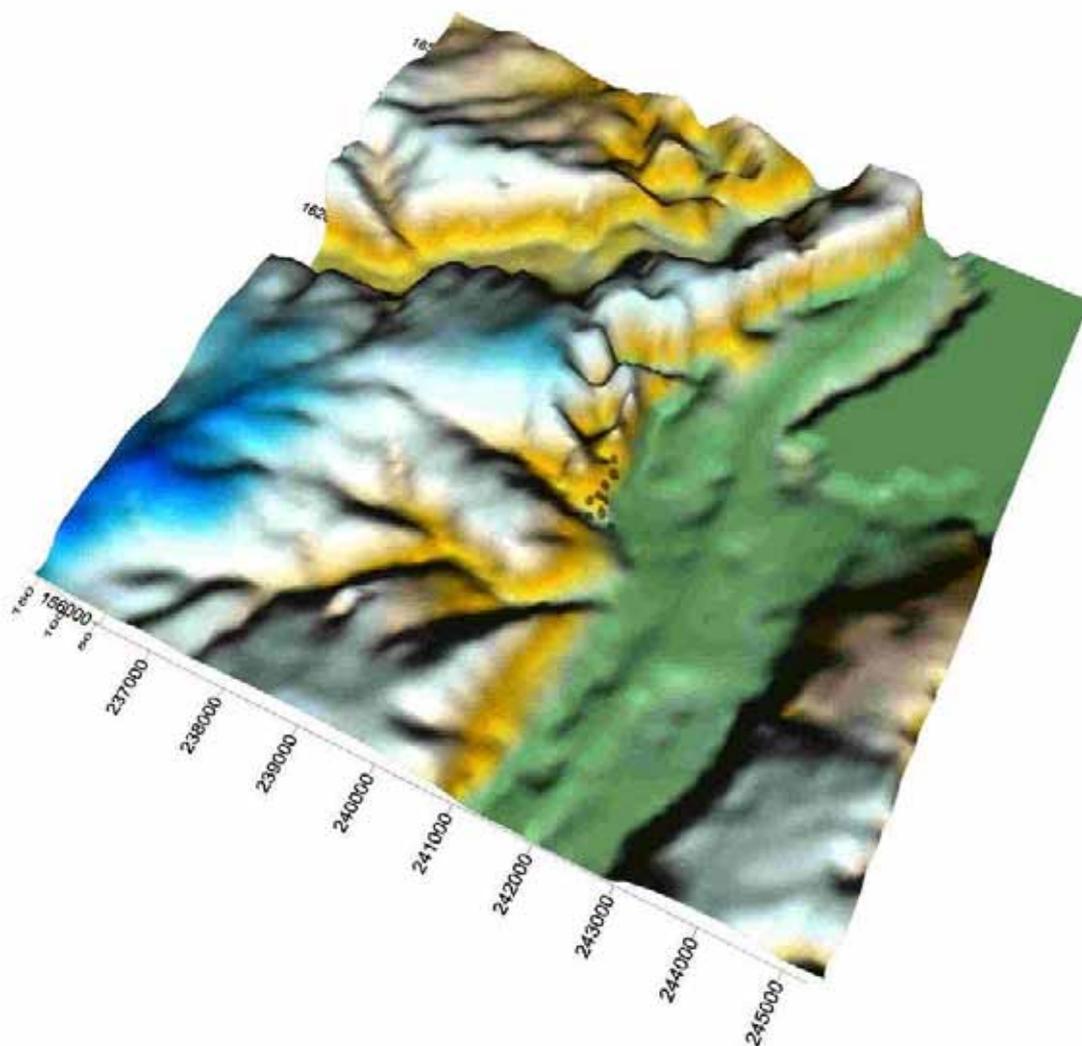


Figure 28 : Points "odeur" relevés le 19/05/2010 dessinés sur une interpolation par krigeage réalisée dans Surfer (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

L'ULg a donc tenté de calculer le percentile 98 avec le logiciel ADMS4 qui permet l'introduction du relief dans la modélisation. La Figure 29 montre le percentile ainsi obtenu respectivement sans relief (en trait continu) et avec relief (en trait discontinu).

Sans la prise en compte du relief, la forme du percentile calculé par ADMS4 est assez proche de celle obtenue par TROPOS. Avec le relief cependant, la forme est fort différente ; l'explication physique de cette forme en étoile n'est cependant pas évidente. On y distingue clairement les effets d'obstacle du flanc de carrière et les effets de couloir du canal Albert et de la Meuse. Pour les langues s'étendant au nord-ouest et au sud-ouest, il est probable qu'il faille à la fois tenir compte des effets d'obstacle et des effets de vents calmes dans certaines directions.



Figure 29 : Percentile 98 calculé par ADMS4 sans prise en compte du relief (trait continu) et avec prise en compte du relief (trait discontinu) (source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

E. Synthèse et conclusions

Le débit d'odeur généré par le C.E.T. d'Hallembaye semble assez variable, dans cette situation où la matière organique n'est plus déposée qu'épisodiquement. Il peut varier entre 27.000 uo/s et 370.000 uo/s selon le moment et l'activité sur le site.

La prise en charge de la matière organique par l'incinérateur et non plus par le C.E.T. ne semble pas avoir modifié fondamentalement le débit d'odeur durant les heures d'exploitation du site. Ceci pourrait être dû en partie à la grande taille de la zone de travail (de l'ordre de 10.000 m²).

Une amélioration lente semble cependant être observée, tant au niveau de cette dernière campagne qu'au niveau de la réaction des riverains. Ceux-ci se plaignent davantage du charroi que de l'odeur du C.E.T. proprement-dit. Cette amélioration ne date pas des 12 derniers mois, mais bien de 2 ou 3 ans, suite à une gestion de plus en plus performante des émissions gazeuses dans le processus d'enfouissement des déchets.

Si, en régime, la matière organique n'est plus enfouie en C.E.T., il faut cependant tenir compte des périodes de panne et de maintenance de l'usine de traitement Uvelia, durant lesquelles les déchets sont orientés vers le C.E.T. d'Hallembaye. Ces déchets continuant à fermenter durant plusieurs semaines peuvent continuer à générer une odeur, même si les dépôts ont cessé.

Lorsque la variabilité des émissions d'odeur est prise en compte, la zone de nuisance, identifiée par le percentile 98 à 1 uo/m³, reste de taille modérée et, en tout état de cause, est inférieure à

celle calculée en 2006. Seuls les villages de Loën (au nord-est) et de Froidmont (au sud-ouest) semblent atteints.

5.3.5 Comparaison par rapport aux statistiques du réseau

Le Tableau 21 compare les résultats obtenus pour le site d'Hallembaye aux statistiques établies pour l'ensemble des C.E.T. du réseau en ne retenant que la dernière campagne pour chaque site (voir "Rapport annuel sur la qualité de l'air autour des C.E.T., deuxième édition : 2011"^[4.9]). Le tableau reprend les débits d'émission et les distances maximales des zones de nuisances (percentile 98 à 1 uo/m³).

Tableau 21 : Nuisances olfactives : comparaisons aux statistiques du réseau
(source : rapport ULg – cfr. Annexe 7)

	Réseau			Hallembaye		
	Min.	Max.	Moy.	Min. 2010	Max. 2010	Moy.2006
Débit d'émission (uo/s)	8.000	65.700	38.600	27.000	370.000	148.800
Distance max. de nuisances (m)	700	1.800	1.300	150	750	750

Les mesures effectuées en 2010 sont significativement supérieures aux valeurs moyennes établies dans le deuxième rapport annuel. Toutefois, la comparaison des valeurs n'est pas si simple car les résultats ne sont pas globalisés mais différenciés selon les différentes situations de process sur le site.

La simulation effectuée par le modèle, tenant compte de la variabilité des émissions, donne une valeur minimum de 27.000 uo/s en période de weekend pour une distance limitée à 150 m. La valeur maximale de 370.000 uo/s correspond à 2 % du temps durant les heures de travail en semaine pour un épisode considéré comme "incidents" sur une distance de 750 m.

5.4 Qualité de l'air

Cette partie de l'étude est systématiquement confiée à la cellule Qualité de l'Air de l'ISSeP (responsable Guy Gérard). Le rapport complet de cette campagne de mesures, de même que son rapport annexe relatif à la comparaison des résultats ISSeP et exploitant, rédigés par Sébastien Fays et Robin Laruelle, sont fournis intégralement à l'annexe 8 (rapports ISSeP n°6467/2010 et n° 6466/2010). Le texte de ce chapitre constitue un résumé de leur travail.

5.4.1 Méthodologie générale

Par "qualité de l'air ambiant", on entend "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.

La qualité de l'air atmosphérique dans l'environnement proche du C.E.T. est étudiée via l'installation de laboratoires mobiles durant une période suffisante et à des emplacements judicieusement choisis. Ces cabines sont équipées de moniteurs analytiques permettant des analyses 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 points situés directement en bordure du site étudié :

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

Depuis 2010, ces notions de "cabine amont" et de "cabine aval" par rapport au C.E.T. ont été abandonnées 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 mesurées entre les deux cabines (bruit de fond vs pollution maximale) n'était pas représentative de l'impact réel du C.E.T. Une nouvelle façon d'aborder la problématique "Qualité de l'air" a dès lors été mise en œuvre, il s'agit de calculer l'apport moyen en 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. Ce secteur est défini par rapport à l'emplacement de la cabine d'analyses et aux limites géographiques du C.E.T. On calcule alors deux concentrations moyennes :

- Celle englobant toutes les mesures réalisées lorsque le vent provient du secteur C.E.T. ;
- Celle englobant toutes les autres directions, qui, en l'absence de source externe significative, peut être considérée comme le "bruit de fond local".

Le rapport entre les deux concentrations est une manière de quantifier l'impact du site au point de mesure.

Dans ce nouveau contexte interprétatif, l'implantation des cabines n'est plus uniquement choisie 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 ordinairement utilisés comme traceurs de la pollution atmosphérique générée par l'activité du site :

- le méthane (CH_4), 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_2S), 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 ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}$) et le pinène ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}$), traceurs de l'odeur des "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".

Plus précisément, une rose de pollution est une représentation, pour une station (laboratoire mobile) et un polluant donnés, de la concentration moyenne de ce polluant associée à chaque direction du vent. On calcule donc, pour chaque secteur géographique, la moyenne des valeurs mesurées pour les directions de vents incluses dans ce secteur. On obtient une répartition par secteur dont la longueur est proportionnelle à la concentration de la pollution arrivant au point de mesures lorsque le vent provient de ce secteur.

Les roses sont réalisées après filtrages des données pour éliminer les concentrations mesurées par vent trop faible. Traditionnellement, et pour suivre les bonnes pratiques internationales en la matière, le seuil de 1 m/s est utilisé.

5.4.2 Stratégie d'échantillonnage

Cette étude s'est déroulée en deux temps selon la stratégie suivante :

- Une première campagne de mesures, appelée "**Campagne C.E.T.**", a été réalisée du 3 mars au 9 mai 2010. Les deux points de mesures, appelés "RMHA01" et "RMHA03" ont été positionnés au nord-est et au sud-est du site, soit tous deux en directions de la vallée de la Meuse ; l'un d'eux (RMHA01) en aval par rapport à la direction des vents dominants et le second (RMHA03) en direction des riverains les plus proches (Hallembaye) (voir Figure 30). Le choix des emplacements a également été influencé par :
 - la volonté de pouvoir réaliser des comparatifs historiques: les points RMHA01 et 03 ont déjà fait l'objet de campagne en 2002 et 2006 ;
 - la possibilité de comparer les mesures à celles de l'autocontrôle : les points RMHA01 et 03 jouxtent les emplacements des cabines fixes utilisées par l'exploitant.
- Une seconde campagne d'analyses de la qualité de l'air, appelée "**Campagne Riverain**" a été entreprise à la suite de la première, du 11 mai au 12 juillet 2010. Les cabines ont toutes deux été déplacées vers des sites plus éloignés du C.E.T., chez des riverains ayant accepté d'accueillir ces dernières et habitant respectivement rue Thier Bruyères (au sud) et rue de Loën (au sud-est). Ces deux nouvelles stations, nommées RMAH04 et RMAH05 sont également reprises sur la Figure 30.

Pour obtenir un état des lieux des conditions météorologiques du site, le mat météo de l'ISSeP est resté à la station RMHA01 tout au long de l'étude, et donc durant les deux campagnes.



Figure 30 : Emplacement des stations de mesures de la qualité de l'air
(source : rapport ISSeP n°6467/2010)

5.4.3 Matériel et méthode de mesures et d'interprétation

Les stations de mesures se présentent sous la forme de remorques (3m x 2m x 2m) dans lesquelles sont installés les analyseurs et dont certaines sont équipées d'un mât météo. Elles sont interrogeables à distance par GSM. L'air échantillonné est prélevé par les analyseurs via une prise d'air située à environ 2,8 m du sol. Tous les tuyaux sont en téflon et les raccords sont en inox, afin de minimiser les possibilités d'adsorption des polluants sur les parois.

Les caractéristiques techniques des appareils, les principes de mesures et les paramètres de réglage utilisés durant cette étude sont repris dans le rapport en annexe 8. Une calibration et un contrôle des paramètres des analyseurs sont périodiquement effectués.

Chaque station possède un système d'acquisition raccordé, par liaison série, aux différents analyseurs. Il réalise une lecture des canaux de mesures toutes les 5 secondes et calcule des moyennes semi-horaires pour conserver la compatibilité des mesures avec celles du réseau télémétrique de mesures de la qualité de l'air en Région wallonne.

Le Tableau 22 résume les paramètres mesurés sur chaque emplacement des cabines de mesures.

Tableau 22 : synthèse des stations de mesures de la qualité de l'air

(source : rapport ISSeP n°6467/2010)

	Station	Informations concernant la station de mesures	Polluants mesurés en continu	Paramètres météorologiques
Campagne "C.E.T."	RMHA01	Coordonnées Lambert : X = 240940 Y = 160671 Période de mesures : 03/03/2010 au 09/05/2010	CH ₄ H ₂ S BTEX LIMONENE α-PINENE	Direction du vent Vitesse du vent Température Humidité
	RMHA03	Coordonnées Lambert : X = 240943 Y = 160230 Période de mesures : 03/03/2010 au 09/05/2010	CH ₄ H ₂ S BTEX LIMONENE α-PINENE	-
Campagne "Riverains"	RMHA01	Coordonnées Lambert : X = 240940 Y = 160671 Période de mesures : 11/05/2010 au 12/07/2010	-	Direction du vent Vitesse du vent Température Humidité
	RMHA04	Coordonnées Lambert : X = 240839 Y = 159768 Période de mesures : 11/05/2010 au 12/07/2010	CH ₄ H ₂ S BTEX LIMONENE α-PINENE	-
	RMHA05	Coordonnées Lambert : X = 241282 Y = 160101 Période de mesures : 11/05/2010 au 12/07/2010	CH ₄ H ₂ S BTEX LIMONENE α-PINENE	-

Dans les sections suivantes, la présentation et l'interprétation des résultats sont réalisées en quatre étapes :

- Examen des concentrations, des roses de pollution et des statistiques par secteurs obtenues lors de la "campagne C.E.T." ;
- Examen des concentrations et des roses de pollution obtenues lors de la "campagne riverain" ;
- Comparaison des résultats de la campagne "C.E.T. " avec l'autocontrôle simultané de l'exploitant ;
- Examen de l'évolution temporelle par comparaison des statistiques par secteurs obtenues lors de campagnes successives sur des stations identiques.

5.4.4 Résultats de la campagne de mesures "C.E.T."

La "campagne C.E.T." consiste à évaluer l'impact du C.E.T. en comparant la qualité de l'air ambiant en deux endroits situés en bordure du site étudié. Le premier est situé au nord-est du site, à environ 150 m du casier en activité et le second est situé au sud-est du C.E.T. (Figure 30).

Le Tableau 23 reprend les valeurs semi-horaires et journalières "moyennes, médianes, C95 et maximales" calculées pour la station RMHA01 durant la période de mesures. Le Tableau 24 reprend les valeurs semi-horaires et journalières "moyennes, médianes, C95 et maximales" calculées pour la station RMHA03 durant la période de mesures.

Tableau 23 : Qualité de l'air station RMHA01 : valeurs semi-horaires et journalières
(source : rapport ISSeP n°6467/2010)

	Valeurs semi-horaires				
	CH ₄ (mg/m ³)	H ₂ S (µg/m ³)	Benzène (µg/m ³)	Toluène (µg/m ³)	Limonène (µg/m ³)
Nb valeurs	3159	3264	2920	2520	2482
Moyenne	4,97	1	2,4	3,9	4,2
Médiane	2,27	1	2,3	3,3	1,4
C95	16,07	1	4,4	8,9	17,3
Maximum	64,57	19	13,4	79,9	117,3
	Valeurs journalières				
	CH ₄ (mg/m ³)	H ₂ S (µg/m ³)	Benzène (µg/m ³)	Toluène (µg/m ³)	Limonène (µg/m ³)
Nb valeurs	66	68	59	47	39
Moyenne	4,96	1	2,4	4,0	4,2
Médiane	4,65	1	2,5	4,0	2,9
C95	10,23	1	3,4	6,7	10,4
Maximum	15,87	19	3,5	8,4	12,5
Limites de détection: CH ₄ : aucune (valeur du bruit de fond, soit 1,35 mg/Nm ³), H ₂ S : 1 µg/Nm ³ , limonène : 0,10 µg/Nm ³ , benzène : µg/Nm ³ , éthylbenzène : 0,10 µg/Nm ³ , m+p-xylènes : 0,10 µg/Nm ³ , o-xylènes : 0,10 µg/Nm ³ , α-pinène : 0,10 µg/Nm ³ .					

Tableau 24 : Qualité de l'air station RMHA03 : valeurs semi-horaires et journalières
(source : rapport ISSeP n°6467/2010)

	Valeurs semi-horaires				
	CH ₄ (mg/m ³)	H ₂ S (µg/m ³)	Benzène (µg/m ³)	Toluène (µg/m ³)	Limonène (µg/m ³)
Nb valeurs	3238	3240	3233	3110	2870
Moyenne	2,39	3	0,9	1,1	0,2
Médiane	1,19	1	0,8	0,7	0,1
C95	8,10	10	1,8	3,1	0,3
Maximum	48,58	94	10,4	27,4	30,6
	Valeurs journalières				
	CH ₄ (mg/m ³)	H ₂ S (µg/m ³)	Benzène (µg/m ³)	Toluène (µg/m ³)	Limonène (µg/m ³)
Nb valeurs	67	68	68	62	61
Moyenne	2,40	3	0,9	1,1	0,2
Médiane	1,70	1	0,8	0,9	0,2
C95	6,18	8	1,4	2,5	0,6
Maximum	7,94	13	1,7	4,1	1,8
Limites de détection: CH ₄ : aucune (valeur du bruit de fond, soit 1,35 mg/Nm ³), H ₂ S : 1 µg/Nm ³ , limonène : 0,10 µg/Nm ³ , benzène : µg/Nm ³ , éthylbenzène : 0,10 µg/Nm ³ , m+p-xylènes : 0,10 µg/Nm ³ , o-xylènes : 0,10 µg/Nm ³ , α-pinène : 0,10 µg/Nm ³ .					

La figure 31 donne la rose des vents pour la période de mesures concernée (établie sur base des mesures enregistrées à la station météo implantée au niveau de RMHA01). Cette station a été installée à un endroit dégagé et situé sur les hauteurs du C.E.T. Ce lieu peut être considéré comme représentatif des conditions météorologiques pour la région.

Pour éviter la redondance et limiter la taille des tableaux, les résultats des calculs de moyenne par secteurs n'ont pas été repris dans les tableaux ci-dessus. Ils sont exclusivement intégrés au Tableau 27 et au Tableau 28 présentant l'évolution temporelle des impacts respectivement pour les stations RMHA01 et RMHA03. Pour la "campagne riverains", l'ensemble des roses de pollution présentent une allure isotrope, autrement dit, l'analyse par secteur ne se justifie pas. Les calculs ont été réalisés mais ne sont pas présentés dans ce rapport. Ils n'apportent aucune plus value à la qualité de l'interprétation.

5.4.5 Interprétation des résultats de la campagne de mesures "C.E.T."

A. Rose des vents et secteurs

La rose des vents présentée à la Figure 31 montre que les vents ont soufflé principalement du secteur sud-ouest (environ 45 % du temps) qui est d'ailleurs leur direction dominante pour la Belgique. Ensuite, les vents les plus fréquents ont été ceux du nord-est (environ 34 % du temps), du nord-ouest (environ 19 % du temps) et finalement du sud-est (environ 2 % du temps).



Figure 31 : Rose des vents – campagne "C.E.T.", du 03/03/2010 au 09/05/2010

(source : rapport ISSeP n°6467/2010)

Il est important de noter que la station RMHA01 a été exposée pendant une proportion importante du temps à des vents provenant des différentes zones potentiellement émettrices de polluants (zone d'enfouissement actuelle et récente, zone des installations de traitement des percolats et du biogaz). La station RMHA03 n'a subi de vents provenant des zones d'enfouissement qu'en très faibles proportions. Les interprétations doivent tenir compte de cet état de fait. Par contre, aucun des sous-secteurs pris en compte pour la réalisation des roses de pollution ne présente une "occurrence nulle". Les roses sont donc graphiquement complètes.

Les "secteurs C.E.T." sont définis comme suit :

- pour RMHA01 entre N160°E à N330°E ;
- pour RMHA03 entre N290°E à N10°E.

Les "secteurs non C.E.T." sont définis comme suit :

- pour RMHA01 entre N330°E et N160°E ;
- pour RMHA03 entre N10°E et N290°E.

B. Méthane

La pollution de fond en méthane dans un environnement exempt de sources importantes se situe aux alentours de 1,35 mg/m³. Les concentrations en méthane mesurées (valeurs semi-horaires) ont été supérieures à cette valeur pendant 85 % du temps en RMHA01 et 37 % du temps en RMHA03. Il n'existe pas de normes ou de valeurs-guides pour le méthane dans l'air ambiant. La figure 32 reprend les roses de pollution en méthane.



Figure 32 : Roses de pollution du méthane – campagne "C.E.T." du 03/03/2010 au 09/05/2010 (source : rapport ISSeP n°6467/2010)

La rose relative à la station RMHA01 montre un apport principal en direction du sud-ouest. On remarque que la direction de cette rose pointe un peu plus au sud par rapport au casier en activité. Ceci peut s'expliquer par le fait que la zone au sud du casier d'activité était elle-même exploitée les années précédentes. Le méthane étant un gaz produit lors de processus de dégradation pouvant s'étendre sur une longue période, cette zone serait toujours une source de méthane importante et ce d'autant plus si le réseau de collecte du biogaz n'est pas raccordé de façon optimale. La rose relative à la station RMHA03 montre un apport en provenance du nord-ouest, direction dans laquelle on retrouve le casier en activité ainsi que l'ancienne zone d'activité.

Dans le "secteur C.E.T", la moyenne des concentrations mesurées est de 4,59 mg/m³ pour RMHA01 et de 3,80 mg/m³ pour RMHA03. Dans le "secteur non C.E.T.", la moyenne des concentrations mesurées est de 1,36 mg/m³ pour RMHA01 et de 1,35 mg/m³ pour RMHA03 ce qui montre que le "bruit de fond local" est juste égal au bruit de fond standard pour l'environnement non pollué.

C. Sulfure d'Hydrogène (H₂S)

Durant la campagne de mesures, la valeur du seuil olfactif de 7 µg/m³ pour les valeurs semi-horaires données par l'OMS a été dépassée 6 fois pour la station RMHA01 (0,2 % du temps) et 292 fois pour la station RMHA03 (9 % du temps). Le seuil de nuisances olfactives pour les valeurs journalières est de 150 µg/m³. Celui-ci n'a jamais été atteint au cours de la campagne.

La figure 33 reprend les roses de pollution du sulfure d'hydrogène.



Figure 33 : Roses de pollution du sulfure d'hydrogène – campagne "C.E.T." du 03/03/2010 au 09/05/2010 (source : rapport ISSeP n°6467/2010)

Pour la station RMHA01, il n'y a pas d'apport significatif détecté. La rose relative à la station RMHA03 montre un apport principal en sulfure d'hydrogène en provenance de l'ouest, direction dans laquelle on retrouve la station d'épuration du C.E.T., les moteurs à gaz et les torchères. Cet apport principal pour la station RMHA03 avait déjà été observé lors de la campagne de mesures réalisée en 2006 (Rapport ISSeP référencé n°1160/2006).

Dans le "secteur C.E.T.", la moyenne des concentrations mesurées est de 1,06 mg/m³ pour RMHA01 et de 3,03 mg/m³ pour RMHA03. Dans le "secteur non C.E.T.", la moyenne des concentrations mesurées est de 1 mg/m³ pour RMHA01 et de 1,74 mg/m³ pour RMHA03.

Le ratio secteur C.E.T. /secteur non C.E.T. est proche de 1 pour la station RMHA01 ce qui confirme que seul le "bruit de fond local" est mesuré et par conséquent qu'il n'y a pas d'apport de H₂S enregistré à ce point. Ce même rapport atteint 1,74 confirmant l'impact en provenance de la STEP.

D. Benzène

Pour l’OMS, le benzène étant cancérigène, il n’y a pas de concentration en-dessous de laquelle il n’y a aucun risque. Au niveau européen, la Directive 2000/69/CE, transcrite en Arrêté du Gouvernement wallon le 05/12/2002, fixe quant à elle une valeur limite pour l'air ambiant à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Si le respect formel de la Directive ne peut être évalué que sur la base d’une série annuelle de données (soit une durée supérieure à celle de la campagne), une extrapolation linéaire permettrait néanmoins de conclure que les concentrations à la station RMHA01 sont conformes à ce seuil européen. A la station RMHA03 également, aucun dépassement n'a été observé durant la campagne (concentration maximale = $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La figure 34 reprend les roses de pollution pour le benzène.



**Figure 34 : Rose de pollution du benzène – campagne "C.E.T." du 03/03/2010 au 09/05/2010
(source : rapport ISSeP n°6467/2010)**

La rose de pollution pour la station RMHA01 montre un apport principal en benzène en provenance du sud-ouest, direction où l’on retrouve le casier en activité. A l’inverse, la rose relative à la station RMHA03 ne montre pas clairement d’apport en provenance d’une direction particulière.

En examinant les moyennes par secteur, on remarque que l’intensité du "bruit de fond local" atteint $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à la station RMHA01, soit près du double de celui enregistré à la station 03 ($0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$). A la station RMHA01, le rapport C.E.T./Non C.E.T. n'est que de 1,36. Autrement dit, les fluctuations relatives du bruit de fond local induisent des différences de concentrations mesurées plus importantes que l’influence du C.E.T.

E. Toluène

L'OMS a défini des valeurs-guides ("Air Quality Guidelines for Europe" (1987)) pour le toluène, à savoir 260 µg/m³ mesurés sur 1 semaine. Le seuil olfactif du composé est évalué, dans ce même document, à 1 mg/m³ mesuré sur 30 minutes. Ce composé est moins toxique que le benzène, ce qui justifie les normes moins sévères; si on se réfère aux valeurs admissibles en hygiène industrielle, sa toxicité est environ 60 fois moindre.

Toutes les valeurs mesurées durant la campagne "C.E.T." sont largement inférieures aux valeurs-guides de l'OMS (maximum 10 fois inférieur et moyenne 200 fois inférieure à RMHA03). Par ailleurs, elles sont du même ordre de grandeur que celles enregistrées durant la campagne réalisée en 2006 (voir section 5.4.9).

La figure 35 reprend les roses de pollution pour le toluène.



Figure 35 : Roses de pollution du toluène – campagne "C.E.T." du 03/03/2010 au 09/05/2010 (source : rapport ISSeP n°6467/2010)

La rose relative à la station RMHA01 montre clairement un apport principal du sud-ouest, soit en direction du C.E.T. et en particulier du casier en activité. Sur la rose de pollution de la station RMHA03, un léger pic semble également présent en direction de ces zones mais le niveau de concentration très faible et les occurrences de vents très rares venant de ce secteur incitent à la prudence. En déduire une relation de cause à effet devient délicat.

Les concentrations moyennes par secteur confirment ces constats :

Dans le "secteur C.E.T.", la moyenne des concentrations mesurées est de 3,55 mg/m³ pour RMHA01 et de 1,19 mg/m³ pour RMHA03. Dans le "secteur non C.E.T.", la moyenne des concentrations mesurées est de 1,9 mg/m³ pour RMHA01 et de 0,82 mg/m³ pour RMHA03.

F. Limonène

L'American Industrial Hygiene Association fixe le seuil de perception du limonène à 10 µg/m³. Durant la campagne de mesures, ce seuil a été dépassé 293 fois à la station RMHA01 (12 % du temps) et 3 fois (0,1 % du temps) à la station RMHA03 sur base des valeurs semi-horaires.

La Figure 36 reprend les roses de pollution pour le limonène.



Figure 36 : Roses de pollution du limonène – campagne "C.E.T." du 03/03/2010 au 09/05/2010 (source : rapport ISSeP n°6467/2010)

La rose de pollution pour la station RMHA01 indique un apport important en provenance du sud-ouest, secteur dans lequel se situe la zone exploitée du C.E.T. A la station RMHA03, les valeurs sont faibles et proches de la limite de détection. Aucun impact provenant du C.E.T. n'est perceptible.

Les concentrations moyennes par secteur confirment ces constats :

Dans le "secteur C.E.T", la moyenne des concentrations mesurées est de 3,47 mg/m³ pour RMHA01 et de 0,10 mg/m³ pour RMHA03. Dans le "secteur non C.E.T.", la moyenne des concentrations mesurées est de 1,13 mg/m³ pour RMHA01 et de 0,10 mg/m³ pour RMHA03. A la station RMHA01, l'intensité de l'impact pour le limonène est donc relativement importante puisque le ration CET/non CET atteint 3.

G. Autres polluants dosés en continu

L'éthylbenzène, les m+p-Xylènes et l'α-Pinène ont également fait l'objet de mesures. Les résultats et roses de pollution obtenus sont similaires pour les premiers au benzène et au toluène, pour le second au limonène. L'ensemble des résultats statistiques ainsi que les roses de pollutions leur correspondant, sont consultables directement dans le rapport ISSeP rapport 6467/2010 repris en Annexe 8.

5.4.6 Résultats de la "campagne Riverain"

Pour rappel, l'objectif de cette deuxième campagne est de caractériser l'apport en polluants du C.E.T. dans le voisinage de celui-ci et de caractériser l'impact de ces polluants sur la santé de la population locale.

La figure 37 présente la rose des vents pour la période de mesures concernée. Le Tableau 25 et le Tableau 26 reprennent les valeurs semi-horaires et journalières "moyennes, médianes, C95 et maximales" calculées pour les 2 stations durant la période de mesures.

Tableau 25 : Qualité de l'air station RMHA04 : valeurs semi-horaires et journalières (source : rapport ISSeP n°6467/2010)

	Valeurs semi-horaires				
	CH ₄ (mg/m ³)	H ₂ S (µg/m ³)	Benzène (µg/m ³)	Toluène (µg/m ³)	Limonène (µg/m ³)
Nb valeurs	2928	2997	2468	2506	1703
Moyenne	1,64	1	1,6	2,9	0,6
Médiane	1,4	1	1,5	2,8	0,4
C95	3,07	2	3,2	5,5	1,4
Maximum	13,47	27	14,6	12,1	5,8
	Valeurs journalières				
	CH ₄ (mg/m ³)	H ₂ S (µg/m ³)	Benzène (µg/m ³)	Toluène (µg/m ³)	Limonène (µg/m ³)
Nb valeurs	62	62	50	51	14
Moyenne	1,63	1	1,6	2,9	1,2
Médiane	1,54	1	1,6	2,9	1,2
C95	2,31	2	2,3	4,0	1,3
Maximum	2,86	5	2,5	4,2	1,4
<u>Limites de détection:</u> CH ₄ : aucune (valeur du bruit de fond, soit 1,35 mg/Nm ³), H ₂ S : 1 µg/Nm ³ , limonène : 0,10 µg/Nm ³ , benzène : µg/Nm ³ , éthylbenzène : 0,10 µg/Nm ³ , m+p-xylènes : 0,10 µg/Nm ³ , o-xylènes : 0,10 µg/Nm ³ , α-pinène : 0,10 µg/Nm ³ .					

Tableau 26 : Qualité de l'air station RMHA05 : valeurs semi-horaires et journalières (source : rapport ISSeP n°6467/2010)

	Valeurs semi-horaires				
	CH ₄ (mg/m ³)	H ₂ S (µg/m ³)	Benzène (µg/m ³)	Toluène (µg/m ³)	Limonène (µg/m ³)
Nb valeurs	2351	2966	2427	2383	2206
Moyenne	1,89	1	0,7	1,3	0,1
Médiane	1,3	1	0,6	0,8	0,1
C95	5,08	2	1,6	3,9	0,1
Maximum	13,11	7	7,4	12,8	2,9
	Valeurs journalières				
	CH ₄ (mg/m ³)	H ₂ S (µg/m ³)	Benzène (µg/m ³)	Toluène (µg/m ³)	Limonène (µg/m ³)
Nb valeurs	48	62	49	49	48
Moyenne	1,87	1	0,7	1,4	0,1
Médiane	1,66	1	0,7	1,1	0,1
C95	3,19	1	1,2	2,7	0,1
Maximum	2,86	2	1,7	3,0	0,2
<u>Limites de détection:</u> CH ₄ : aucune (valeur du bruit de fond, soit 1,35 mg/Nm ³), H ₂ S : 1 µg/Nm ³ , limonène : 0,10 µg/Nm ³ , benzène : µg/Nm ³ , éthylbenzène : 0,10 µg/Nm ³ , m+p-xylènes : 0,10 µg/Nm ³ , o-xylènes : 0,10 µg/Nm ³ , α-pinène : 0,10 µg/Nm ³ .					

5.4.7 Interprétation des résultats de la "campagne Riverain"

A. Rose des vents

La rose des vents présentée à la figure 37 renseigne que les vents ont soufflé principalement du secteur nord-ouest (environ 53 % du temps). Ensuite, les vents les plus fréquents ont été ceux du sud-ouest (environ 26 % du temps), du nord-est (environ 20 % du temps) et finalement du sud-est (environ 1 % du temps).



**Figure 37 : Rose des vents – "campagne Riverain" du 11/05/2010 au 12/07/2010
(source : rapport ISSeP n°6467/2010)**

Il est important de noter que la station RMHA05 a été exposée pendant une proportion importante du temps à des vents provenant des différentes zones potentiellement émettrices de polluants (zone d'enfouissement actuelle et récente, zone des installations de traitement des percolats et du biogaz). Par contre, la station RMH03 n'a subi de vents provenant globalement du secteur C.E.T. (secteur nord) qu'en beaucoup plus faibles occurrences. Les interprétations doivent tenir compte de cet état de fait. De plus, dans le secteur compris entre les azimuts N85°E et N185°E, aucune occurrence de vent n'a été enregistrée durant toute la campagne, les roses sont donc graphiquement "amputées" de ce secteur.

Les "secteurs C.E.T." sont définis comme suit :

- pour RMHA04 entre N330°E à N10°E ;
- pour RMHA05 entre N290°E et N330°E.

Les "secteurs non C.E.T." sont définis comme suit :

- pour RMHA04 entre N10°E et N330°E ;
- pour RMHA05 entre N330°E et N290°E.

B. Méthane

La pollution de fond en méthane dans un environnement exempt de sources importantes se situe aux alentours de 1,35 mg/m³. Les moyennes et médianes des concentrations en méthane mesurées (valeurs semi-horaires et journalières) avoisinent cette valeur de fond. Il n'existe pas de normes ou de valeurs-guides pour le méthane dans l'air ambiant

Il est possible de calculer un apport moyen pour un secteur de vent précis. Ce calcul montre que, lorsque les vents proviennent du secteur C.E.T., la moyenne des concentrations mesurées est de 1,57 mg/m³ pour RMHA04 et de 2,18 mg/m³ pour RMHA05. Lorsque les vents proviennent des autres directions (secteur non C.E.T.), la moyenne des concentrations mesurées est de 1,40 mg/m³ pour RMHA04 et de 1,38 mg/m³ pour RMHA05.

La Figure 38 reprend les roses de pollution pour le méthane

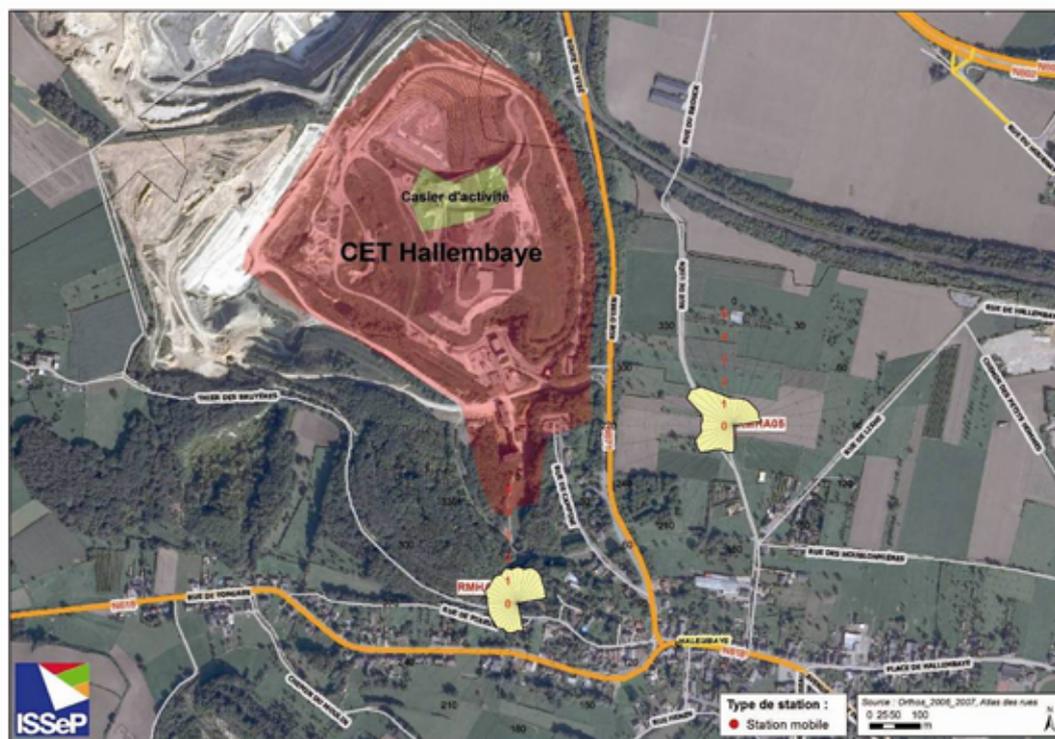


Figure 38 : Roses de pollution du méthane – "campagne Riverain" du 11/05/2010 au 12/07/2010 (source : rapport ISSeP n°6467/2010)

Les valeurs mesurées étant faibles et proches de la valeur de fond, elles ne montrent aucun apport particulier pour ce polluant pour la station RMHA04. Pour la station RMHA05, on remarque un léger apport du nord ouest en provenance du C.E.T.

Remarque : Les roses de pollutions ne tiennent pas compte des vents dont la vitesse est inférieure à 1 m/s. Les roses que l'on pourrait tracer en tenant compte des vents de faibles vitesses montreraient des apports plus clairs en provenance du C.E.T. Il en va de même pour des roses tracées à l'aide du percentile 95 (prises en compte uniquement des 5 % de valeurs les plus élevées).

C. Sulfure d'Hydrogène (H₂S)

Durant la campagne de mesures, la valeur de 7 µg/m³ donnée par l'OMS, et qui concerne les nuisances olfactives, a été dépassée 33 fois (1 % du temps) à la station RMHA04 et n'a jamais été dépassée à la station RMHA05. Ces dépassements du seuil olfactif ont été détectés majoritairement pour des vents en provenance du C.E.T. et presque exclusivement en fin de journée. Les valeurs journalières sont nettement inférieures à la valeur guide de 150 µg/m³ donnée par l'OMS.

La figure 39 reprend les roses de pollution du sulfure d'hydrogène pour les stations RMHA04 et RMHA05.

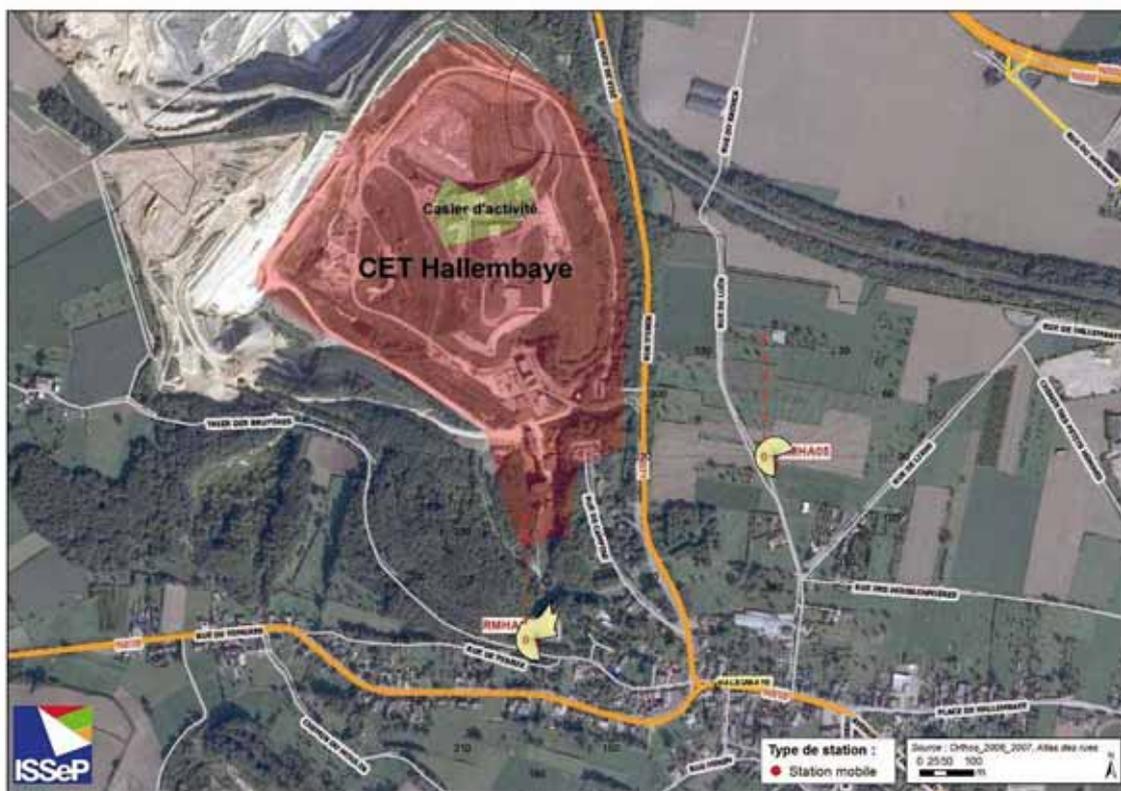


Figure 39 : Roses de pollution du sulfure d'hydrogène – "campagne Riverain" du 11/05/2010 au 12/07/2010 (source : rapport ISSeP n°6467/2010)

Les valeurs mesurées étant proches de la limite de détection, il n'est pas possible de mettre en évidence un apport particulier.

Remarque : Les roses ci-dessus ne tiennent pas compte des vents dont la vitesse est inférieure à 1 m/s. Les roses que l'on pourrait tracer en tenant compte des vents de faibles vitesses montreraient des apports plus clairs en provenance du C.E.T. Il en va de même pour des roses tracées à l'aide du percentile 95 (prises en compte uniquement des 5 % de valeurs les plus élevées).

D. Benzène

Pour l'OMS, le benzène étant cancérigène, il n'y a pas de concentration en-dessous de laquelle il n'y a aucun risque.

Si le respect formel des valeurs limites de la Directive ne peut être évalué que sur la base d'une série annuelle de données, une extrapolation linéaire des données obtenues permet néanmoins de noter que toutes ces valeurs respecteraient la valeur limite de la Directive ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La figure 40 reprend les roses de pollution en benzène pour les stations RMHA04 et RMHA05. Ces roses ne montrent pas d'apport particulier en provenance du C.E.T.

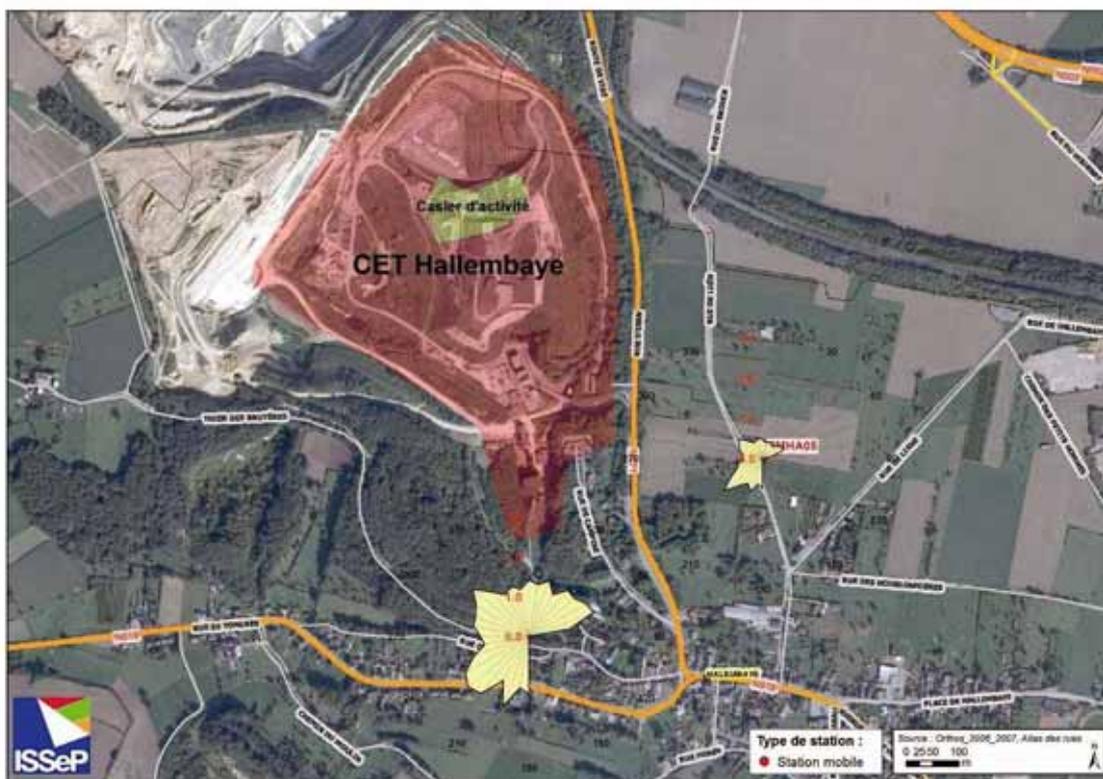


Figure 40 : Roses de pollution du benzène – "campagne Riverain" du 11/05/2010 au 12/07/2010
(source : rapport ISSeP n°6467/2010)

E. Toluène

Toutes les valeurs mesurées en toluène durant la campagne sont inférieures aux valeurs-guides de l'OMS (260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne hebdomadaire)).

La figure 41 reprend les roses de pollution pour le toluène pour les stations RMHA04 et RMHA05. Ces roses sont fort semblables à celles données pour le benzène et ne montrent pas d'apport particulier en provenance du C.E.T.



Figure 41 : Roses de pollution du toluène – "campagne Riverain" du 11/05/2010 au 12/07/2010 (source : rapport ISSeP n°6467/2010)

F. Limonène

Durant la campagne de mesures, le seuil perception du limonène ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'a jamais été atteint.

La figure 42 reprend les roses de pollution pour le limonène. Les roses relatives aux stations RMHA04 et RMHA05 n'indiquent pas d'apport particulier en provenance du C.E.T.

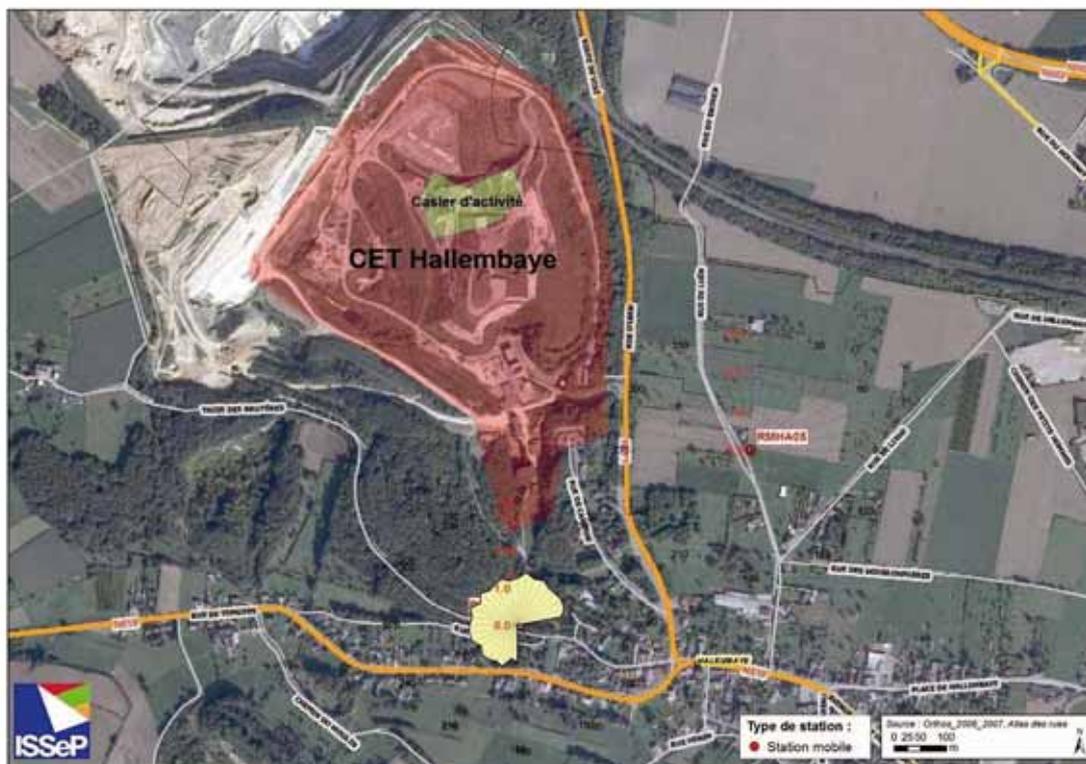


Figure 42 : Roses de pollution du limonène – "campagne Riverain" du 11/05/2010 au 12/07/2010 (source : rapport ISSeP n°6467/2010)

G. Autres polluants dosés en continu

D'autres polluants tels que l'éthylbenzène, les m+p-xylènes et l' α -pinène ont également fait l'objet de mesures.

Comme cité précédemment (p3), l'ensemble des résultats statistiques ainsi que les roses de pollutions correspondant à ces autres polluants, sont repris en Annexe 8, dont cette section constitue un résumé.

Il n'y a pas de normes en vigueur pour l'éthylbenzène et les m+p-xylènes dans l'air ambiant mais ces composés sont beaucoup moins toxiques que le benzène et le toluène. A titre informatif, les concentrations maximales détectées sont les suivantes:

- $8,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.pour l'éthylbenzène à la station RMHA04 ;
- $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.pour les m+p-xylènes à la station RMHA05 ;
- $7,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.pour l' α -Pinène à la station RMHA04 (valeur bien en dessous du seuil de perception olfactif de $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, fixé par l'American Industrial Hygiene Association)

5.4.8 Comparaison des mesures exploitant-ISSeP

La comparaison des mesures de l'exploitant et de l'ISSeP a fait l'objet d'un rapport séparé. Le rapport, rédigé par Sébastien Fays et Robin Laruelle, est fourni intégralement à l'annexe 9 (rapport ISSeP n°6466/2010). Le texte de ce chapitre constitue un résumé de leur travail.

Afin de pouvoir comparer de manière stricte les données ISSeP aux données fournies par INTRADEL, deux adaptations ont été nécessaires, à savoir :

- Recaler dans le temps : l'ISSeP travaille en temps universel et l'exploitant en temps local.
- Moyenner sur ½ heure : l'ISSeP travaille avec des données semi-horaires comme valeurs de base, tandis que l'exploitant fournit des données enregistrées toutes les 5 minutes.

La comparaison concerne les mesures des concentrations en méthane et en sulfure d'hydrogène obtenues aux stations permanentes de l'exploitant (CEHA01 et CEHA02) et aux stations de mesures mobiles de l'ISSeP (RMHA01 et RMHA03). Les données validées pour l'ISSeP ont été enregistrées lors de la campagne C.E.T. Les données météorologiques ont également été enregistrées à la station RMHA01 pendant toute la période de mesures et font l'objet d'une comparaison avec les données de l'exploitant.

La figure 43 montre les emplacements des stations mobiles de l'ISSeP et des stations permanentes de l'exploitant.



Figure 43 : Emplacement des stations de mesures de la qualité de l'air
(source : rapport ISSeP n°6466/2010)

A. Données météorologiques

Les données météorologiques ont été enregistrées du 03/03/2010 au 09/05/2010 au droit de la station RMHA01 pour l'ISSeP et à la station CEHA01 pour l'exploitant

On constate un très bon parallélisme entre les "résultats ISSeP" et les "résultats Exploitant" pour les évolutions temporelles de la température et de la vitesse des vents.

On constate également un bon parallélisme entre les évolutions temporelles des mesures de la direction des vents ; cependant, certaines différences sont constatées entre les deux évolutions, probablement attribuables à la différence de hauteur entre les deux sondes.

La comparaison des paramètres météorologiques permet de dire que la corrélation des mesures analytiques avec les mesures météorologiques permet de déterminer, d'une manière plus ou moins semblable, pour les stations ISSeP et Exploitant, l'origine des polluants (grâce aux roses de pollution).

B. Méthane (CH₄)

Les mesures en méthane réalisées par l'ISSeP et par l'exploitant sont du même ordre de grandeur pour les stations RMHA01 et CEHA01, comme l'illustre la figure 44.

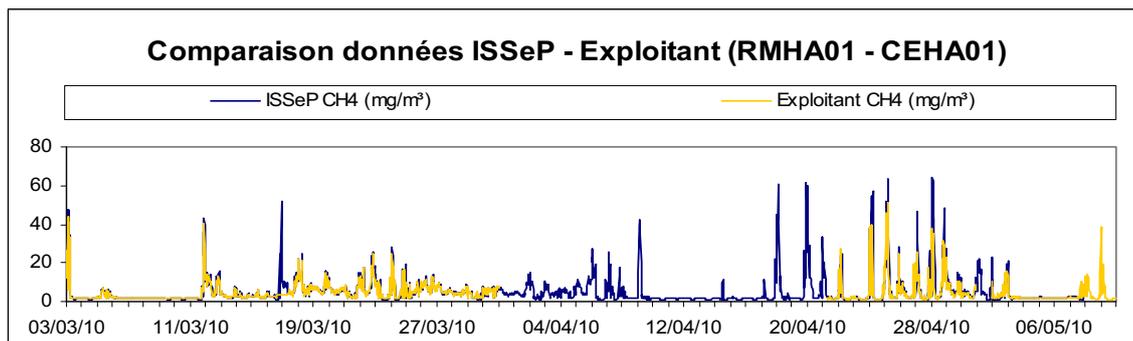


Figure 44 : Méthane – Evolution temporelle des concentrations (03/03/2010 au 09/05/2010)
(source : rapport ISSeP n°6466/2010)

La figure 45 montre les évolutions temporelles des mesures en méthane, aux stations RMHA03 et CEHA02.

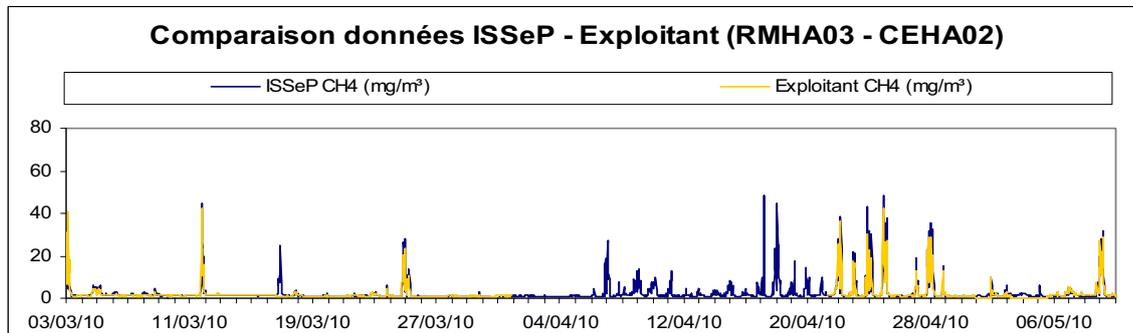


Figure 45 : Méthane – Evolution temporelle des concentrations (03/03/2010 au 09/05/2010)
(source : rapport ISSeP n°6466//2010)

Les évolutions temporelles des concentrations en méthane mesurées aux deux stations montrent également un bon parallélisme.

C. Sulfure d'hydrogène (H₂S)

La comparaison des séries de mesure pour le sulfure d'hydrogène de l'ISSeP avec celles de l'exploitant n'a pas été possible pour les raisons suivantes :

- La station exploitant CEHA01 a mesuré des concentrations en sulfure d'hydrogène égales à 0 durant toute la période (03/03/2010 au 09/05/2010). Ceci s'explique plus que probablement par un appareil de mesures hors d'état de fonctionnement.
- La deuxième est que la station exploitant CEHA02 a mesuré des concentrations inférieures à 0 pendant plus de la moitié du temps.

Le manque de stabilité de l'appareil semble en être la cause. Nous recommandons donc une maintenance de ces deux analyseurs.

5.4.9 Évolution temporelle de l'impact du C.E.T. sur la qualité de l'air

Au total quatre campagnes de contrôle de la qualité de l'air ont été réalisées dans le cadre du réseau (1999, 2002, 2006 et 2010).

La Figure 46 localise les cabines d'analyses installées par l'ISSeP au cours des différentes campagnes effectuées depuis 1999.



Figure 46 : Implantation des cabines de contrôle de la qualité de l'air de l'exploitant et de l'ISSeP lors des différentes campagnes de contrôle

Le Tableau 27 et le Tableau 28 reprennent les moyennes par secteur et les rapports de ces moyennes respectivement pour les trois dernières campagnes réalisées sur RMHA01 (2002, 2006 et 2010) et les deux seules campagnes réalisées sur RMHA03 (2006 et 2010). Comme expliqué plus haut, les valeurs par secteur aux stations de la campagne "riverains" ne sont pas exploitables puisqu'aucun pic directionnel n'y a été enregistré. Par ailleurs, l'analyse de l'évolution temporelle n'y est pas possible vu qu'il s'agissait de la première campagne sur ces sites.

En ce qui concerne les traceurs "biogaz" (CH₄ et H₂S) :

- A la station 01, la plus proche de la zone exploitée ou mise au repos depuis peu, l'impact est réel et relativement constant pour le méthane (rapport entre 2,2 et 3,4). Par contre, l'absence d'impact significatif en H₂S est un fait qui semble durable (rapports proches de 1 lors des trois campagnes).
- A la station RMHA03, l'impact pour le méthane n'a pas sensiblement évolué entre 2006 et 2010. Sur base des statistiques présentées il pourrait sembler que la problématique du H₂S (qui pour rappel proviendrait plutôt de la zone technique (STEP et moteurs)) se soit récemment intensifiée. Il n'en est rien, la source plus localisée, fausse les résultats. En 2006, on observait déjà clairement cette source mais les valeurs particulièrement basses dans le reste du "secteur C.E.T." compensait cet impact local et ramenait le rapport "secteur C.E.T."/" secteur non C.E.T" à une valeur proche de 1.

En ce qui concerne les traceurs "déchets frais" (limonène et pinène) :

- A la station 01, alors qu'aucun impact n'était mesuré en 2006, il semble que cela ne soit plus le cas en 2010. Une possible explication pourrait résider dans l'élévation de l'altitude de la surface de régalage des déchets frais. En 2006, on se situait proche du niveau du fond de la carrière alors qu'en 2010, la surface des déchets était quasiment parvenue à la cote du dôme du tumulus réhabilité.

Tableau 27 : Evolution temporelle des concentrations en CH₄, H₂S, limonène, benzène, toluène éthylbenzène, xylènes et a-pinene. Seuil de vitesse : 1 m/s. Station RMHA01

station	RMHA01									
paramètre		CH ₄	H ₂ S	Limonène	Benzène	Toluène	Ethyl-benzène	m+p-xylène	o-xylène	a-pinene
secteur CET (160°-330°)	2002	3,29	1,05							
	2006	2,72	1,25	0,10	0,29	0,54	0,07	0,17	0,10	0,10
	2010	4,59	1,06	3,47	2,34	3,55	2,04	0,55	0,1	1,05
secteur non CET (330°-160°)	2002	1,16	1							
	2006	1,24	1	0,10	0,28	0,44	0,07	0,19	0,10	0,10
	2010	1,36	1,00	1,13	1,72	1,90	0,77	0,16	0,1	0,06
ratio CET/non CET	2002	2,84	1,05							
	2006	2,19	1,25	1,00	1,04	1,23	1,00	0,89	1,00	1,00
	2010	3,38	1,06	3,07	1,36	1,87	2,64	3,37	1,00	18,26

Tableau 28 : Evolution temporelle des concentrations en CH₄, H₂S, limonène, benzène, toluène éthylbenzène, xylènes et a-pinene. Seuil de vitesse : 1 m/s. Station RMHA03

station	RMHA03									
paramètre		CH ₄	H ₂ S	Limonène	Benzène	Toluène	Ethyl-benzène	m+p-xylène	o-xylène	a-pinene
secteur CET (290°-10°)	2002			-						
	2006	6,27	3,99	0,56	0,83	2,01	0,61	1,03	0,23	1,47
	2010	3,80	3,03	0,10	0,75	1,19	0,21	0,56		0,42
secteur non CET (10°-290°)	2002									
	2006	2,78	4,20	0,28	0,91	1,61	0,62	0,8	0,15	0,52
	2010	1,35	1,74	0,10	0,83	0,82	0,13	0,16		0,05
ratio CET/non CET	2002									
	2006	2,26	0,95	2,03	0,91	1,25	0,98	1,29	1,52	2,80
	2010	2,81	1,74	1,00	0,91	1,45	1,63	3,49		9,39

Enfin, les statistiques pour les BTEX, disponibles seulement pour deux campagnes y compris en RMHA01 montrent que le bruit de fond local était sensiblement supérieur lors de la seconde, de même que les impacts. Il faut cependant rester prudent car les valeurs restent très faibles et donc potentiellement influençables par de multiples facteurs. Globalement, il n'est pas exclu que cette augmentation soit due également à l'élévation du niveau de la zone de travail et aux échappements des gaz d'échappement des machines de régalage et des camions déversant des déchets dans la zone. Il est en effet bien connu et démontré sur d'autres sites que, même sur des stations très proches des zone d'enfouissement, le trafic routier ou assimilé influence plus fortement les concentrations mesurées en BTEX dans l'air ambiant que les biogaz s'échappant des déchets, qui en contiennent très peu.

5.5 Conclusions de l'impact du C.E.T. sur la qualité de l'air

De manière générale, la qualité de l'air mesurée sur les différentes stations ne génère aucune inquiétude en ce qui concerne la santé, et ce dans la limite des paramètres mesurés. Un impact modéré, principalement pour le méthane et le limonène est mesuré en bordure de C.E.T. (RMHA01). A plus grande distance du site cet impact reste mesurable mais il devient négligeable. Au point de mesure RMHA03 le seul léger impact à noter est celui du H₂S, provenant, non pas des zones d'enfouissement, mais de la zone technique (STEP et moteurs).

Au niveau des riverains les plus proches du site, aucun impact sur la qualité de l'air n'est plus mesurable.

En matière d'évolution temporelle, les influences sur la qualité de l'air ne semblent pas évoluer de manière négative, les impacts restent de faible intensité, pour des polluants non dangereux et confinés aux abords immédiats sur le C.E.T.

6 CONCLUSIONS

Le Centre d'Enfouissement Technique d'Hallembaye a fait l'objet d'une quatrième campagne de contrôle par l'ISSeP. Cette campagne a abordé les problématiques liées :

- aux émissions liquides et à leur immission dans les eaux de surface et souterraines ;
- aux émissions gazeuses, sous leurs aspects émissions des installations, émissions surfaciques, nuisances olfactives et qualité de l'air.

Les stratégies d'échantillonnage pour ces différents aspects ont été optimisées suite à une étude préliminaire substantielle qui a permis d'obtenir une vision précise de la situation environnementale du site et de dégager les principaux problèmes potentiels (sensibilité).

6.1 Partim eau

De manière générale, l'impact du C.E.T. d'Hallembaye sur les eaux est faible. La qualité de la nappe dans les piézomètres de contrôle et les puits avoisinants est plus que satisfaisante. Les rejets des stations d'épuration sont envoyés in fine dans la Meuse dont le débit est tel qu'un impact mesurable est une utopie.

6.1.1 Émissions liquides et eaux de surface

En comparaison avec les **percolats** des autres C.E.T. du réseau de contrôle, ceux d'Hallembaye sont plus riches en azote, COT, quelques métaux et présentent une conductivité plus élevée.

Les permis d'exploiter (2009) et de rejet (2011) imposent des analyses sur les déversements n°1 (HAL1) et n°2 (HAL2) issus des STEP d'Hallembaye 1 et d'Hallembaye 2. L'interprétation du permis de 2011 ne laisse pas de doute quant à l'opportunité laissée à l'exploitant de réaliser les contrôles périodiques sur un "rejet unique" qui regrouperait HAL 1 et HAL 2. Selon les contacts pris avec l'exploitant et la Direction des eaux de surface, cette option n'aurait finalement pas été retenue. Le projet d'adaptation du dispositif de contrôle consisterait à réaliser des contrôles indépendants sur chacun des deux déversements. Cette décision implique d'installer deux systèmes d'enregistrement permanent afin de se conformer aux permis.

En tous cas jusqu'en mars 2010, ce dédoublement n'était pas encore effectif pour les autocontrôles. L'exploitant prélève dans une chambre de visite ("R1") où l'eau est un mélange, non seulement des deux déversements provenant des STEP (Hal 1 et Hal 2) mais aussi d'un déversement d'eau de ruissellement (bassin d'orage et eaux de toiture). Un effet évident de dilution des rejets des STEP faussait dès lors, les résultats du contrôle.

Dans le cadre de la campagne de contrôle 2010, l'ISSeP a délibérément choisi d'échantillonner individuellement les rejets et les percolats des 2 stations d'épuration. L'interprétation des résultats se base donc sur trois échantillons distincts (rejet HAL1 "ISSeP", rejet HAL2 "ISSeP" et rejet R1 "exploitant"), et non pas sur des doublons.

Alors que le rejet de la station Hallembaye 2 est extrêmement peu chargé en polluants (concentrations nettement inférieures aux médianes du réseau), celui d'Hallembaye 1, équipée d'une osmose inverse moins performante, présente une concentration en azote ammoniacal supérieure à la valeur maximale admissible imposée par le permis 2011. Ce rejet contient également des traces de benzène et de naphthalène. Pour les autres contaminants cependant, en particulier les sels et les métaux, les concentrations sont également très basses, et nettement inférieures aux médianes du réseau.

6.1.2 Eaux souterraines

En 2010, très peu de paramètres ont présenté des dépassements par rapport aux valeurs normatives, que ce soient les seuils de vigilance des conditions sectorielles ou les valeurs maximales admissibles, non applicables sensu stricto aux eaux souterraines, du code de l'Eau (eaux potabilisables). Seul le fer et le manganèse présentent des concentrations relativement élevées et dépassent localement l'un ou l'autre de ces seuils. Il s'agit cependant très clairement de concentrations "naturellement élevées". En effet celles-ci ont été observées non seulement

dans les piézomètres aval mais aussi dans le piézomètre amont et uniquement pour ces deux paramètres. Seul l'ouvrage P8, situé en aval direct de l'ancienne décharge, semble légèrement influencé par le site mais la tendance évolutive y est clairement à l'amélioration et aucun paramètre n'y remplit la double condition (dépassement seuil de vigilance + trois fois la valeur amont) qui induirait l'obligation d'accroître la surveillance ou de réaliser un PIIPES. Dès lors, on peut conclure que les eaux souterraines ne sont, jusqu'à présent, pas influencées de manière significative par le C.E.T.

6.2 Partim air

6.2.1 Émissions des installations

Globalement sans tenir compte du paramètre H₂S, la composition du **biogaz** prélevé en amont des installations de valorisation du biogaz est relativement stable au cours des campagnes ISSeP.

L'installation en 2009 de filtres à charbon actif en amont du moteur a fortement réduit la concentration en H₂S dans le biogaz. On constate au cours du temps une très légère diminution des teneurs en O₂, CO₂ et CH₄.

L'analyse des fumées du **moteur 3** a confirmé des dépassements en monoxyde de carbone (CO) et en oxydes d'azote (NO_x) déjà observés en 2006 par l'ISSeP et en 2009 par l'exploitant. De plus, à l'exception du CO et du SO₂, les concentrations de tous les paramètres majeurs sont supérieures aux valeurs moyennes mesurées dans le cadre du Réseau de contrôle. Avec 3 dépassements de normes sur les 4 imposées, on peut dire que la situation environnementale au niveau des fumées du moteur n'est pas conforme. Ces dépassements ont été constatés alors que le moteur 3 venait d'être entretenu, quelques jours avant la campagne ISSeP. Aux dires de l'exploitant, cette situation serait due à la vétusté du moteur qui arrive en fin de vie. Les problèmes ne devraient pas perdurer : l'acquisition de deux nouveaux moteurs moins puissants mais plus performants du point de vue environnemental est prévue dans le courant de l'année 2012.

6.2.2 Emissions surfaciques

Une première **phase de reconnaissance qualitative au FID portable** a été réalisée afin d'obtenir une **cartographie** sur l'ensemble du C.E.T. des **émissions surfaciques de biogaz** (concentrations mesurées à la surface du sol). Comme lors des campagnes précédentes, et comme sur d'autres C.E.T., on remarque clairement une relation entre la position de certaines zones émissives et la présence de discontinuités techniques ou topographiques : alignement de zones émissives sur les ruptures de pente (sommets de talus) et au droit des jonctions entre casiers.

Les cartes d'isoconcentrations (CO₂ et CH₄) ont été ensuite superposées aux chiffres d'exploitation des puits de gaz. Dans l'ensemble, ce travail met en évidence une relation très nette entre le "taux d'exploitation" des différentes zones ou secteurs, c'est à dire, la quantité de puits présents et leur productivité, et l'intensité des émissions surfaciques : là où les puits sont nombreux et productifs, les émissions sont faibles, là où ils sont trop éloignés les uns des autres, colmatés ou fermés, les émissions sont plus nombreuses et/ou plus intenses.

Pour la seconde fois dans le cadre du Réseau de contrôle, une **seconde phase de mesures** a été réalisée, avec un appareillage spécifique, afin d'**évaluer les flux de biogaz** (et non plus seulement les concentrations). Deux types de mesures sont mises en oeuvre, les unes rapides et imprécises (mesures des pentes de concentrations en CH₄, CO₂ et HC totaux dans une cloche portative au moyen d'une sonde IR et d'un FID), les autres plus lentes mais précises (chambre de flux statique INERIS). Au total, 468 mesures de pentes de concentrations et 135 mesures de flux ont été réparties dans 20 "zones émissives" délimitées à partir des résultats de la campagne d'évaluation rapide.

La principale difficulté de la méthodologie est d'estimer, à partir de ces mesures ponctuelles réparties sur tout le C.E.T., une valeur de flux moyen applicable à ce dernier. On peut le faire en

passant par de la géostatistique au sens strict, c'est-à-dire, en réalisant une interpolation qui transforme ces valeurs ponctuelles en une fonction continue possédant une valeur en tout point de la surface. Le débit total de biogaz émis par le site est alors l'intégrale de cette fonction, et le flux moyen est obtenu en divisant ce volume par la surface émissive. On peut aussi travailler par des méthodes purement statistiques en simulant des réalisations similaires et en étudiant les histogrammes de ces simulations (Bootstrap). Ces deux types de techniques ont été appliquées sur les données d'Hallembaye, et chacune selon deux "variantes". Les résultats obtenus montrent d'importantes divergences, et ce, pour les trois canaux d'enregistrement. Pour le CH₄, on observe un facteur 170 entre l'estimation la plus haute (1,7 ml/m².sec) et l'estimation la plus basse (0.01 ml/m².sec) du flux moyen. Ces différences montrent que le chemin est encore long pour l'obtention d'une méthode fiable et reproductible. Ephesia, en charge de l'étude, est d'avis qu'il faut retenir essentiellement la valeur de flux estimée par cosimulations colocalisées. Outre le fait qu'il s'agisse du choix le plus sécuritaire, c'est aussi du plus pertinent pour diverses raisons techniques expliquées dans le rapport. Ce choix conduit à une estimation de flux moyen supérieur à la valeur guide UK-EPA pour les zones réhabilitées provisoirement. C'est somme toute "logique", puisque le C.E.T. est encore majoritairement en exploitation.

Enfin, si on utilise le flux moyen pour calculer des quantités de biogaz "perdus" annuellement, on en vient à la conclusion que les installations actuelles valorisent moins de 50 pourcent du biogaz produit par les déchets. Ce calcul, bien qu'encore imprécis, semble bien démontrer l'utilité de continuer les efforts de limitation des émissions surfaciques de biogaz (pompage, couverture,...) tant d'un point de vue environnemental qu'économique.

6.2.3 Nuisances olfactives

Le débit d'odeur généré par le C.E.T. d'Hallembaye semble assez variable. En effet, vu que la matière organique n'est plus déposée qu'épisodiquement, cela fait varier le débit odeur entre 27.000 uo/s et 370.000 uo/s selon le moment et l'activité sur le site.

La prise en charge de la matière organique par l'incinérateur et non plus par le C.E.T. ne semble pas avoir modifié fondamentalement le débit d'odeur durant les heures d'exploitation du site. Ceci pourrait être dû en partie à la grande taille de la zone de travail (de l'ordre de 10.000 m²).

Depuis 2 ou 3 ans, la tendance générale observée est à l'amélioration, tant au niveau de cette dernière campagne qu'au niveau de la réaction des riverains. Ceux-ci se plaignent davantage du charroi qui semble provoquer plus de plaintes que l'odeur du C.E.T. proprement-dit.

Si, en régime, la matière organique n'est plus enfouie en C.E.T., il faut cependant tenir compte des périodes de panne et de maintenance de l'usine de traitement Uvelia, durant lesquelles les déchets sont orientés vers le C.E.T. d'Hallembaye. Ces déchets continuant à fermenter durant plusieurs semaines peuvent continuer à générer une odeur, même si les dépôts ont cessé.

Lorsque la variabilité des émissions d'odeur est prise en compte, la zone de nuisance, identifiée par le percentile 98 à 1 uo/m³, reste de taille modérée et, en tout état de cause, est inférieure à celle calculée en 2006. Seuls les villages de Loën (au nord-est) et de Froidmont (au sud-ouest) semblent atteints.

6.2.4 Qualité de l'air

La campagne 2010 d'évaluation de la qualité de l'air ambiant aux alentours du C.E.T. d'Hallembaye s'est déroulée en deux phases. La première, nommée "campagne C.E.T.", a consisté à contrôler deux points situés à proximité immédiate de la zone d'exploitation. La "campagne riverain", quant à elle, a permis de surveiller deux points plus éloignés à proximité des riverains les plus proches du C.E.T.

Par rapport aux campagnes précédentes, le traitement des données acquises a été optimisé. Des moyennes par secteurs directionnels ont systématiquement été calculées. Le premier de ces secteurs, nommé "secteur C.E.T." inclut, pour une station donnée, toutes les directions de vents en provenance du C.E.T. Le second secteur, nommé "secteur non C.E.T.", reprend toutes les

autres directions. Cela permet d'avoir une évaluation de l'intensité de l'impact du site sur la qualité de l'air, et ce, composant par composant.

De manière générale, la qualité de l'air mesurée sur les différentes stations ne génère aucune inquiétude en ce qui concerne la santé, et ce dans la limite des paramètres mesurés. Un impact modéré, principalement pour le méthane est mesuré en bordure de C.E.T. (RMHA01). A plus grande distance du C.E.T. cet impact reste mesurable mais il devient négligeable. Au point de mesure RMHA03, le seul léger impact à noter est celui du H₂S, provenant non pas des zones d'enfouissement mais de la zone technique (STEP et moteurs).

Au niveau des riverains les plus proches du site, aucun impact sur la qualité de l'air n'est plus mesurable.

En matière d'évolution temporelle, les influences sur la qualité de l'air ne semblent pas évoluer de manière négative, les impacts restent de faible intensité, pour des polluants non dangereux et sont confinés aux abords immédiats sur le C.E.T.

7 PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS

7.1 Partim eau

En matière **de rejet**, pour une série de paramètres, les conditions de contrôle ne sont pas encore respectées. Le permis du 28 janvier 2011 relatif aux rejets et les conditions sectorielles sont plus exigeants que les précédentes autorisations accordées au site (au point de vue des normes et des conditions de contrôle). Il est impératif que l'exploitant se mette rapidement au diapason de ces nouvelles impositions et, à tout le moins, évite de réaliser un autocontrôle sur un rejet dilué par des eaux de ruissellement.

On sait par ailleurs, que l'osmose inverse, qui apparaît localement comme une solution très performante puisque les rejets sont très purs, déplace en réalité le problème à l'échelle régionale. Une portion non négligeable de l'eau est retenue en amont des membranes sous forme de concentrats. Ces derniers nécessitent une évacuation avec très peu de solution de traitement. L'ISSeP sait que des solutions alternatives sont à l'étude chez l'exploitant et encourage cette démarche. L'autre solution consisterait, comme c'est le cas dans de nombreux pays européens, à permettre la réinfiltration des concentrats dans les C.E.T. pour travailler en circuit fermé mais cette possibilité n'est, jusqu'à aujourd'hui, pas autorisée par la législation régionale.

En matière **d'eaux souterraines**, vu l'absence de problème significatif détecté jusqu'à présent en aval du C.E.T., la poursuite de l'autocontrôle, en se conformant à l'avenir aux conditions sectorielles, suffit à l'heure actuelle pour en assurer la surveillance.

7.2 Partim air

En ce qui concerne les **émissions des installations** de valorisation des biogaz, et en particulier la non-conformité de la composition des fumées du moteur 3, l'ISSeP laisse au fonctionnaire chargé de la surveillance, le choix de l'attitude à adopter, et ce compte tenu des intentions affichées par l'exploitant de renouveler ses moteurs en 2012.

Les résultats des campagnes de mesures des **émissions surfaciques** mettent en évidence certaines zones où aucun puits n'est installé (ou encore fonctionnel) et qui nécessiteraient une intervention (installation d'un puits, pompage plus intense à proximité ou adaptation de la couverture), à savoir principalement :

- Le secteur de recouvrement de Hallembaye 1 par Hallembaye 2 où les déchets superficiels semblent produire du biogaz non encore collecté, probablement ajouté à des émissions provenant du cœur d'Hallembaye 2 et remontant préférentiellement en longeant la pente de l'ancien talus de Hallembaye 1 ;
- La zone située au coin sud-ouest du C.E.T. ;
- Trois spots émissifs sur le plateau d'Hallembaye 1 :
 - le premier au nord (au droit de la séparation entre les casiers "machefers" et "organiques) ;
 - les deux autres au sud (et s'étendant sur le haut du talus est) et à l'extrême sud (à la rupture de pente entre le plateau et le talus sud).

Par ailleurs les talus ouest et nord de Hallembaye 1 ne sont pas correctement dégazés, ni dans la pente, où les puits sont désactivés, ni au sommet, où il n'y a pas (ou pas encore) de puits. Là aussi, des actions pourraient mener à un meilleur taux de récupération du biogaz.

Il va sans dire, par contre, que les actions que l'on peut envisager pour diminuer les émissions dans les zones de travail sont plus limitées : tout au plus pourrait-on veiller à limiter au maximum la surface de la zone de régalaage des déchets pour permettre une couverture provisoire d'une plus grande portion du secteur en travail.

Aucune autre recommandation n'est à formuler sur les autres domaines de surveillance, partim "air".

8 REMERCIEMENTS

N'oublier personne lors de la rédaction de remerciements au terme d'une étude aussi conséquente relève du défi. Nous adressons donc, de manière collégiale, nos plus sincères remerciements à tous ceux et celles qui, au sein de l'ISSeP mais également du service de l'Unité « Surveillance et Environnement » de la FUL-ULg, ont contribué à ce travail.

En particulier, nous tenons à remercier, dans un ordre aléatoire :

- Messieurs **Leybaert** et **le Bussy**, de la « Cellule déchets et sites à risques », pour leur habituel dévouement, la précision de leur travail d'échantillonnage et leur participation aux figures et au contrôle qualité du rapport ;
- Messieurs **Fays** et **Laruelle** de la « Cellule qualité de l'air » pour l'excellente étude de la qualité de l'air réalisée dans le cadre de travail ;
- Monsieur **Idczak** de la « Cellule air-émissions » pour la qualité de ses mesures, l'excellente analyses des résultats et sa disponibilité lorsqu'il a fallu nous éclairer sur les méthodes et fondements théoriques de son travail ;
- **Toute l'équipe des laboratoires de l'ISSeP** qui a réalisé les nombreuses analyses d'eaux ;
- Messieurs **Denne**, **Hanson** et **le Professeur Jacques Nicolas** de l'Université de Liège, (département des Sciences et Gestion de l'Environnement) pour l'excellence des investigations réalisées sur les odeurs autour du site, pour leur ouverture et pour la qualité de la collaboration avec l'ISSeP tout au long de la campagne ;
- Messieurs **Decelle** et **Digneffe** d'UVELIA et d'INTRADEL pour la transparence et la disponibilité dont ils ont fait preuve, tant pour coordonner les campagnes d'autocontrôle que pour fournir les informations nécessaires à l'élaboration du dossier technique et de l'étude préalable.

C. Collart
Responsable,
Cellule Déchets & SAR

D. Dosquet
Attachée,
Cellule Déchets & SAR.

V. Lebrun
Attaché,
Cellule Déchets & SAR.

E. Bietlot
Attachée,
Cellule Déchets & SAR.

9 BIBLIOGRAPHIE

9.1 Ouvrages de références consultés durant ce travail

- 1.1 Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R., 1997. "Landfilling of waste : leachate", Chapman & Hall, London, 520 p
- 1.2 Appelo, C. et Postma, D., 1993. "Geochemistry, Groundwater and pollution", A.A. Balkema.
- 1.3 Castagny, G., 1982. "Principes et méthodes de l'hydrogéologie", Bordas.
- 1.4 Collectif, 1989. "Memento Technique de l'eau", Degremont.
- 1.5 Fourmarier, P., 1954. "Prodrome d'une description géologique de la Belgique", ouvrage collectif, Société Géologique de Belgique.
- 1.6 Gulink, M., 1966. "Atlas de Belgique partim. Hydrogéologie", presse de l'institut Géographique militaire.
- 1.7 Monjoie, A. et al., 1992. "Vade-Mecum pour la réalisation des systèmes d'étanchéité-drainage artificiels pour les sites d'enfouissement technique en Wallonie", Université de Liège.
- 1.8 Reginster, J., Scauftaire, P., 1996. "Gestion dynamique du réseau de dégazage", Revue BESWA, 1996.
- 1.9 Robaszynski F. et Dupuis C., 1983. "Belgique, Guides Géologiques Régionaux", Masson, Paris.
- 1.10 LGIH, CEBEDEAU, 2003. " Fixation de normes relatives aux eaux souterraines aux alentours des centres d'enfouissement technique et des dépotoirs en Région wallonne", septembre 2003.
- 1.11. WHO Regional Publications, European Serie, n° 91, « Air Quality Guidelines for Europe », Second Edition, 2000

9.2 Documents cartographiques

- 2.1 Archives du Service Géologique de Belgique, planchettes n° 107 Tongres-Herderen et n°108 Visé-Fouron-Saint-Martin.
- 2.2 BONNECHÈRE, F., BOLLE, A., MONJOIE, A., POLO-CHIAPOLINI, CL., YERNAUX, C., 2006. Carte Géotechnique, planche Visé (34-6-6, 34-6-8, 34-7-5, 34-7-7) et notice explicative, Centre de Cartographie Géotechnique.
- 2.3 Carte géologique de la Belgique, planchettes n° 107 Tongres-Herderen (VAN DEN BROEK) et n° 108 Visé-Fouron-Saint-Martin (FORIR), échelle 1/40.000.
- 2.4 Cartes topographiques de l'Institut Géographique National, planchettes n° 34/5-6 et 34/7-8, échelle 1/25.000 et 1/10.000.

9.3 Etudes antérieures sur le C.E.T. de "Hallembaye"

- 3.1 IRCO, 1996. "Etude d'incidences relative au projet d'extension et de modification de la décharge de classe 2 à Hallembaye", septembre 1996.
- 3.2 IRCO, 1997. "Etude d'incidences du site d'Hallembaye", Cahier spécial des charges numéro 343, novembre 1997.
- 3.3 LGIH, 1988. "Etude des conditions de mise en décharge dans la carrière C.P.L. (Hallembaye)", Rapport FABRICOM - FAB/881 - 02.05.1988, Laboratoires de Géologie de l'Ingénieur, d'Hydrogéologie et de prospection Géophysique - Ulg.
- 3.4 LGIH, 1990. "Projet de création d'une décharge de classe I dans la carrière C.P.L. à "Hallembaye", Etude d'impact sur l'environnement - Géologie, hydrogéologie", Rapport CETHA - CET/892 - 05.03.1990, Laboratoires de Géologie de l'Ingénieur, d'Hydrogéologie et de prospection Géophysique - Ulg.

- 3.5 LGIH, 1990. Décharge SITRAD à Hallembaye. "Piézomètres du réseau de contrôle et de pompage", Rapport FABRICOM - FAB/901 - 03.09.1990, Laboratoires de Géologie de l'Ingénieur, d'Hydrogéologie et de prospection Géophysique - Ulg.
- 3.6 NIX P., 1988, "Ciments d'Obourg S.A. - Franki S.A. - Valorisation de la smectite de Herve - Carrière d'Hallembaye", Rapport INIEX.
- 3.7 TRACTEBEL DEVELOPMENT WALLONIE, 1995. "Projet d'extension et de modification de la décharge de classe II d'Hallembaye - Etude hydrogéologique approfondie", octobre 1995.
- 3.8 TRACTEBEL DEVELOPMENT WALLONIE, 1996. "Projet d'extension et de modification de la décharge de classe II d'Hallembaye - Avant-projet sommaire" - Avril 1996.
- 3.9 TRACTEBEL DEVELOPMENT WALLONIE, 1997. "Projet d'extension et de modification de la décharge de classe II d'Hallembaye", Février 1997.
- 3.10 EURECO. S.P.R. L., 2009. "Etude d'incidence – Demande de permis d'environnement portant sur le renouvellement d'exploiter le Centre d'Enfouissement Technique d'Hallembaye", mars 2009, 342p

9.4 Études précédentes de l'ISSeP

- 4.1 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.
- 4.2 Collart C., Dengis P., 2002. "Réseau de contrôle des C.E.T. en région wallonne - C.E.T. d'Hallembaye - deuxième campagne de contrôle", février-avril 2002, rapport ISSeP n° 930/2002, 52 p.
- 4.3 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.
- 4.4 NICOLAS J., DENNE P., HANSON A., 2006. "Seconde campagne de mesures des odeurs sur le CET de Hallembaye - Estimation des nuisances olfactives – Etude de l'influence du relief sur la propagation des odeurs", rapport ULg, 28 p.
- 4.5 Collart C., Lebrun V., Kheffi A., 2007. "Réseau de contrôle des C.E.T. en région wallonne - C.E.T. d'Hallembaye - troisième campagne de contrôle (2006)", rapport ISSeP n° 0837/2007, 85 p.
- 4.6 NICOLAS J., COBUT P., WACZEK C., DELVA J., ROMAIN A-C., 2010. "Troisième campagne de mesures des odeurs sur le CET d'Hallembaye - Estimation des nuisances olfactives – Etude de variabilité des émissions et de l'influence du relief sur la propagation des odeurs", rapport ULg, 31 p.
- 4.7 FAYS S., LARUELLE R., 2011. "Campagne de mesures de la qualité de l'air ambiant à proximité du C.E.T. d'Hallembaye. Campagne 2010, rapport ISSeP n° 6467/2010, 60p.
- 4.8 FAYS S., LARUELLE R., 2011. "Etude de la qualité de l'air ambiant à proximité du C.E.T. d'Hallembaye. Campagne 2010, rapport ISSeP n° 6466/2010, 60 p.
- 4.9 Bietlot E, Lebrun V., Collart C., 2011. "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 ISSeP n° 1242/2011, 60 p.
- 4.10 D'Or Dimitri, 2011. "Cartographie et quantification des flux de biogaz sur C.E.T. – traitement de la campagne de mesure de mai et juin 2010 sur le C.E.T. d'Hallembaye, Note de synthèse Ephesia-Consult, 27/01/2011, 10 pp.

9.5 Ressources internet

- 5.1 Site internet du réseau de contrôle des C.E.T. en Région wallonne :
<http://environnement.wallonie.be/data/dechets/ct/>

9.6 Publications de l'ISSeP relatives aux C.E.T.

- 6.1 Awono S., Collart C., Kheffi A., Fafchamps R., Dengis P. (2005). Flame ionisation detector and kriging method for landfill cap leakage detection. Proceedings Sardinia 2005, Tenth International Waste Management and Landfill Symposium, CISA publisher, Cagliari, Italy.
- 6.2 Lebrun V., Kheffi A., Fafchamps R., Collart C. and Maquinay J-C. (2007). Landfill gas (LFG) fugitive emissions on landfill surface – Comparative test of on site analysis devices. Proceedings Sardinia 2007, Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium, CISA publisher, Cagliari, Italy.
- 6.3 Lebrun V., Collart C., Peters V., Maquinay J.-Cl. (2007) "Iron and manganese survey in aquifers surrounding landfills in Wallonia (Belgium)", Proceedings Sardinia 2007, Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium, S. Marg. di Pula, Cagliari, Italy.
- 6.4 Lebrun V. (2007) "Les Centres d'enfouissement Techniques en Région Wallonne - contrôle de leur impact sur l'environnement", Le journal des Ingénieurs, FABI, N° 106, août 2007, pp 30-35.
- 6.5 Nicolas J., Romain A.C., Delva J., Collart C. and Lebrun V. (2008). "Odour annoyance assessment around landfill sites: methods and results". Proceedings Nose 2008, International Conference on Environmental Odour Monitoring and Control.
- 6.6 Lebrun V., Le Bussy, O., Kheffi A., Collart C., Laloux, T., Salpéteur V. (2008) "Landfill water treatment plants (WTP) permeates vs EU Directive 2000/60/CE: a case study of PAHs". Proceedings ORBIT 2008, 6th Biomass and Organic Waste as Sustainable Resources International conference, Wageningen, The Netherlands.
- 6.7 Collart C., Lebrun V., Fays S., Salpéteur V., Nicolas J., Romain A.-C. (2008) "Air Monitoring around MSW sanitary landfills in Wallonia: feedback of 10 years field surveys". Proceedings ORBIT 2008, 6th Biomass and Organic Waste as Sustainable Resources International conference, Wageningen, The Netherlands.
- 6.8 Kheffi A., Collart C., D'Or, D., Bour O., Garcia M., Salpéteur V. (2009) "Methodology developments for measuring biogas emissions from landfill surface", Proceedings Sardinia 2009, Twelveth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Marg. di Pula, Cagliari, Italy.

9.7 Autres publications

- 7.1 Agences de l'eau (2003), "rapport de présentation du système d'évaluation de la qualité des cours d'eau (SEQ-Eau)", France, , 21 mars 2003
- 7.2 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 biogaz et application sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert. Rapport ISSeP 2009002.
- 7.3 UK-Environmental Agency (2004), "Guidance on monitoring landfill gas surface emissions", EA guidelines_TGN07_Monitoring LFG surface emissions.pdf, sur :
<http://www.environment-agency.gov.uk/>.
- 7.4 Ineris, (2008) "Documentation relative au transfert du savoir-faire concernant la méthode Ineris de mesure de flux surfacique de gaz", Rapport d'étude DRC-08-98476-14234A, 14/11/2008.

PLANS

Plan 1 : Plan de localisation du site sur la carte topographique au 1:10.000^e

Plan 2 : Localisation du site sur le plan de secteur

Plan 3 : Plan des installations actuelles (source : UVELIA)

Plan 4 : Localisation du site sur la carte géologique de Belgique au 1:25.000^e

Plan 5 : Situation du site sur une coupe géologique tirée de la carte géologique de Belgique au 1:25.000^e

Plan 6 : Carte hydrogéologique régionale et ouvrages de prise d'eau

Plan 7 : Emissions surfaciques de méthane (campagne de mesures de 1999)

Plan 8 : Emissions surfaciques de méthane (campagne de mesures de 2002)

Plan 9 : Emissions surfaciques de méthane (campagne de mesures de 2006)

Plan 10 : Localisation des zones d'émissions surfaciques en méthane et photos (avril 2010)

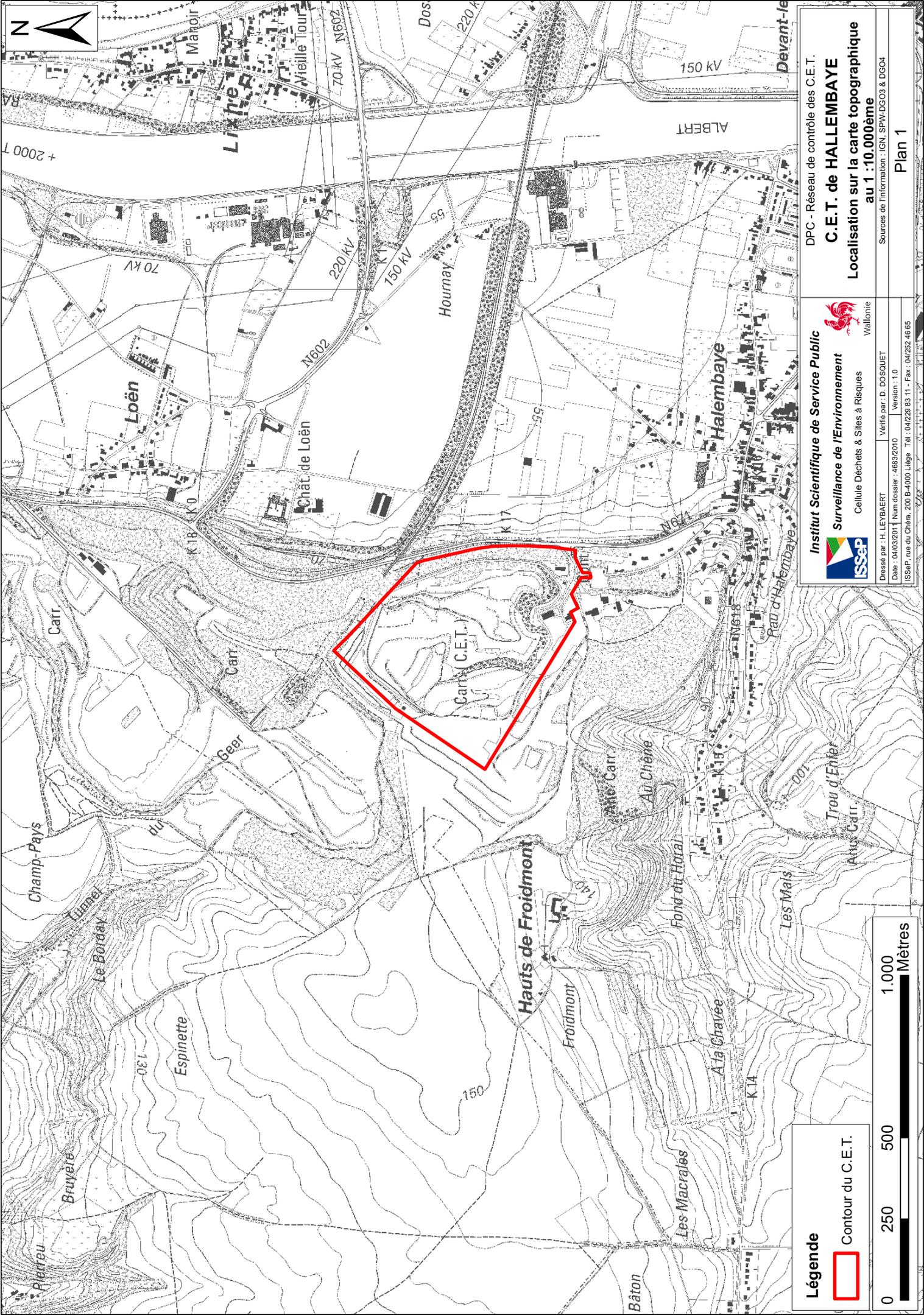
Plan 11 : Emissions surfaciques en méthane (avril 2010) et débit des puits de gaz

Plan 12 : Emissions surfaciques en CO₂ (avril 2010)

Plan 13 : Emissions surfaciques en méthane - Comparaison ISSeP (avril 2010) et SITA (2008-2010)

Plan 14 : Emissions surfaciques en méthane (avril 2010) – zonage pour les mesures de flux

Plan 15 : Plan de localisation des mesures de flux et de concentrations.



DPC - Réseau de contrôle des C.E.T.
C.E.T. de HALLEMBAYE
 Localisation sur la carte topographique
 au 1 : 10.000ème

Institut Scientifique de Service Public
 Surveillance de l'Environnement
 Cellule Déchets & Sites à Risques

ISSeP

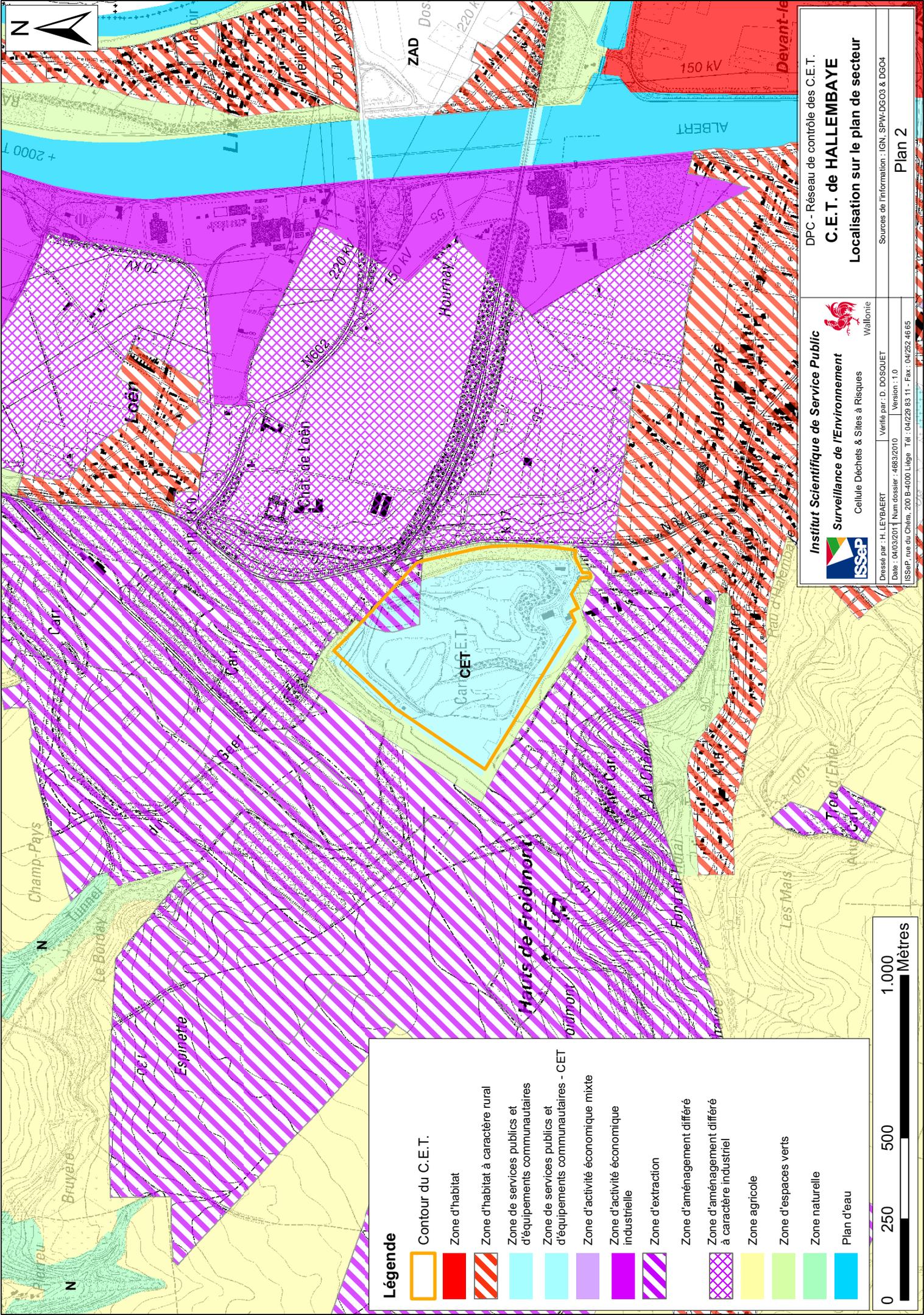
Vérifié par: D. DOSQUET
 Date: 04/03/2011 Num dossier: 4683/2010 Version: 1.0
 ISSeP, rue du Chêne, 200 B-4000 Liège, Tél: 04/229 83 11 - Fax: 04/252 46 65

Wallonie

Légende

Contour du C.E.T.





Légende

-  Contour du C.E.T.
-  Zone d'habitat
-  Zone d'habitat à caractère rural
-  Zone de services publics et d'équipements communautaires
-  Zone de services publics et d'équipements communautaires - CET
-  Zone d'activité économique mixte
-  Zone d'activité économique industrielle
-  Zone d'extraction
-  Zone d'aménagement différé
-  Zone d'aménagement différé à caractère industriel
-  Zone agricole
-  Zone d'espaces verts
-  Zone naturelle
-  Plan d'eau



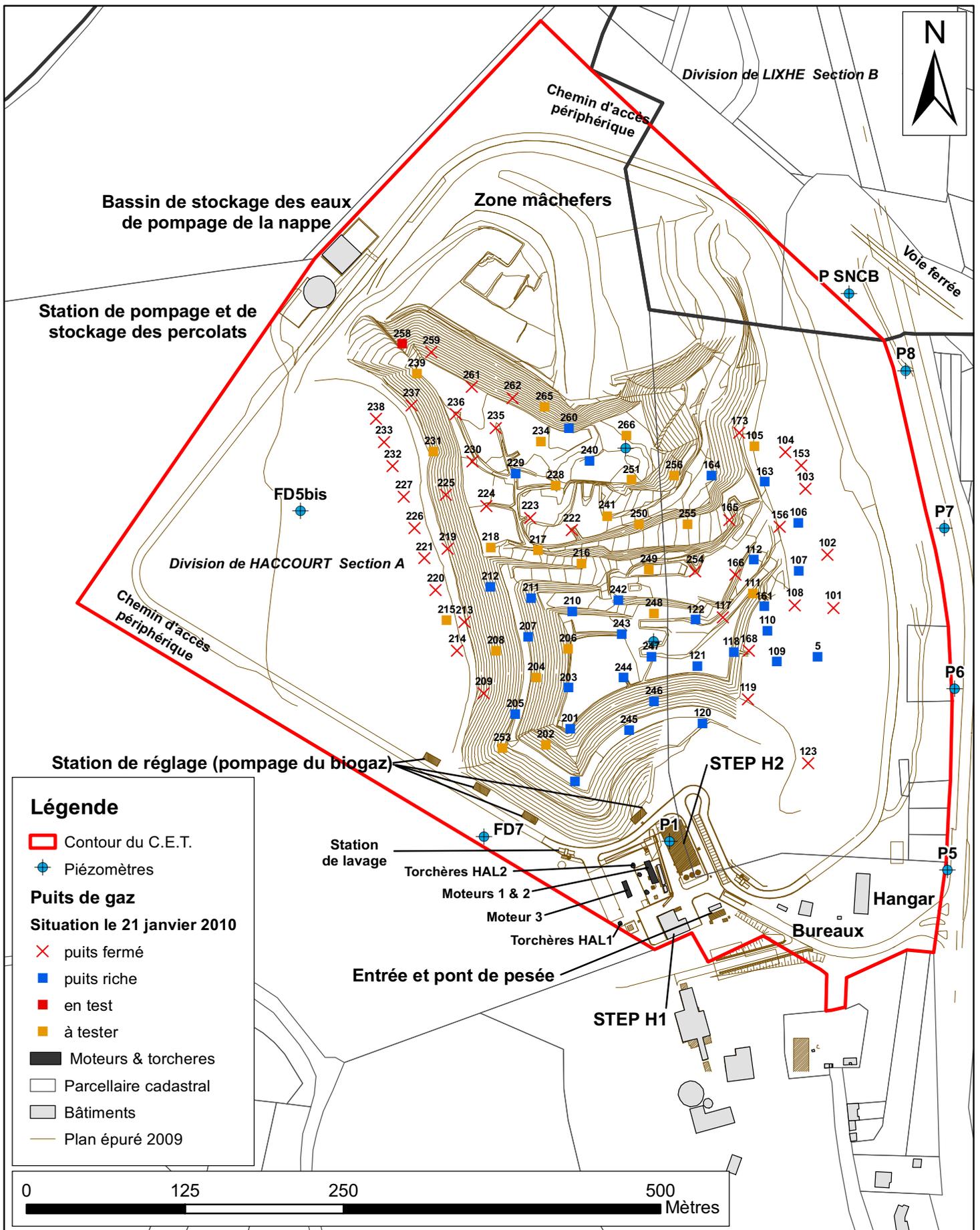

Institut Scientifique de Service Public
Surveillance de l'Environnement
 Cellule Déchets & Sites à Risques
 Wallonie

Dressé par : H. LEYBAERT
 Date : 04/03/2011
 Num dossier : 4683/2010
 ISSeP, rue du Chêne, 200 B-4000 Liège. Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65

Vérifié par : D. DOSQUET
 Version : 1.0

DPC - Réseau de contrôle des C.E.T.
C.E.T. de HALLEMBAYE
Localisation sur le plan de secteur

Sources de l'information : IGN, SPW-DG03 & DG04
Plan 2



Institut Scientifique de Service Public



Surveillance de l'Environnement

Cellule Déchets & Sites à Risques



Wallonie

DPC - Réseau de contrôle des C.E.T.

C.E.T. de HALLEMBAYE

Plan des installations

Dressé par : H. LEYBAERT

Vérfié par : D. DOSQUET

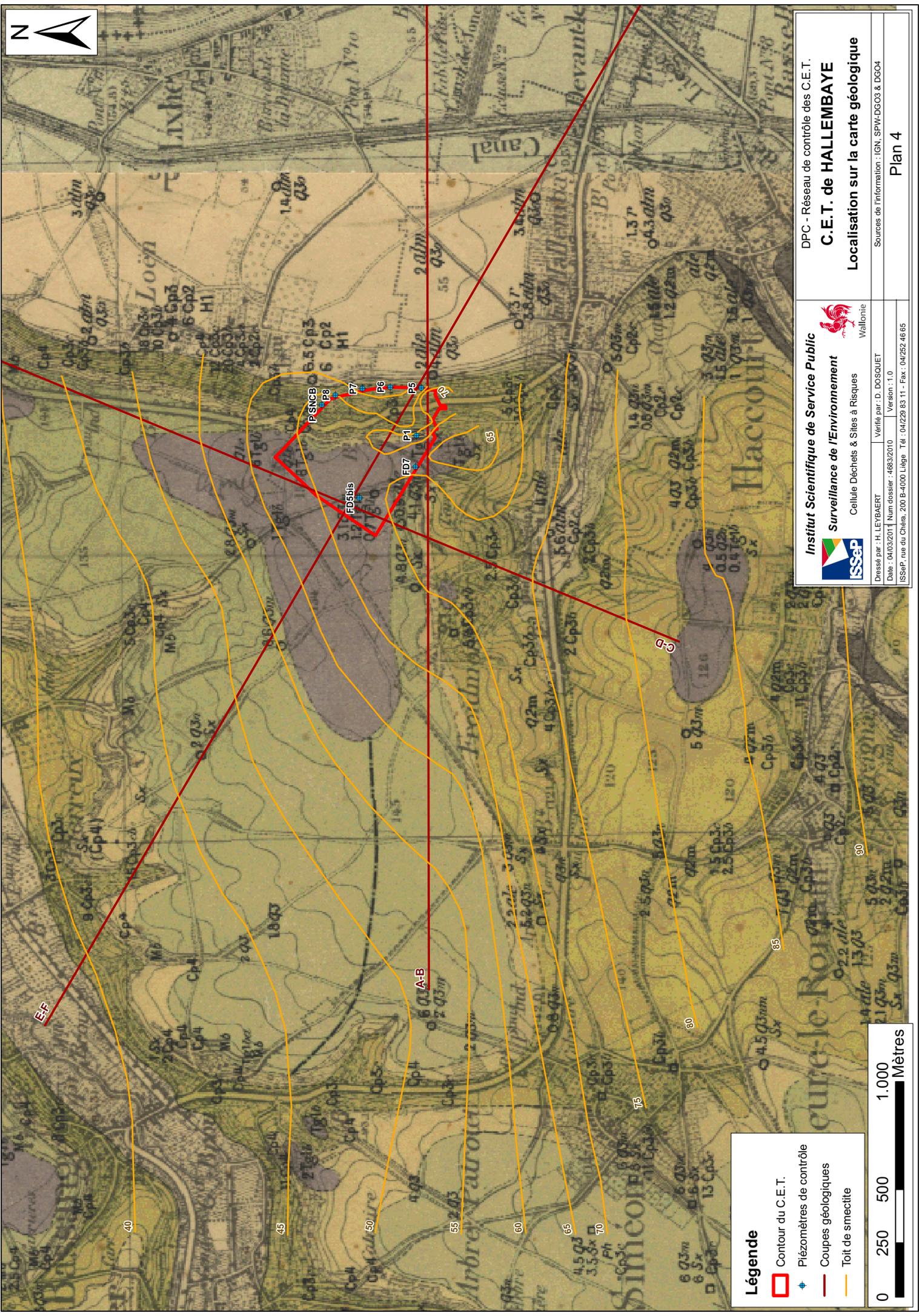
Source de l'information : Fond de plan UVELIA

Date : 04/03/2011 Num dossier : 4683/2010

Version : 1.0

Plan 3

ISSEP, rue du Chéra, 200 B-4000 Liège Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65



DPC - Réseau de contrôle des C.E.T.
C.E.T. de HALLEMBAYE
 Localisation sur la carte géologique

Institut Scientifique de Service Public
 Surveillance de l'Environnement
 Cellule Déchets & Sites à Risques

ISSeP
 Wallonie

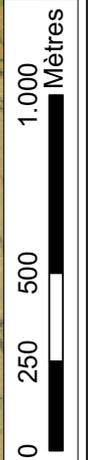
Dressé par : H. LEYBAERT
 Date : 04/03/2011 Num dossier : 4683/2010 Version : 1.0
 ESSeP, rue du Chêne, 200 B-4000 Liège. Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65

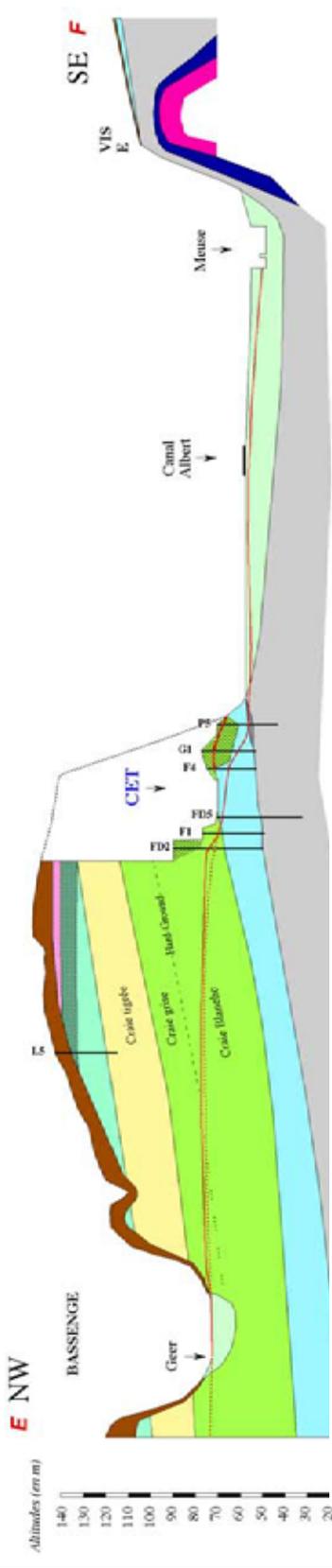
DPC - Réseau de contrôle des C.E.T.
 Sources de l'information : IGN, SPW-DG03 & DG04

Plan 4

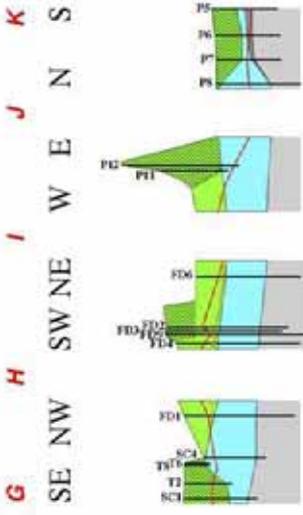
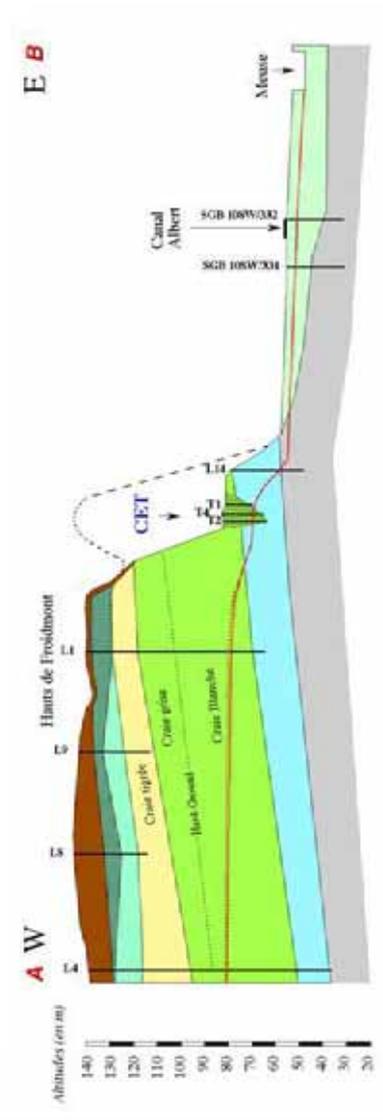
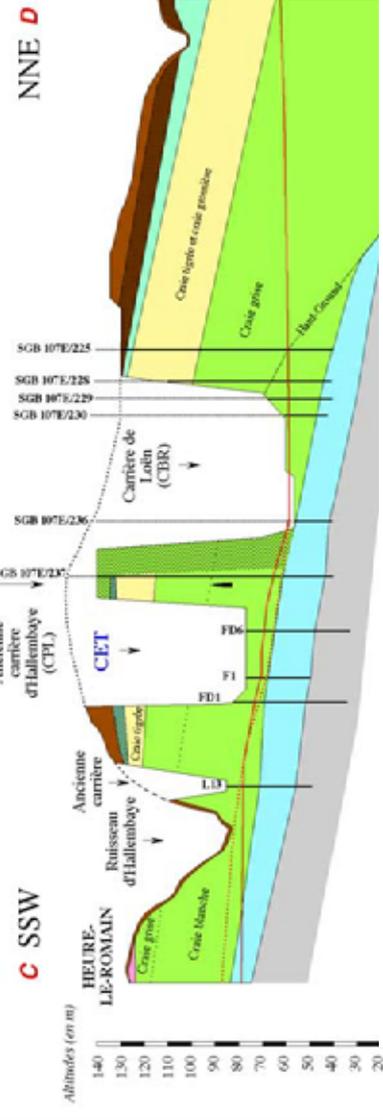
Légende

-  Contour du C.E.T.
-  Piézomètres de contrôle
-  Coupes géologiques
-  Toit de smectite





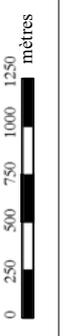
- Alluvions (Quaternaire) - épaisseurs approximatives
- Limons (Quaternaire) - épaisseurs supposées sauf au droit des forages
- Terrasses de la Meuse (Limos, sables et graviers)
- Sables (Eschbœuf (Tongrienn))
- Silex résiduaires (Crétacé (Maastrichtien))
- Calcaires (tuileux) (Crétacé (Maastrichtien M3 à M4 - Formation de Maastricht))
- Chaux à silex (Crétacé (Maastrichtien C2a et C24 - Craie de Lèche et Tuifera de Lanaye))
- Craie (Crétacé (Maastrichtien C2b supérieur - Craie de Vijlen))
- Haut-Grand (Crétacé (Campanien C23b - Craie de Bentevelen))
- Craie (Crétacé (Campanien C23a et C23b inférieur - Horizons de Lohin et Craie de Zeven Weggen))
- Remblais crayeux divers d'exploitation
- Marne argileuse (Sinocite de Herve) (Crétacé (Campanien C2 - Formation de Vaals))
- Argilite ("schiste" houiller altérée (Zone de transition Socle carbonifère altéré - Base du Crétacé))
- Grès, siltites, argilites ("schistes" houiller) et houilles diverses (Carbonifère (Namurien))
- Calcaires, schistes et grès (Carbonifère (Dinantien))
- Calcaires, calcschistes et schistes (Dévonien (Frasnien et Famennien))
- Topographie primitive
- Surface piézométrique supposée des nappes de remblais
- Surface piézométrique supposée de la nappe du Crétacé
- Surface piézométrique de la nappe du socle (BRCCO)
- Pisomètres de contrôle et forages divers
- PS
- CET



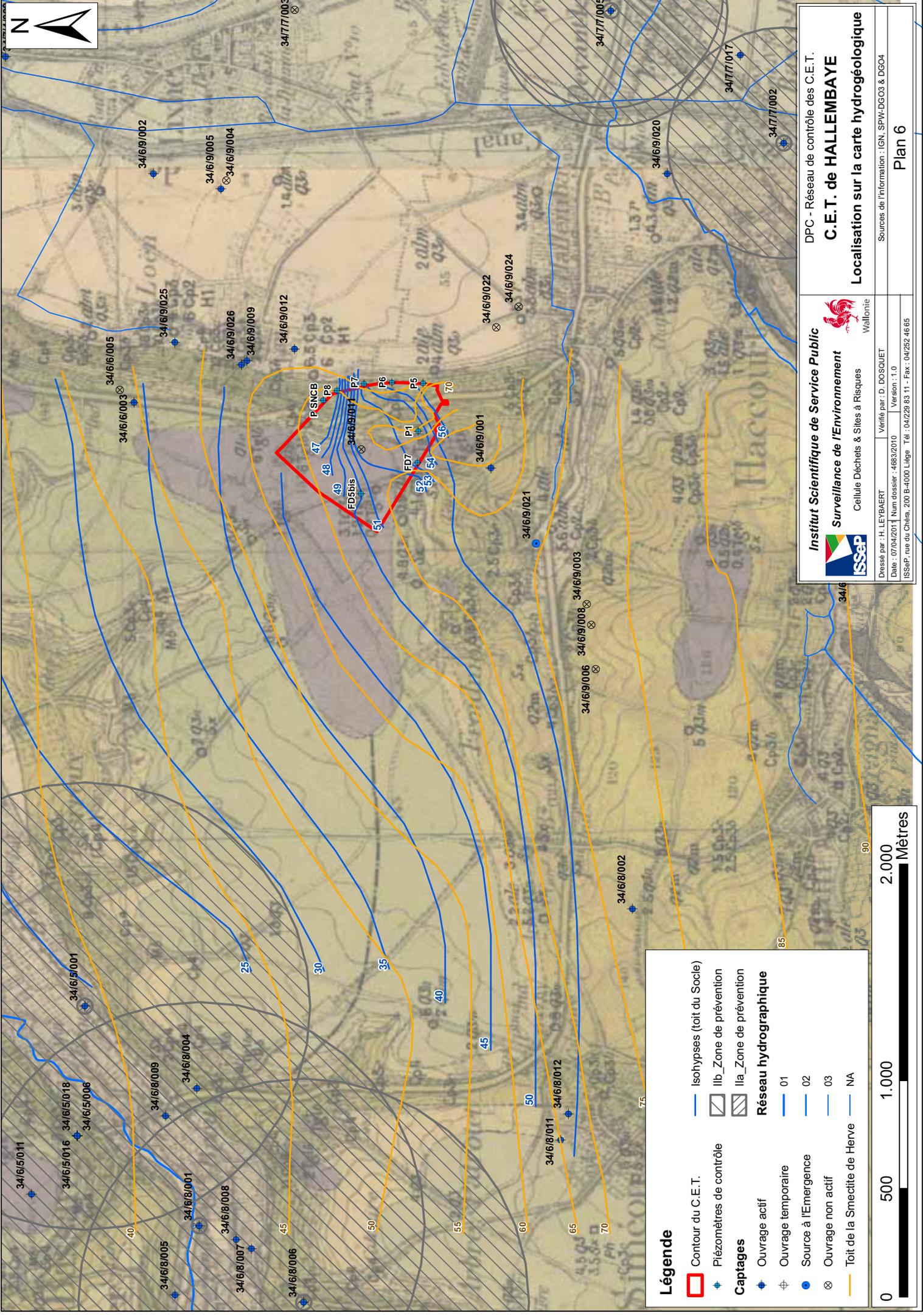

Institut Scientifique de Service Public
Surveillance de l'Environnement
 Cellule Déchets & Sites à Risques
 Wallonie

DRESSÉ PAR : J.-L. BERGER | VÉRIFIÉ PAR : D. DOSQUET
 Date : 09/1998 | Num dossier : 4683/2010 | Version : 2
 ISSeP, rue du Chêne, 200 B-4000 Liège | Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65

DPC - Réseau de contrôle des C.E.T.
C.E.T. de HALLEMBAYE
Coupes géologiques
 Sources de l'information : ISSeP, SPW-DGO3 & DGO4
Plan 5



Hauteurs exagérées 12,5 X



Légende

- Contour du C.E.T.
- + Piézomètres de contrôle
- Captages**
- + Ouvrage actif
- + Ouvrage temporaire
- + Source à l'Emergence
- + Ouvrage non actif
- + Toit de la Smedite de Herve
- + 01
- + 02
- + 03
- + NA
- Isohypses (toit du Socle)
- Ilb_Zone de prévention
- Ilia_Zone de prévention
- Réseau hydrographique**



Institut Scientifique de Service Public
Surveillance de l'Environnement

Cellule Déchets & Sites à Risques

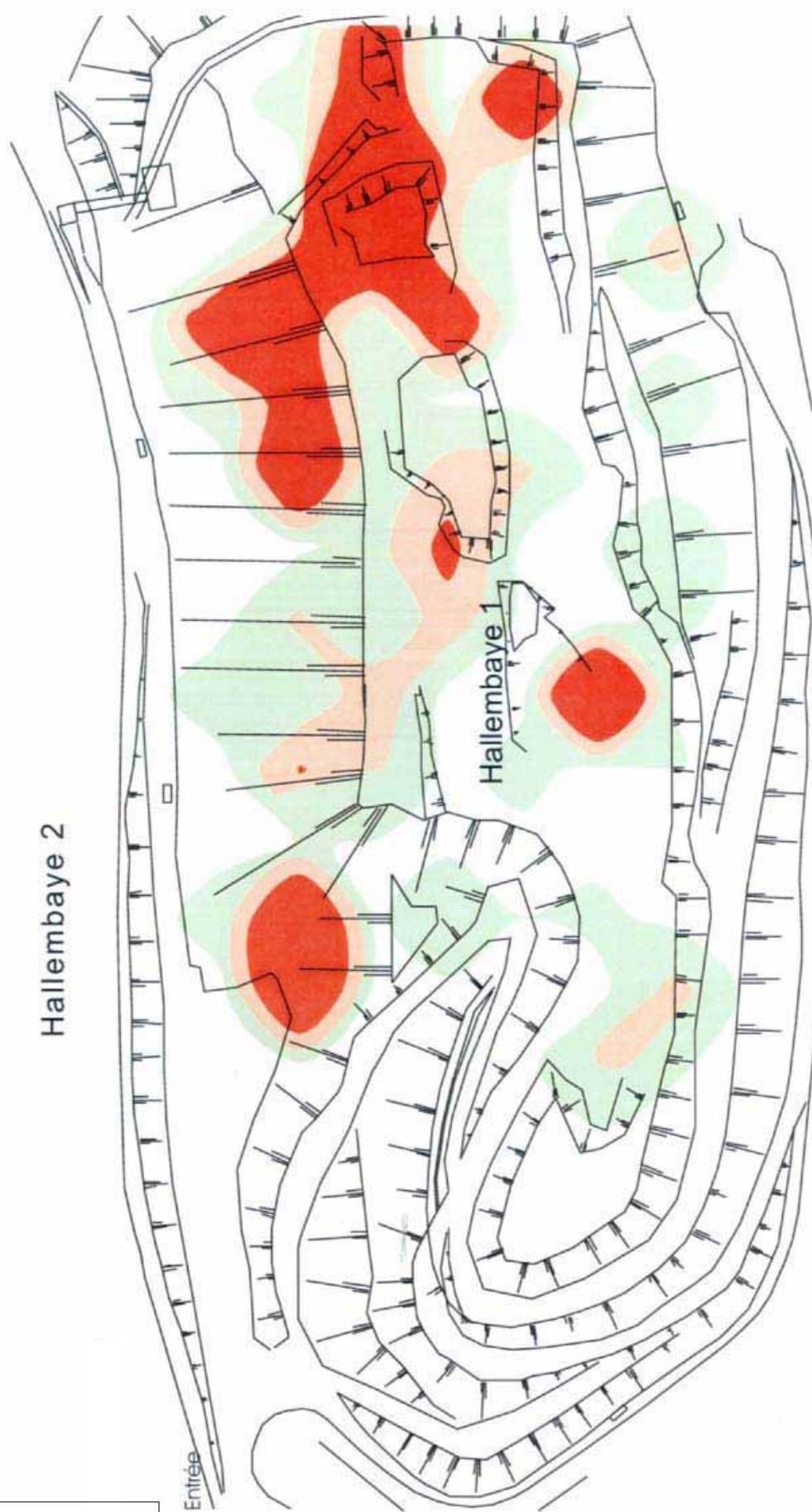
Wallonie

Dressé par : H. LEYBAERT Vérifié par : D. DOSQUET
 Date : 07/04/2011 Num dossier : 4863/2010 Version : 1.0
 ISSeP, rue du Chêne, 200 B-4000 Liège. Tel : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65

DPC - Réseau de contrôle des C.E.T.
C.E.T. de HALLEMBAYE
 Localisation sur la carte hydrogéologique

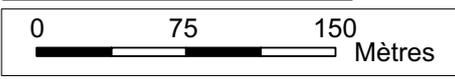
Sources de l'information : IGN, SPW-DG03 & DG04

Plan 6



Légende
Concentration en méthane

	< 100 ppm
	100 - 499 ppm
	500 - 999 ppm
	> ou égal à 1000 ppm



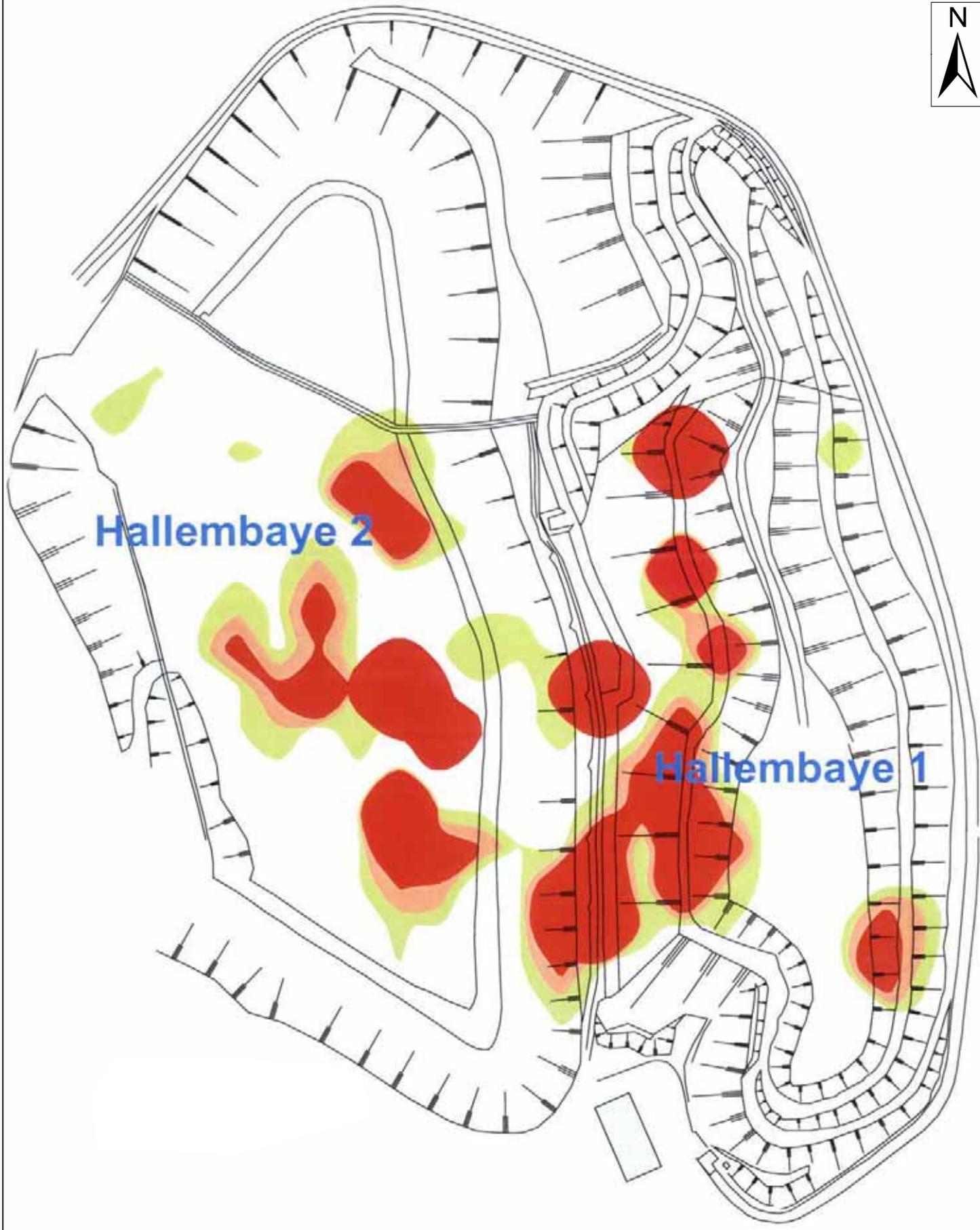
Institut Scientifique de Service Public
Surveillance de l'Environnement
Cellule Déchets & Sites à Risques

Dressé par : A. STREEL Vérifié par : D. DOSQUET
Date : 11/1999 Num dossier : 4683/2010 Version : 3
ISSEP, rue du Chéra, 200 B-4000 Liège Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65

DPC - Réseau de Contrôle des C.E.T.
C.E.T. de HALLEMBAYE
Campagne FID de 1999

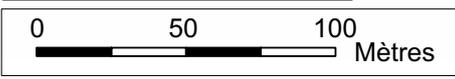
Source de l'information : fond de plan INTRADEL

Plan 7

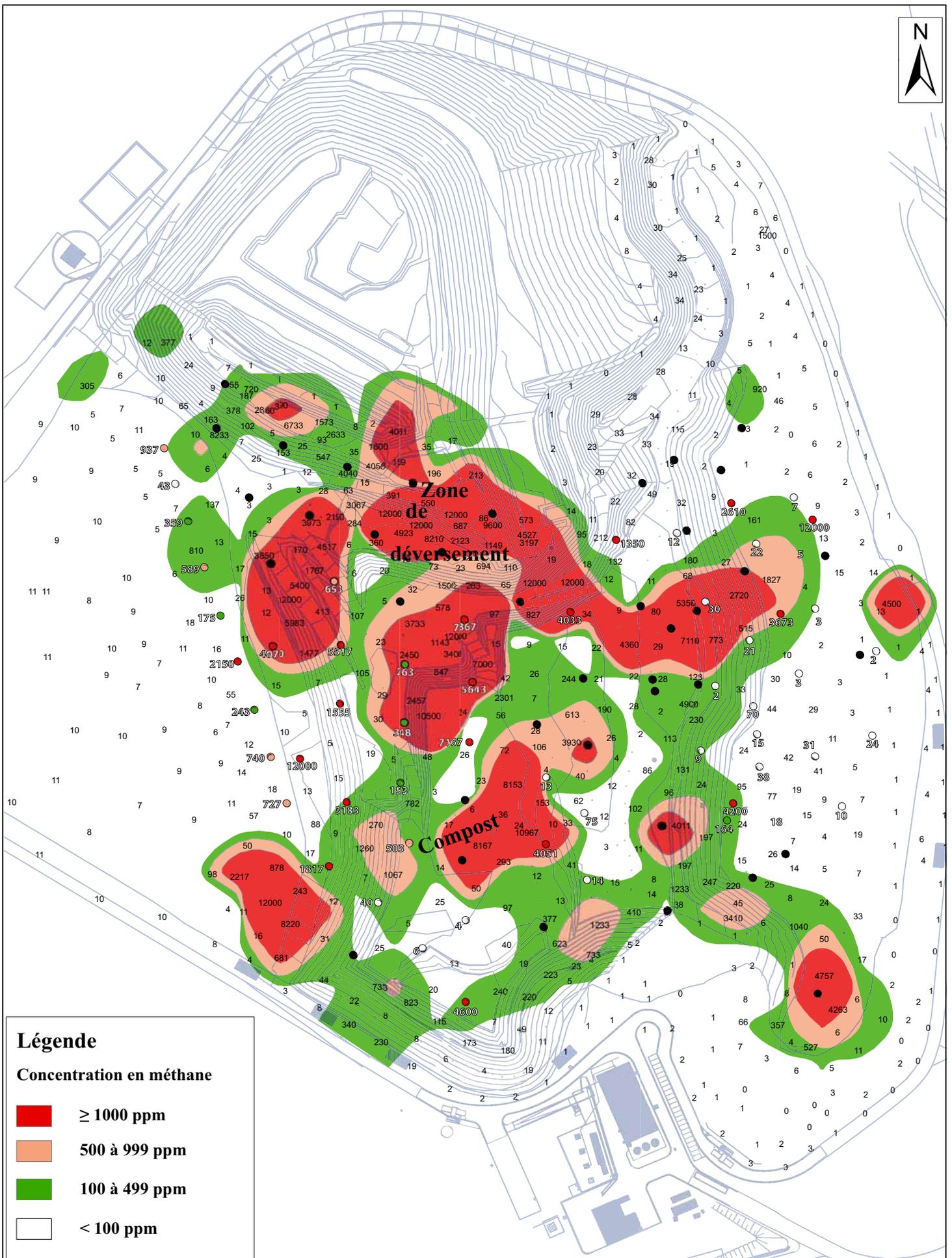


Légende
Concentration en méthane

	< 100 ppm
	100 - 499 ppm
	500 - 999 ppm
	> ou égal à 1000 ppm



Institut Scientifique de Service Public		DPC - Réseau de Contrôle des C.E.T.
	Surveillance de l'Environnement	C.E.T. de HALLEMBAYE
Cellule Déchets & Sites à Risques		Campagne FID de mars 2002
		Source de l'information : fond de plan INTRADEL
Dressé par : A. STREEL	Vérifié par : D. DOSQUET	Plan 8
Date : 04/2002	Num dossier : 4683/2010	
Version : 3		
ISSEP, rue du Chéra, 200 B-4000 Liège Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65		



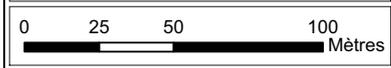
Légende

Concentration en méthane

- ≥ 1000 ppm
- 500 à 999 ppm
- 100 à 499 ppm
- < 100 ppm

puits de biogaz

valeur FID au droit du puits de biogaz



Institut Scientifique de Service Public

Surveillance de l'Environnement

Cellule Déchets & Sites à Risques

Dressé par : A. KHEFFI Vérifié par : D. DOSQUET

Date : 03/2007 Num dossier :4683/2010 Version : 2

ISSeP, rue du Chêra, 200 B-4000 Liège Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65

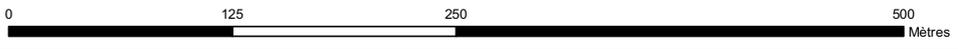
DPC - Réseau de Contrôle des C.E.T.

C.E.T. de HALLEMBAYE

Campagne FID de septembre 2006

Source de l'information : fond de plan INTRADEL

Plan 9



A/ Zone de crête en milieu de talus sud



D/ Zone talus mâchefers



B/ Zone crête/talus sud-ouest



G/ Bordure de la zone d'exploitation



C/ Zones d'exploitation



E/ Zone recouvrement H2/H1



F/ Zone PG112



L/ Talus entre les zones d'exploitation



E/ Zone recouvrement H2/H1



H/ Zone réhabilitée H1



J/ Zone angle supérieur sud



I/ Zone talus STEP



Surfaces d'isoconcentrations

- < 100 ppm
- 100 - 500 ppm
- 500 - 1.000 ppm
- 1.000 - 10.000 ppm
- > 10.000 ppm

Puits de biogaz

- puits ouverts
- puits fermés

Localisation des points de mesures (valeurs en CH4)

- < 100 ppm
- × 100 - 500 ppm
- × 500 - 1.000 ppm
- × 1.000 - 10.000 ppm
- ▲ > 10.000 ppm

Les valeurs en CH4 > 10.000 ppm sont indiquées au droit des pts

Institut Scientifique de Service Public



Surveillance de l'Environnement

Cellule Déchets & Sites à Risques



Wallonie

DPC - Réseau de contrôle des C.E.T.

C.E.T. de HALLEMBAYE

Emissions surfaciques en méthane

Avril 2010

Dressé par : H. LEYBAERT

Vérfié par : D. DOSQUET

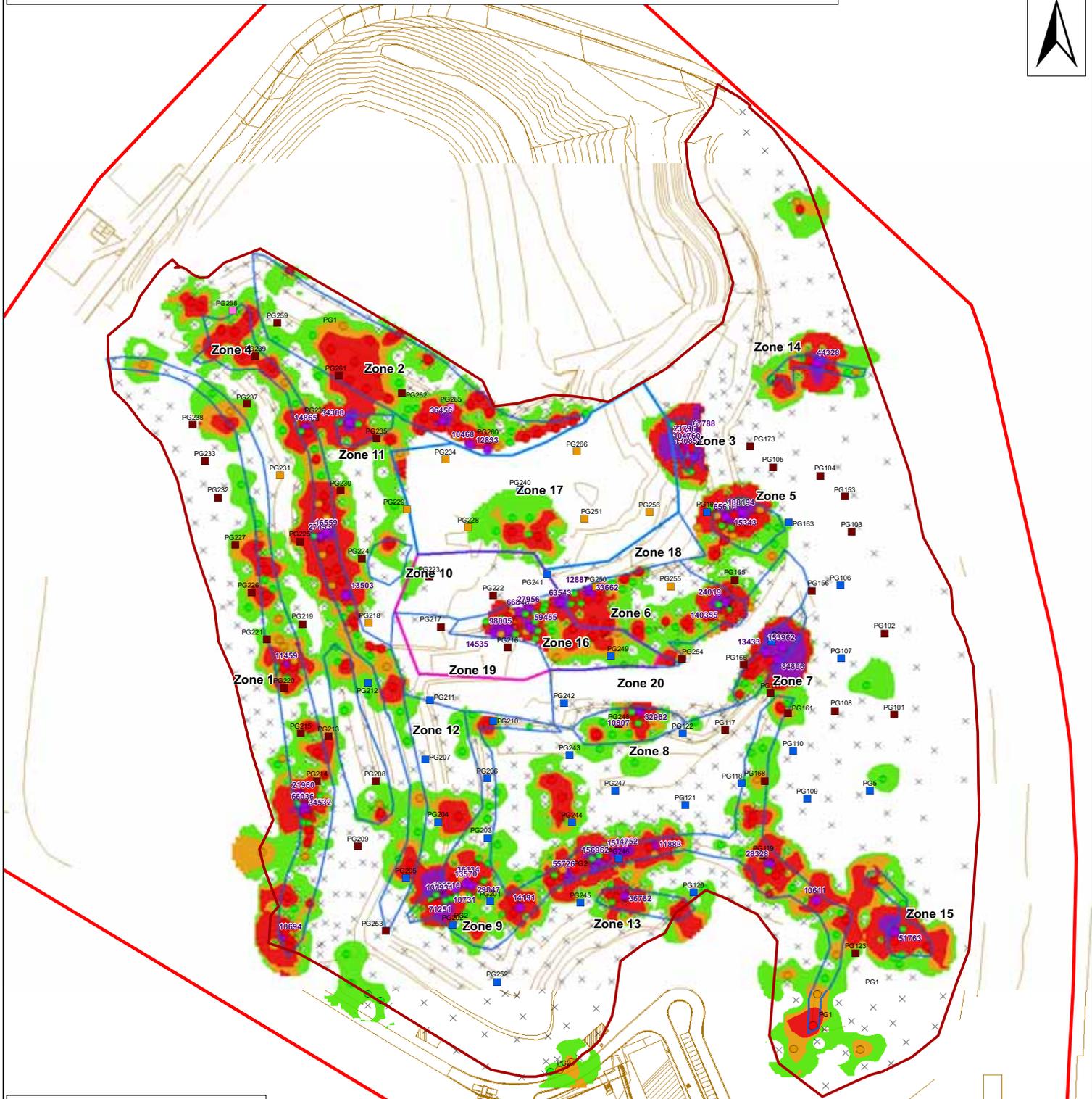
Source de l'information : Fond de plan UVELIA

Date : 05/04/2011 Num dossier : 4683/2010

Version : 1.0

ISSEP, rue du Chéra, 200 B-4000 Liège Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65

Plan 10



Légende

- Limites cadastrales
- Zones d'émissions
- Contour de la zone d'étude

Zones exploitation

- Jusque mi-avril 2010
- A partir de mi-avril 2010

Surfaces d'isoconcentrations

- < 100 ppm
- 100 - 500 ppm
- 500 - 1.000 ppm
- 1.000 - 10.000 ppm
- > 10.000 ppm

Localisation des points de mesures Puits de gaz

× < 100 ppm

● 100 - 500 ppm

● 500 - 1.000 ppm

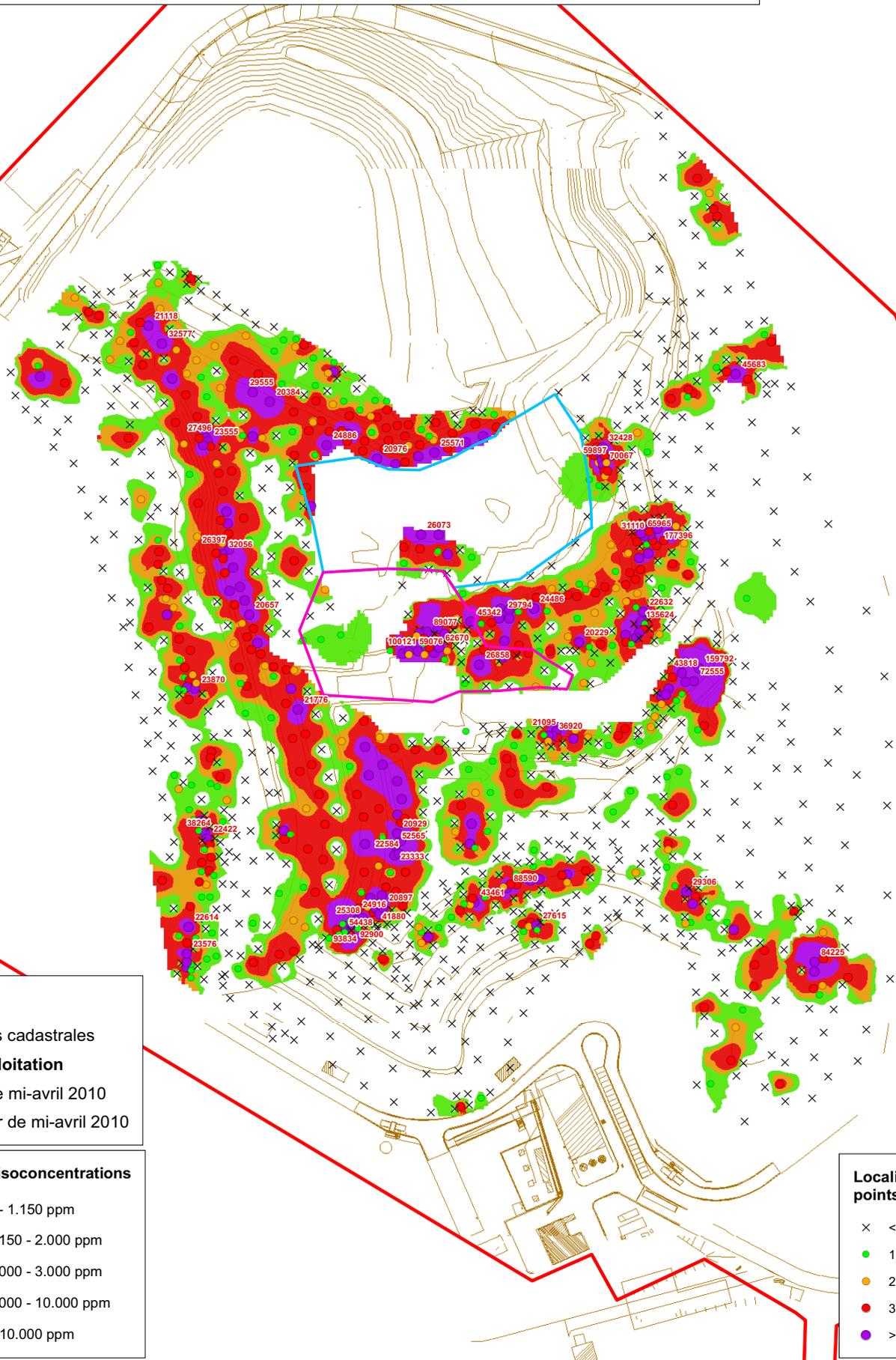
● 1.000 - 10.000 ppm

● > 10.000 ppm

situation du 19/05 au 08/06 2010

- puits riche
- en test
- puits fermé (à tester)
- puits fermé

<p>Institut Scientifique de Service Public Surveillance de l'Environnement Cellule Déchets & Sites à Risques</p>		<p>C.E.T. de HALLEMBAYE Emissions surfaciques en méthane Avril 2010</p>	
Dressé par : H. LEYBAERT		Vérfié par : D. DOSQUET	
Date : 05/04/2011	Num dossier : 4683/2010	Version : 1.0	
ISSEP, rue du Chéra, 200 B-4000 Liège		Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65	
		Source de l'information : Fond de plan UVELIA	
		Plan 11	



Légende

Limites cadastrales

Zones exploitation

Jusque mi-avril 2010

A partir de mi-avril 2010

Surfaces d'isoconcentrations

- 0 - 1.150 ppm
- 1.150 - 2.000 ppm
- 2.000 - 3.000 ppm
- 3.000 - 10.000 ppm
- > 10.000 ppm

Localisation des points de mesures

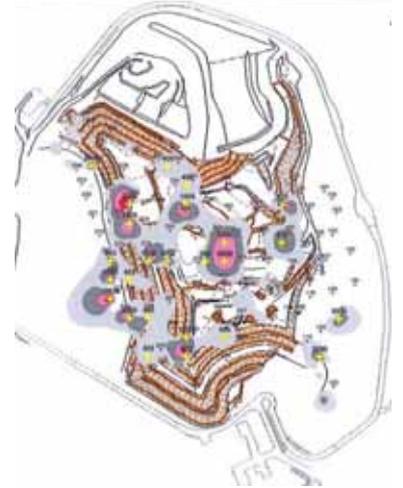
- x < 1.150 ppm
- 1.150 - 2.000 ppm
- 2.000 - 3.000 ppm
- 3.000 - 10.000 ppm
- > 10.000 ppm

<p>Institut Scientifique de Service Public</p> <p>Surveillance de l'Environnement</p> <p>Cellule Déchets & Sites à Risques</p>		<p>DPC - Réseau de contrôle des C.E.T.</p> <p>C.E.T. de HALLEMBAYE</p> <p>Emissions surfaciques en CO2</p> <p>Avril 2010</p>
<p>Dressé par : H. LEYBAERT</p> <p>Date : 05/04/2011</p>		<p>Vérfié par : D. DOSQUET</p> <p>Version : 1.0</p>
<p>ISSeP, rue du Chéra, 200 B-4000 Liège</p> <p>Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65</p>		<p>Source de l'information : Fond de plan UVELIA</p> <p>Plan 12</p>



Mai 2010

Octobre 2010

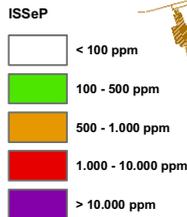


**Campagne ISSeP
Avril 2010**



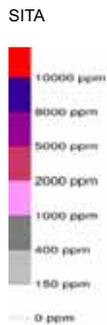
Juin 2009

Octobre 2009



Mai 2008

Novembre 2008



Institut Scientifique de Service Public



Surveillance de l'Environnement

Cellule Déchets & Sites à Risques



Wallonie

DPC - Réseau de contrôle des C.E.T.

C.E.T. de HALLEMBAYE

Emissions surfaciques en méthane

Campagnes ISSeP (Avril 2010) et SITA (2008-2010)

Dressé par : H. LEYBAERT

Vérifié par : D. DOSQUET

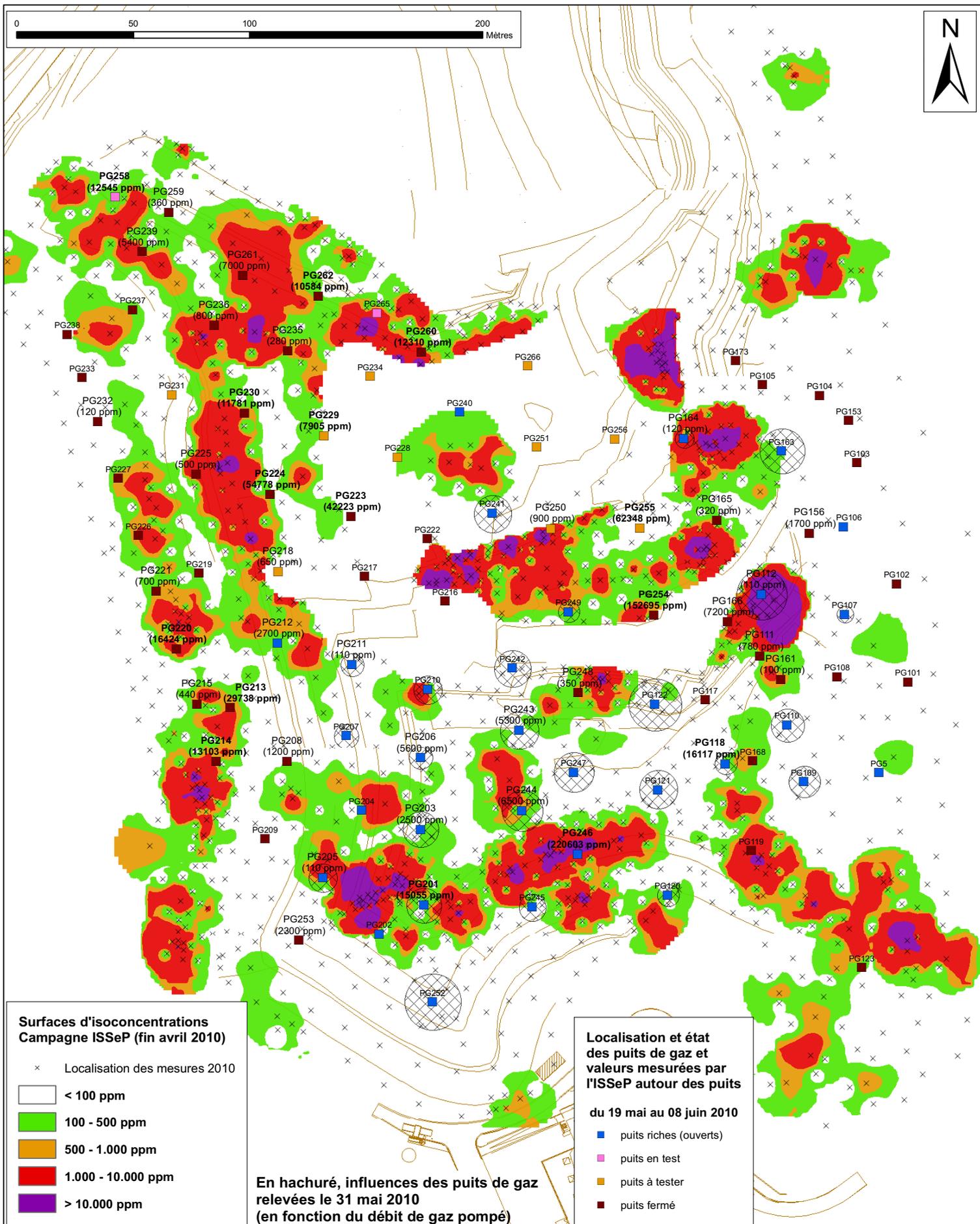
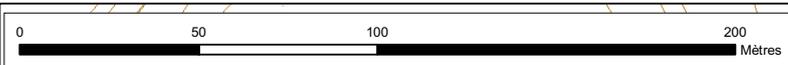
Source de l'information : ISSeP/UVELIA/SITA

Date : 20/04/2011 Num dossier : 2599/2010

Version : 1.0

ISSeP, rue du Chéra, 200 B-4000 Liège Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65

Plan 13



**Surfaces d'isoconcentrations
Campagne ISSeP (fin avril 2010)**

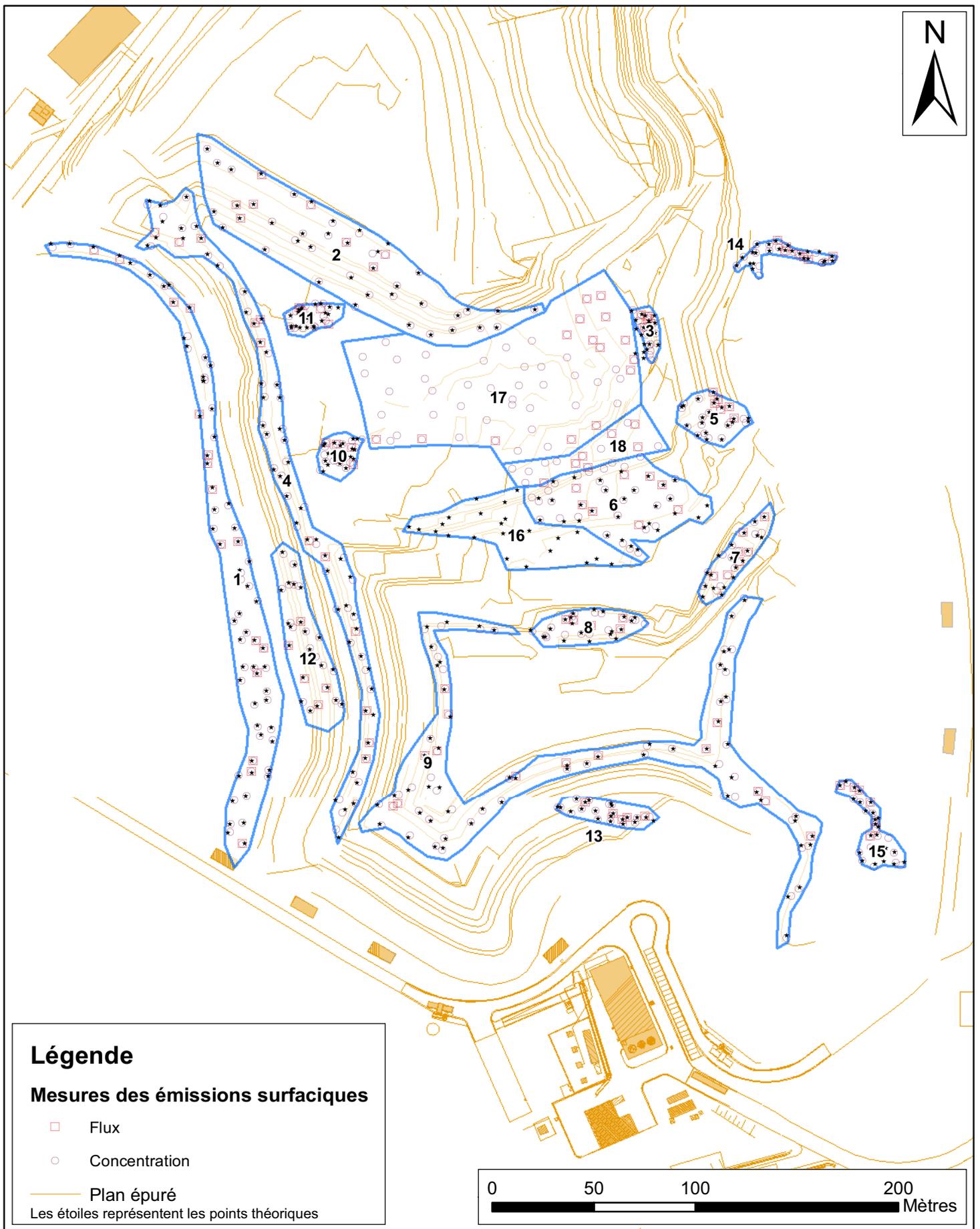
- x Localisation des mesures 2010
- < 100 ppm
- 100 - 500 ppm
- 500 - 1.000 ppm
- 1.000 - 10.000 ppm
- > 10.000 ppm

**En hachuré, influences des puits de gaz
relevées le 31 mai 2010
(en fonction du débit de gaz pompé)**

**Localisation et état
des puits de gaz et
valeurs mesurées par
l'ISSeP autour des puits
du 19 mai au 08 juin 2010**

- puits riches (ouverts)
- puits en test
- puits à tester
- puits fermé

Institut Scientifique de Service Public Surveillance de l'Environnement Cellule Déchets & Sites à Risques		 Wallonie	DPC - Réseau de contrôle des C.E.T. C.E.T. de HALLEMBAYE Emissions surfaciques en méthane Comparaison aux données des puits de gaz
Dressé par : H. LEYBAERT		Vérfié par : D. DOSQUET	
Date : 28/04/2011	Num dossier : 2599/2010	Version : 1.0	
ISSeP, rue du Chéra, 200 B-4000 Liège		Sources de l'information : ISSeP, UVELIA, SITA Treatment	
		Plan 14	
Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65			



Légende

Mesures des émissions surfaciques

- Flux
- Concentration
- Plan épuré

Les étoiles représentent les points théoriques



Institut Scientifique de Service Public Surveillance de l'Environnement Cellule Déchets & Sites à Risques		 Wallonie	DPC - Réseau de contrôle des C.E.T. C.E.T. de Hallembaye Localisation des mesures d'émissions surfaciques Concentrations et Flux
Dressé par : H. LEYBAERT Vérifié par : A. KHEFFI		Source de l'information : Fond de plan UVELIA	
Date : 8/12/2010 Num dossier : 4683/2010 Version : 1.0		Plan 15	
ISSeP, rue du Chéra, 200 B-4000 Liège Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65			