Siège social et site de Liège :
Rue du Chéra, 200
B-4000 Liège
Tél : +32(0)4 229 83 11
Fax : +32(0)4 252 46 65
Site web : **http://www.issep.be**

Site de Colfontaine :
Zoning A. Schweitzer
Rue de la Platinerie
B-7340 Colfontaine
Tél : +32(0)65 61 08 11
Fax : +32(0)65 61 08 08

Liège, le 11 septembre 2014

Département de la Police et des Contrôles (DGO3)

RESEAU DE CONTRÔLE DES C.E.T. EN REGION WALLONNE
C.E.T. de Habay
- 4ème campagne de contrôle (2013) - Partie Air -

Rapport 974/2014

Ce rapport contient 44 pages, 1 plan et 3 annexes

E. Bietlot
Attachée,
Cellule Déchets & SAR.

C. Collart
Responsable,
Cellule Déchets & SAR.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

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

B4000 LIEGE

Tél. : + 32 4 229 83 11

Fax : + 32 4 252 46 65

Adresses e-mails :

e.bietlot@issep.be

e.navette@issep.be

d.dosquet@issep.be

s.garzaniti@issep.be

c.collart@issep.be

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

RESEAU DE CONTRÔLE DES C.E.T. EN REGION WALLONNE
C.E.T. de Habay
- 4ème campagne de contrôle (2013) - Partie Air -

Date	12/09/2014
Maître d'ouvrage	Département de la Police et des Contrôles (DGO3)
Référence	974/2014
Type	Rapport définitif
Auteurs	E. Bietlot, C. Collart

Table des matières

1 INTRODUCTION 7

2 ETUDE PRÉPARATOIRE 8

2.1 Description des installations 8

2.1.1 Installations présentes sur le site d'Habay 8

2.1.2 Gestion des flux de déchets et équipements 8

A. C.E.T. 8

B. Compostage et bioséchage 11

2.1.3 Collecte et traitement du biogaz (C.E.T. et tumulus) 11

2.2 Résultats des campagnes antérieures réalisées par l'ISSeP 11

2.2.1 Biogaz et émissions des moteurs 11

2.2.2 Emissions surfaciques 11

2.2.3 Nuisances olfactives 12

2.2.4 Qualité de l'air 12

3 STRATÉGIE D'ECHANTILLONNAGE 13

4 BIOGAZ ET EMISSIONS DES INSTALLATIONS 14

4.1 Normes de référence et fréquences d'analyse 14

4.2 Résultats 14

4.2.1 Résultats des analyses du biogaz 15

4.2.2 Résultats des analyses des fumées des moteurs 15

4.3 Interprétation des résultats 16

4.3.1 Composition du biogaz 16

4.3.2 Composition des fumées du moteur 16

4.3.3 Evolution temporelle de la composition des fumées (données exploitant) 16

5 EMISSIONS SURFACIQUES 19

5.1 Contexte 19

5.2 Phase I : Phase préparatoire 19

5.3 Phase II : Stratégie d'échantillonnage 20

5.4 Phase III : Estimation et cartographie des flux 21

5.4.1 Description des données disponibles 21

5.4.2 Résultats statistiques et géostatistiques 22

A. Comparaison entre les mesures Ecoprobe et Inspectra pour le CH_4 22

B. Statistiques sur les données 22

C. Cartes de simulation et cartes de variance de simulation 23

D. Incorporation des données de puits 25

E. Estimation du flux global moyen 26

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

5.4.3 Estimation du flux global total pour le C.E.T. 27
5.4.4 Comparaison des flux globaux moyens entre C.E.T. du réseau 27
5.4.5 Conclusions 27
6 NUISANCES OLFACTIVES 29
7 QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT 30
7.1 Méthode d'enquête 30
7.2 Matériel et méthode de mesures 31
7.3 Résultats 32
7.3.1 Rose des vents 32
7.3.2 Analyse du méthane 33
7.3.3 Analyse de l'ammoniac (NH_3) 35
7.3.4 Analyse du sulfure d'hydrogène (H_2S) 37
7.3.5 Analyse du benzène 37
7.3.6 Analyse du toluène 38
7.3.7 Analyse du limonène 39
7.3.8 Analyse d'autres polluants 40
7.3.9 Stations d'analyse de l'exploitant 41
7.3.10 Conclusions 41
8 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 42
8.1 Emissions du moteur à gaz 42
8.2 Emissions surfaciques 42
8.3 Qualité de l'air ambiant 43
9 RÉFÉRENCES 44

Tableaux

Tableau 1 : Composition du biogaz épuré – composés majeurs et COV (données exploitant)....15
Tableau 2 : Composition des fumées des moteurs – composés majeurs (données exploitant) 15
Tableau 3 : Statistiques sur les données de flux pour le CO_2, le CH_4 et le TP mesurés par Ecoprobe ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra (Flux en ml/m²/sec)....22
Tableau 4 : Corrélations entre mesures de flux réalisées avec l'Ecoprobe et l'Inspectra 23
Tableau 5 : Cartographie des flux moyens simulés (CO_2, CH_4 avec Ecoprobe et CH_4 avec Inspectra) (ligne 1) et cartographie des variances de flux correspondantes (ligne 2)....24
Tableau 6 : Valeurs de flux moyen global pour le CO_2, le CH_4 et les TP (Ecoprobe) et le CH_4 (Inspectra) – Flux en en ml/m²/sec. 26
Tableau 7 : Statistiques des distributions de flux moyen global en CO_2, CH_4 et TP mesurés par Ecoprobe ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra. Flux en ml/m²/sec....26
Tableau 8 : Valeurs estimées de flux total pour le C.E.T. (en ml/sec)....27
Tableau 9 : Estimation du flux moyen global (ml/m²/sec) sur les C.E.T. du réseau....27
Tableau 10 : Paramètres mesurés par les laboratoires mobiles sur le site de Habay en 2013 32
Tableau 11 : Température – Valeurs semi-horaires – (23/06/2013 au 03/12/2013)....32
Tableau 12 : Méthane – Valeurs semi-horaires – (23/06/2013 au 03/11/2013) 33
Tableau 13 : Apports en méthane par secteurs pour les stations RMHB05 et RMHB08....35
Tableau 14 : Ammoniac – Valeurs semi-horaires – (23/06/2013 au 03/11/2013) 36
Tableau 15 : Apports en ammoniac par secteurs pour les stations RMHB05 et RMHB08....36
Tableau 16 : H_2S – Valeurs semi-horaires – (23/06/2013 au 03/11/2013)....37
Tableau 17 : Benzène – Valeurs semi-horaires – (23/06/2013 au 03/11/2013) 38
Tableau 18 : Toluène – Valeurs semi-horaires – (23/06/2013 au 03/11/2013)....39
Tableau 19 : Limonène – Valeurs semi-horaires – (23/06/2013 au 03/11/2013)....40

Plans

Plan 1 : Plan des installations

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Figures

Figure 1 : Plan de zonage du C.E.T. 10
Figure 2 : Illustration du casier C exploité (6 mai 2013) 10
Figure 3 : Evolution temporelle des paramètres analysés dans les fumées du moteur à gaz (données exploitant) 17
Figure 4 : Plan du site avec le contour du C.E.T. (en rouge) et des casiers (en bleu). En vert, les zones considérées comme émissives. En rouge, la zone de versage. Les points noirs correspondent aux mesures du transect, les points rouges aux mesures de flux près des puits et les points bleus aux mesures de flux....21
Figure 5 : Cartographie des mesures de flux auprès des puits pour l'Ecoprobe (CO_2, TP et CH_4) et l'Inspectra (CH_4) (flux en ml/m²/s). A côté de chaque puits est indiqué son numéro (référence ISSeP)....25
Figure 6 : Localisation des stations de mesure dans la zone nord RMHB08 (à l'ouest), RMHB05 (à l'est) 30
Figure 7 : Localisation des stations de mesure – Vue générale du site 31
Figure 8 : Roses des vents aux stations RMHB08 (à l'ouest) et RMHB05 (à l'est) 33
Figure 9 : Méthane – Evolution des valeurs semi-horaires – (23/06/13 au 03/12/13) 34
Figure 10 : Roses de pollution pour le méthane (mg/m³) (23/06/2013-03/12/2013) 34
Figure 11 : Définition des secteurs de vents pour les activités de traitement (compostage et bioséchage) et d'enfouissement des déchets par station....35
Figure 12 : Roses de pollution pour l'ammoniac (µg/m³) (23/06/2013-03/12/2013) 36
Figure 13 : Roses de pollution pour le sulfure d'hydrogène (µg/m³) (23/06/2013-03/12/2013) 37
Figure 14 : Roses de pollution pour le benzène (µg/m³) (23/06/2013-03/12/2013)....38
Figure 15 : Roses de pollution pour le toluène (µg/m³) (23/06/2013-03/12/2013)....39
Figure 16 : Roses de pollution pour le limonène (µg/m³) (23/06/2013-03/12/2013)....40

Annexes

Annexe 1 : Rapport de prélèvement - Campagne de mesures des émissions surfaciques C.E.T. de Habay (Rapport ISSeP 1900/2013)
Annexe 2 : Modélisation et caractérisation des émissions surfaciques de biogaz sur les Centres d'Enfouissement Techniques (C.E.T.) en Région wallonne - Traitement des données de la campagne de mesures de mai – juillet 2013. Note de synthèse Ephesia Consult)
Annexe 3 : Etude de la qualité de l'air ambiant à proximité du C.E.T. de Habay (Rapport ISSeP 226/2014)

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Acronymes

Pour des facilités de lecture, le Tableau ci-dessous reprend sous forme de liste les acronymes et abréviations fréquemment utilisés dans le présent document.

AGW	**Arrêté du Gouvernement Wallon**
AIVE	**Association Intercommunale pour la protection et la Valorisation de l'Environnement**
AM	**Arrêté Ministériel**
AOX	**Composés halogénés organiques adsorbables**
BTEX	**Benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes**
BTEXN	**Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes et naphtalène**
C.E.T.	**Centre d'enfouissement technique**
COV	**Composé organique volatil**
DGO3	**Direction Générale Opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGARNE)**
DPC	**Département de la Police et des Contrôles**
FID	**Flame inoisation detector (détecteur à ionisation de flamme)**
ISSeP	**Institut Scientifique du Service Publique**
HAB	**C.E.T. de Habay ou Formation géologique de Habay (selon contexte)**
HC	**Hydrocarbure**
HCnM	**Hydrocarbure non méthanique**
IR	**Infrarouge**
MAG	**Moteur à gaz**
Méd	**Médiane**
Nm³	**Normaux m³ (volume d'un gaz dans les conditions standards de température et de pression)**
PIIPES	**Plan Interne d'Intervention et de Protection des Eaux Souterraines**
ppm	**Part par million**
STEP	**Station d'épuration**
TP	**Total petroleum (hydrocarbures totaux)**
ULg	**Université de Liège**

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

1 INTRODUCTION

Le réseau de contrôle des centres d'enfouissement technique (en abrégé C.E.T.) en Wallonie a été mis en place en 1998 ; sa gestion en a été confiée à l'ISSeP. Il compte aujourd'hui 12 C.E.T. de classe 2, dont 6 sont encore exploités (Mont-Saint-Guibert, Hallembaye, Cour au Bois, Champ de Beaumont, Tenneville et Habay) et 6 réhabilités provisoirement (Froidchapelle, Cronfestu, Happe-Chapois) ou définitivement (Belderbusch, Morialmé et Malvoisin). Le réseau est présenté sur le site internet de la DGO3 [1].

Le C.E.T. d'Habay est en exploitation depuis 1979, il est entré dans le réseau de contrôle en 2005. La première campagne de contrôle a eu lieu en 2005-2006, elle abordait (au sein de deux rapports distincts – 1480/2006 et 0115/2007) l'ensemble des thématiques ("eaux" et "air") traditionnellement étudiées par l'ISSeP [2, 3]. Une deuxième campagne de contrôle, ciblée cette fois sur les eaux souterraines, a ensuite été réalisée en 2008 (rapport ISSeP 0080/2009) [4]. La troisième, réalisée en 2009 (rapport ISSeP 0235/2010) incluait à nouveau tous les axes de surveillance, avec un focus particulier sur l'air, puisque les campagnes précédentes dans ce domaine étaient moins récentes [5].

En 2010, suite à une étude approfondie des contextes géologique et hydrogéologique sous le C.E.T., réalisée par l'ULg, le modèle conceptuel du site a été actualisé. Le bilan environnemental sur l'efficacité du dispositif de confinement hydrogéologique a été réévalué par l'ISSeP à la lumière de la nouvelle interprétation du modèle et sur base des données acquises via l'autocontrôle de l'exploitant (rapport ISSeP 1320/2013) [6]. L'examen des résultats par l'ISSeP a mené à la conclusion d'une contamination endogène et persistante laquelle déclenche, en principe immédiatement, la réalisation d'un plan interne d'intervention et de protection des eaux souterraines (PIIPES).

Un rapport ciblé sur la surveillance des matrices liquides, ayant pour objet l'interprétation des résultats Eau de la quatrième campagne d'investigations environnementales sur le C.E.T. d'Habay par l'ISSeP, a été publié récemment (rapport ISSeP 4523/2013) [7]. Les résultats analytiques ont été interprétés selon les nouvelles conditions particulières d'exploitation du C.E.T. d'Habay suite à l'approbation du Plan Interne d'Intervention et de Protection des Eaux Souterraines (PIIPES) le 10 décembre 2013.

En parallèle aux mesures effectuées sur les matrices liquides en 2013, le C.E.T. d'Habay a fait l'objet d'une nouvelle phase d'investigations par l'Institut dans le domaine de l'air. Elle s'articule autour de trois des quatre volets habituels :

- l'estimation des flux surfaciques de biogaz sur les casiers en exploitation et réhabilités provisoirement du C.E.T. et sur le tumulus ;
- la mesure de l'impact olfactif de l'ensemble des installations de traitement de déchets (C.E.T., compostage, installations de bioséchage en vue de la préparation de combustibles normés) ;
- l'évaluation de la qualité de l'air ambiant.

Le contrôle des émissions des moteurs valorisant le biogaz produit sur le C.E.T. n'a pas été effectué par l'ISSeP lors de cette campagne de 2013. L'ISSeP a basé son interprétation sur les résultats d'autocontrôles fournis par l'exploitant.

Les résultats relatifs à ces études sont présentés et interprétés dans le présent rapport. Toutefois, pour des raisons indépendantes de l'ISSeP, l'étude portant sur l'impact olfactif du site sera publiée ultérieurement, sous forme d'addendum à ce rapport. Au préalable et en guise de contexte, les constats tirés lors de chaque dernière campagne menée par l'ISSeP pour les quatre thématiques sont rappelés. L'étude préparatoire, par laquelle débutent généralement les rapports et qui inclut la description du site et de ses alentours, les études géologiques, hydrogéologiques et hydrographiques, est présentée dans le rapport ISSeP 4523/2013 relatif à la quatrième campagne de contrôle des eaux de 2013 [7]. Ce rapport, de même que le dossier technique où sont compilées toutes les informations relatives au C.E.T. d'Habay, sont consultables sur le site internet du Réseau de contrôle des C.E.T. [1].

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

2 ETUDE PRÉPARATOIRE

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. Toutes ces informations sont disponibles dans le rapport relatif à la surveillance des eaux publié récemment (Rapport ISSeP 4526/2013) [7] ou dans le dossier technique du C.E.T. disponible sur le site internet du réseau de contrôle [1]. Néanmoins, afin de mieux appréhender chaque thématique abordée au sein de ce rapport, la description des installations liées à la maîtrise et au contrôle des effluents atmosphériques a été reprise et/ou complétée dans le présent document.

2.1 Description des installations

2.1.1 Installations présentes sur le site d'Habay

Le Plan 1 présente et localise les installations actuelles opérationnelles sur le site des Coeuvins:

- L'aire de stockage de matériaux (plate-forme 1) ;
- La plate-forme de recyclage des matériaux de construction Recylux (plate-forme 2) ;
- Le centre de tri des déchets ménagers non organiques (plate-forme 3) ;
- Les installations liées à la production du combustible normé de substitution : unité de bioséchage de la fraction sèche des déchets ménagers, hall d'affinage, hall de préparation ;
- La dalle de compostage des matières végétales ;
- Le C.E.T. (casiers A à C) et le tumulus réhabilité ;
- Le moteur valorisant le biogaz produit par le C.E.T., d'une puissance de 450 kW ;
- Les stations d'analyse de la qualité de l'air ambiant (HMQA1 et HMQA2) ;
- La station d'épuration des percolats ;
- Le parc à conteneurs.

Dans le cadre de ce rapport, seules seront détaillées les activités pouvant potentiellement porter atteinte à la qualité de l'air (C.E.T., compostage et bioséchage).

2.1.2 Gestion des flux de déchets et équipements

A. C.E.T.

Sur base des informations fournies par l'exploitant, le C.E.T. accueille les déchets suivants, par ordre d'importance en poids (données 2012) :

- Les refus issus de la préparation des combustibles normés de substitution ;
- Les fines de la dalle de concassage des déchets inertes de la construction (Recylux) ;
- Des cendres de chaudières ;
- Des déchets d'asbeste-ciment et d'amiante (en big bags étanches, double parois).

Ces déchets sont majoritairement déposés dans le casier C actuellement exploité et sporadiquement dans le casier B.

En 2012, 32 195 tonnes de déchets ont été mises en C.E.T. A titre indicatif, à la fin des années 1990, le tonnage annuel entrant dans le C.E.T. atteignait 200 000 tonnes.

Le Plan 1 et la Figure 1 présentée ci-dessous décrivent les différentes zones d'enfouissement (casiers) en exploitation et réhabilitées au moment de la campagne de 2013. En résumé, elles se distinguent comme suit :

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

- Le tumulus réhabilité provisoirement, à l'est du site : cette zone d'exploitation historique a la particularité de n'être pas équipée de protection basale. Elle constitue donc un point de fuite des percolats vers les eaux souterraines. Dans le but de de limiter l'infiltration des eaux pluviales sur le tumulus et indirectement la production de percolats, une membrane semi-perméable a été mise en place sur la partie sommitale et les flancs. Celle-ci est supposée laisser pénétrer une quantité d'eau juste suffisante pour assurer le processus de stabilisation/minéralisation du massif de déchets. Afin d'éviter l'accumulation d'eaux de pluie au sommet du dôme, des rigoles de récupération ont été construites sur les flancs du tumulus et une saulaie a été plantée sur la partie sommitale afin de favoriser l'évapotranspiration.
  Le réseau de collecte du biogaz comporte 11 puits dont seulement 3 d'entre eux sont actuellement exploités. Il s'agit des puits centraux FD6, FD7 et FD9, les plus proches du dispositif de collecte central. Ces puits sont équipés de façon à permettre un éventuel pompage des percolats dans le massif. La production de biogaz sur le tumulus est passée de 100 m³/h en 2009 à 30 m³/h en 2013. La teneur en méthane du biogaz est du même ordre de grandeur (58% *vs* 55%).
- Le casier A (anciennement casier 1), au nord-ouest du site : réhabilité provisoirement, ce casier a été recouvert de terre et ensemencé (herbe). Le but de l'enherbage est également de favoriser l'évapotranspiration, à l'instar de la saulaie plantée sur le tumulus. La production de biogaz dans le casier A est stable, autour de 400 m³/h. Les 17 puits de gaz (FC1 à FC17) sont raccordés mais ils ne fonctionnement pas nécessairement simultanément. Leur exploitation est modulée en fonction de la production de biogaz au sein du massif et de la composition en méthane à réaliser en entrée de l'unité de valorisation.
- Le casier B (anciennement casier 2), à l'ouest du site : le casier B est en fin d'exploitation. Des dépôts ponctuels de déchets (cendres) y sont encore réalisés en deux zones. Sa capacité d'accueil résiduelle est faible et la zone restant à combler a été aménagée en chemin d'accès au casier C dont l'exploitation a récemment débuté (en contrebas, au sud du site). Le casier B est équipé de 8 puits de gaz (FC18 à FC26) raccordés mais non encore exploités.
- Le casier C (anciennement casier 3), au sud site : ce casier est actuellement en exploitation et accueille des déchets de type cendres, fines de Recylux, refus de préparation du combustible normé et asbeste-ciment. Bien que les déchets y admis ne présentent plus un potentiel méthanogène aussi élevé que les déchets ménagers anciennement enfouis dans les autres casiers du C.E.T., l'exploitant a prévu d'y installer un réseau de puits de dégazage. Contrairement aux tumulus et casiers A et B, où les puits verticaux étaient montés au fur et à mesure de l'exploitation, les puits seront réalisés à l'horizontale afin d'éviter les manipulations de rehausse potentiellement dangereuses pour les opérateurs. Pour éviter le passage des percolats à travers le flanc sud de l'ancien tumulus, il a été décidé de placer une membrane entre les déchets du casier C et le tumulus, et fur et à mesure que les déchets s'amoncèlent. Selon la déclaration environnementale de l'AIVE, le placement de cette membrane devait être mis en œuvre dans le courant de l'année 2013 [9]. La Figure 2 montre le casier C tel que rencontré en mai 2013 par l'ISSeP lors de la campagne de mesure des émissions surfaciques.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Figure 1 : Plan de zonage du C.E.T.

Casier C, vue du Tumulus (vers le sud)

Casier C, vue du Tumulus (vers le sud)

Casier C (premier plan), Casier B (au fond à droite) et tumulus (au fond à gauche)
Vue de la chambre de pompage CP23

Figure 2 : Illustration du casier C exploité (6 mai 2013)

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

B. **Compostage et bioséchage**

En 2013, les flux entrants de déchets pour les activités de compostage des matières végétales et de bioséchage des déchets ménagers ont été de respectivement 12 000 tonnes et 52 500 tonnes. Les détails pratiques relatifs à ces deux filières sont consultables dans les fiches techniques disponibles sur le site internet du réseau de contrôle des C.E.T [1].

2.1.3 Collecte et traitement du biogaz (C.E.T. et tumulus)

A l'exception du casier C, le principe du système de pompage du biogaz n'a pas évolué depuis la dernière campagne de l'ISSeP en 2009. Le réseau de puits et de conduites s'est considérablement étoffé, notamment pour répondre à la nécessité de dégazer le casier B arrivé en fin d'exploitation. L'exploitation de chaque puits est modulée (connexion ou déconnexion, intensité du pompage) de manière à alimenter le moteur avec un biogaz de qualité et quantité constante. Comme évoqué plus haut, le design du système d'extraction du biogaz dans le casier C est différent, avec une mise en place de puits horizontaux selon l'avancement du remplissage, ne nécessitant plus d'intervention humaine une fois leur réalisation complétée.
Le moteur à gaz actuellement opérationnel, d'une puissance de 450 kW, est celui qui a été installé en 2008. En 2013, 1 700 000 m³ de biogaz y ont été valorisés. En amont du moteur, le biogaz subit un traitement incluant une épuration sur filtre à charbon actif afin d'éliminer le sulfure d'hydrogène et les siloxanes responsables de l'usure prématurée des pièces métalliques du moteur.

2.2 Résultats des campagnes antérieures réalisées par l'ISSeP

En guise de rappel de la situation environnementale observée lors de la dernière campagne, les constats et conclusions tirés en 2009 [5] pour chaque volet de la thématique "Air" sont repris ci-dessous.

2.2.1 Biogaz et émissions des moteurs

En 2009, les analyses du **biogaz** (concentration en méthane de 57 %) montrent une importante augmentation de la concentration en méthane par rapport à la campagne de 2006. La fin de l'exploitation du casier 1 (couverture, raccordement de puits) a eu un impact favorable sur la qualité du biogaz capté. La très forte diminution des concentrations en H_2S par rapport à la campagne de 2006 est certainement à attribuer au prétraitement du biogaz, inexistant à l'époque.

A propos de la composition des **fumées du moteur**, les normes de références imposées par le permis sont respectées. La combustion du moteur assure une bonne destruction des COV, les concentrations sont d'ailleurs assez faibles en comparaison aux valeurs moyennes mesurées dans le cadre du réseau de contrôle. On peut considérer qu'en conditions normales d'utilisation, le moteur assure une bonne élimination des différents composés du biogaz. Les résultats attestent du bon fonctionnement du moteur au cours de cette campagne.

Concernant les analyses d'autocontrôle des fumées du moteur, toutes les analyses de COV non méthaniques donnent des résultats inférieurs au seuil de détection. Ces résultats interpellent à partir du moment où les analyses réalisées par l'ISSeP lors de cette campagne ont bel et bien détecté ces composés. Les mêmes méthodes d'analyses sont pourtant utilisées par les deux laboratoires (FID). Malheureusement il n'y a jamais eu d'analyses simultanées qui auraient permis de mieux identifier le problème.

2.2.2 Emissions surfaciques

En 2009, des **mesures de concentration** en méthane, en dioxyde de carbone et en hydrocarbures totaux (TP) ont été effectuées sur le tumulus réhabilité, le casier 1 (actuellement, casier A) et le casier 2.1 (actuellement, casier B). Aucune émission de méthane n'est mise en évidence au niveau du tumulus réhabilité, seule une zone d'émission de CO_2 est identifiée.

Pour le casier 1 réhabilité provisoirement, les résultats montrent l'efficacité de la couverture provisoire mise en œuvre et du fonctionnement du réseau de dégazage. Cinq zones d'émission

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

de méthane sont identifiées. Une de ces zones, située dans le talus nord-est du casier, présente des concentrations très élevées, cette zone était déjà présente en 2006. Les zones d'émission de CO_2 se superposent aux zones d'émissions de méthane.

Le casier 2.1 en exploitation a fait l'objet de campagnes de mesures avant et après le forage des puits de dégazage. Des zones d'émission de méthane et de CO_2 ont été mesurées lors des deux campagnes.

Sur base des résultats des mesures de concentration, un plan d'échantillonnage de **mesures des flux** de méthane et de CO_2 a été établi ; seul le casier 1 a fait l'objet de mesures. Les résultats présentés sont ponctuels dans l'espace et le temps et, en l'état, ne permettent pas de déterminer un flux global à l'échelle du C.E.T.

2.2.3 Nuisances olfactives

Par rapport à l'étude de 2005, la problématique des nuisances olfactives s'est significativement améliorée en 2009. La raison en est certainement l'abandon de la filière de compostage des ordures ménagères ainsi que la diminution de la quantité de matière organique manipulée. Quantitativement, le débit d'odeur estimé serait environ le tiers de celui calculé en 2005 et la distance de perception serait limitée à 600-700 m à partir de la source, contre parfois 3,5 km en 2005.

L'odeur de compost vert reste importante, surtout lors des périodes de manipulations ; les andains sont à l'extérieur et l'aération se fait encore par retournement. Cependant, sa tonalité olfactive semble être acceptée par la population qui ne se plaint pas de ces odeurs.

A l'inverse, les odeurs perçues incommodant les riverains sont celles qualifiées de "poubelle", ce qui signifierait qu'il reste probablement une quantité non négligeable de matière organique dans les déchets déposés en C.E.T. à Habay. Comme sur d'autres sites, les épisodes d'odeur se manifestent principalement en début de journée et en début de soirée.

2.2.4 Qualité de l'air

La campagne de 2009 s'est déroulée en deux phases : une phase "C.E.T." et une phase "riverains".

Pour la **campagne "C.E.T."**, au niveau des composés caractéristiques émis par un C.E.T. (méthane et sulfure d'hydrogène), les deux stations montrent clairement des apports du C.E.T. Le benzène et le toluène montrent des comportements différents du méthane et du sulfure d'hydrogène. La station RMHB05 subit l'influence de l'autoroute, la rose des vents montre d'ailleurs que les vents ont soufflés en provenance de l'autoroute. Les concentrations plus faibles mesurées par la station RMHB04 qui semble beaucoup plus soumise à l'influence du C.E.T. que la station RMHB05, suggère une contribution beaucoup plus élevée de l'autoroute aux concentrations en benzène et toluène dans l'air ambiant par rapport à la contribution du C.E.T. Pour le limonène, les stations de mesures permettent d'identifier d'autres sources. Les deux stations montrent des légers apports en provenance du C.E.T. La station RMHB05 présente des concentrations plus élevées que la station RMHB04 et montre des apports importants en provenance de l'ouest, direction dans laquelle on retrouve des sources d'odeur de déchets frais (hall de bioséchage, compost vert, parc à conteneurs). On remarque un apport très faible du C.E.T. par rapport au hall de bioséchage, au compost vert, et au parc à conteneurs.

Lors de la **campagne "riverains"**, aucun apport en méthane ou sulfure d'hydrogène provenant du C.E.T. n'est perceptible aux stations déposées chez les riverains. Pour le benzène, il n'y a également pas d'apport en provenance du C.E.T. Néanmoins, les concentrations mesurées par la station "Etalle" sont plus élevées que celles de la station "Hachy" et sont du même ordre de grandeur que la station "Aval" de la campagne C.E.T., station influencée par l'autoroute. La rose de pollution de la station "Etalle" pointe le village d'Etalle pour des apports en toluène et limonène mais également en benzène, éthylbenzène, xylènes et α-pinène. Une source potentielle pourrait être une entreprise de transformation du bois située dans cette direction. Les concentrations mesurées pour ces différentes substances sont toutefois relativement faibles.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

3 STRATÉGIE D'ECHANTILLONNAGE

Le contrôle des effluents gazeux et des nuisances potentielles pour les riverains liées à leur immission dans l'air ambiant comporte généralement quatre volets sur un C.E.T. en activité :

- **Volet "émissions des installations de valorisation" :**
  Cette partie de l'étude est habituellement sous-traitée à la cellule Emissions atmosphériques de l'ISSeP. Il s'agit de contrôler les émissions gazeuses produites par les torchères et/ou les générateurs électriques à combustion (moteurs à gaz) installés sur le C.E.T. afin de vérifier que ces émissions sont conformes aux législations et aux normes en vigueur.

- **Volet "émissions surfaciques" :**
  Il s'agit de réaliser, selon un maillage plus ou moins régulier, des mesures semi-quantitatives de concentrations et de flux en méthane (CH_4), dioxyde de carbone (CO_2) et hydrocarbures totaux (TP) qui s'échappent de la surface des zones réhabilitées (définitivement ou provisoirement) et des zones en exploitation. Ces paramètres sont analysés au moyen de détecteur infrarouge (CH_4, CO_2, TP) et analyseur laser (CH_4) connectés à des supports de prélèvement spécialement conçus pour la prise de mesures in situ. Tous les points de mesure sont géoréférencés grâce à un GPS de terrain de haute précision.
  L'étude des émissions surfaciques inclut des mesures de concentration et des mesures de flux. Le traitement géostatistique des mesures de flux permet de visualiser les zones de dégazage préférentiel et d'estimer la quantité totale de biogaz qui s'échappe des déchets au travers des couvertures définitives ou provisoires. Une cartographie des flux peut dès lors être réalisée sur l'ensemble des zones étudiées de même qu'une estimation des flux totaux diffusifs de biogaz sur le C.E.T.

- **Volet "nuisances olfactives" :**
  Cette partie de l'étude est sous-traitée à l'Université de Liège, à l'Unité "Surveillance de l'Environnement". 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 utilisée par l'ULg sur les C.E.T. consiste à réaliser régulièrement des "tours odeurs", c'est-à-dire des mesures de l'odeur dans l'environnement proche du C.E.T. (méthode d'olfactométrie déambulatoire). En couplant ces informations journalières aux données de "climat moyen", des "zones de percentile 98 (P98)" peuvent être définies, à l'intérieur desquelles 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. Complémentairement à la méthode d'olfactométrie déambulatoire, des échantillons d'air sont prélevés et analysés en laboratoire par olfactométrie dynamique. Lorsque cela se justifie, des mesures ponctuelles de flux sont effectuées au droit des sources potentielles d'odeurs (andains de compost par exemple) en vue de déterminer des débits d'odeurs spécifiques. L'utilisation de nez électroniques a par ailleurs été éprouvée sur plusieurs C.E.T. du réseau, dans le cadre de programmes de recherche spécifiques.

- **Volet "qualité de l'air" :**
  Cette partie de l'étude est sous-traitée à la cellule Qualité de l'air de l'ISSeP. 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.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

4 BIOGAZ ET EMISSIONS DES INSTALLATIONS

Lors de cette campagne de 2013, l'ISSeP n'a pas procédé au contrôle de la qualité du biogaz produit par le C.E.T. et le tumulus réhabilité ni de la conformité aux normes des émissions du moteur valorisant ce biogaz.

Ce sont donc les résultats des autocontrôles de 2013 fournis par l'exploitant qui ont servi de base à l'interprétation présentée ci-dessous.

4.1 Normes de référence et fréquences d'analyse

Les normes de référence concernant les émissions du moteur sont fixées dans les conditions particulières du permis unique du 05 janvier 2009. Elles concernent trois paramètres :

- Oxydes d'azote (NO_x) : 500 mg/Nm³ (exp. en NO_2)
- Monoxyde de carbone (CO) : 650 mg/Nm³
- Composés organiques volatils (COV) : 150 mg/Nm^3 (exprimés en C_{tot} hors CH_4)

Le permis unique ne reprend pas la norme relative aux poussières (100 mg/Nm³) présente dans le permis antérieur.

Les mesures sont rapportées aux conditions suivantes : pression de 1013 hPa, température de 273 K, teneur en O_2 de 5 %.

Les limites d'émission sont respectées lorsque :

- aucune moyenne journalière des concentrations à l'émission ne les dépasse ;
- 97 % des moyennes sur 1/2 heure ne dépassent pas 1,2 fois ces valeurs ;
- aucune moyenne sur 1/2 heure ne dépasse pas le double de ces normes à l'émission.

Lorsque les techniques d'échantillonnage ou d'analyse ne permettent pas de réaliser ce type de mesure, la moyenne arithmétique de trois mesures représentatives ne peut dépasser les normes d'émissions fixées.

Les impositions relatives aux fréquences de prélèvements et analyses des conditions sectorielles d'exploitation des C.E.T. du 27 février 2003 (modifiées le 7 octobre 2010) sont d'application :

- 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 le CO, O_2, N_2, CO_2, NO_X et SO_2.
- Prélèvements semestriels du biogaz en amont des installations de traitement, en vue des analyses quantitatives de CH_4, CO_2, O_2, N_2, H_2, H_2S, benzène, toluène, xylène, 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 H_2S 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.

Il faut préciser que la fréquence de contrôle des fumées des moteurs est imposée à un rythme mensuel à dater de la mise en service des installations et ne peut être réduite à une fréquence semestrielle qu'au terme d'une période de 13 mois ayant révélé une stricte conformité aux normes. Cette procédure a été appliquée au moteur de Habay mis en service en janvier 2008.

4.2 Résultats

L'ISSeP s'est procuré les résultats d'analyses du biogaz et des fumées du moteur effectuées par le laboratoire Lareco, mandaté par l'exploitant. Les données concernent les mesures effectuées en 2013, lors des campagnes du 16 janvier et du 12 septembre.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

4.2.1 Résultats des analyses du biogaz

Les résultats des analyses du biogaz, imposées à fréquence semestrielle par le permis du 05 janvier 2009, sont rassemblés au Tableau 1. Les analyses concernent les paramètres majeurs (CH_4, CO_2, O_2, N_2, H_2 et H_2S), le benzène, le toluène, les xylènes, le chlorure de vinyle et des analyses qualitatives et semi-quantitatives des COV mesurés sur un biogaz épuré (en aval du filtre à charbon actif).

Les deux dernières colonnes du tableau présentent, à titre de comparaison, les résultats moyennés de la dernière campagne en date de l'ISSeP de 2009 et les statistiques calculées pour les C.E.T. du Réseau équipés d'installations de valorisation (rapport ISSeP 1242/2011) [8].

Tableau 1 : Composition du biogaz épuré – composés majeurs et COV (données exploitant)

	16/01/13	12/09/2013	Moyenne 2013	Moyenne ISSeP (2009)	Moyenne Réseau (jsq 2010)
Composés majeurs					
CH_4 moyen (% vol)	51,1	53,7	52,4	57,2	48,5
CO_2 moyen (% vol)	39,4	36,9	38,2	38,3	35,0
N_2 moyen (% vol)	9,4	9,4	9,4	-	
O_2 moyen (% vol)	<1	<1	<1	1,7	1,2
H_2 moyen (% vol)	<0,2	<0,2	<0,2	-	-
H_2S (mg/Nm³)	148	<0,53	74,3	< 0,002	146
COV					
Benzène (mg/Nm³)	0,03	<0,013	0,018	-	2,728
Toluène (mg/Nm³)	<0,01	<0,013	n.d.	-	-
Xylènes (mg/Nm³)	<0,04	<0,039	n.d.	-	-
BTEX (mg/ Nm³)	-	<0,064	n.d.	-	46,138
Chlorure de vinyle (mg/Nm³)	<0,01	<0,013	n.d.	-	0,923
Screening GC-MS					
Composés détectés (%age relatif)	Octasulfure (100%)	Aucun	-	-	-

Valeurs rapportées à 273 K, 1013 hPa sur gaz sec. n.d.: non détecté

4.2.2 Résultats des analyses des fumées des moteurs

Le Tableau 2 présente les résultats des analyses des trois paramètres normés (NO_x, CO et HCnM) et des poussières réalisées par Lareco et SGS (pour la campagne du 22 janvier 2013) sur le moteur à gaz opérationnel à Habay. Le tableau reprend tous les résultats des campagnes de 2013, leurs valeurs moyennées, les statistiques (valeurs médianes) calculées sur l'ensemble des installations de valorisation du Réseau [8] et enfin les normes actuellement en vigueur pour les émissions du moteur.

Tableau 2 : Composition des fumées des moteurs – composés majeurs (données exploitant)

Date (Laboratoire) ► / Paramètre ▼	16/01/13 (Lareco)	22/01/13 (SGS)	28/02/13 (Lareco)	20/03/13 (Lareco)	12/09/13 (Lareco)	Moyenne 2013	Médiane Réseau (jsq 2010)	Normes
NO_x (mg NO_2/Nm³)	**213**	**242**	**202**	**164**	**421**	**260**	343	**500**
CO (mg/Nm³)	**152**	**169**	**121**	**223**	**261**	**161**	642,5	**650**
HCnM (mg C/Nm³)	**151**	**100**	**80**	**36**	**<5**	**138**	5,1	**150**
Poussières	**34**	**2**	**<1**	**<1**	**<0,39**	**14,2**	2,8	**100**

La torchère ne fonctionne que de façon sporadique. En 2013, aucun contrôle de ses fumées n'a été effectué.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

4.3 Interprétation des résultats

4.3.1 Composition du biogaz

Le système de gestion des installations de pompage du biogaz tel que mis en place à Habay permet d'envoyer vers le moteur un biogaz de qualité constante. En 2013, le biogaz provient majoritairement du tumulus réhabilité (3 puits centraux, débit de 30 m³/h) et du casier A (un peu moins des 17 puits raccordés sont exploités, débit de 400 m³/h). La teneur moyenne en méthane est stable, comprise entre 50 et 55%. En 2014, l'exploitant a procédé d'initiative à une analyse systématique du biogaz au droit de tous les puits de gaz. Localement, des concentrations en méthane supérieures à 60% ont pu être atteintes.

Les résultats de ces analyses complémentaires de 2014 effectuées au niveau des puits de gaz montrent que le biogaz brut est très riche en sulfure d'hydrogène. Certains puits présentent des concentrations en H_2S pouvant atteindre plus de 2000 ppm (soit 3000 mg/m³), ce qui est largement supérieur aux concentrations habituellement rencontrées à l'échelle du réseau (146 mg/Nm³).

Au vu des teneurs en sulfure d'hydrogène dans le biogaz brut, une épuration du biogaz ciblée sur ce paramètre est indispensable en amont du moteur, afin d'éviter l'usure prématurée de ce dernier. L'exploitant utilise actuellement des filtres à charbon actif, une solution qui peut s'avérer très coûteuse sur le long terme. Des investigations sont actuellement en cours dans le but d'étudier la possibilité d'un abattement du H_2S directement au niveau des puits de collecte du biogaz.

Les deux campagnes semestrielles d'autocontrôle (Tableau 1) montrent qu'en septembre 2013, le sulfure d'hydrogène n'est pas détecté alors qu'il était présent dans le biogaz épuré huit mois plus tôt. Entretemps, il est donc très probable qu'un changement du filtre ait eu lieu.

Les COV généralement les plus représentés dans le biogaz (BTEX, chlorure de vinyle) sont à peine détectés dans le biogaz épuré lors de ces deux campagnes.

4.3.2 Composition des fumées du moteur

Les données d'autocontrôle des fumées du moteur à gaz pour l'année 2013 montrent que les normes à l'émission sont respectées (voir Tableau 2). Par rapport à 2012 (voir les graphes d'évolution temporelle au point 4.3.3), la situation semble s'être normalisée et plus aucun dépassement de valeur limite n'a été constaté depuis janvier 2013. Les valeurs enregistrées peuvent même être qualifiées de particulièrement faibles, comparativement aux valeurs de référence (statistiques calculées à l'échelle du réseau, avant-dernière colonne du Tableau 2). Le monoxyde de carbone, réputé pour la difficulté de maintenir sa concentration sous les 650 mg/Nm³, est largement en-deçà de la valeur limite.

4.3.3 Evolution temporelle de la composition des fumées (données exploitant)

La Figure 3 présente l'évolution temporelle pour les trois paramètres normés, le CO, les NO_X et les hydrocarbures non méthaniques mesurés dans les fumées du moteur entre janvier 2009 et septembre 2013 (résultats d'autocontrôles). Les normes en vigueur pour chaque paramètre sont matérialisées par des traits horizontaux.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

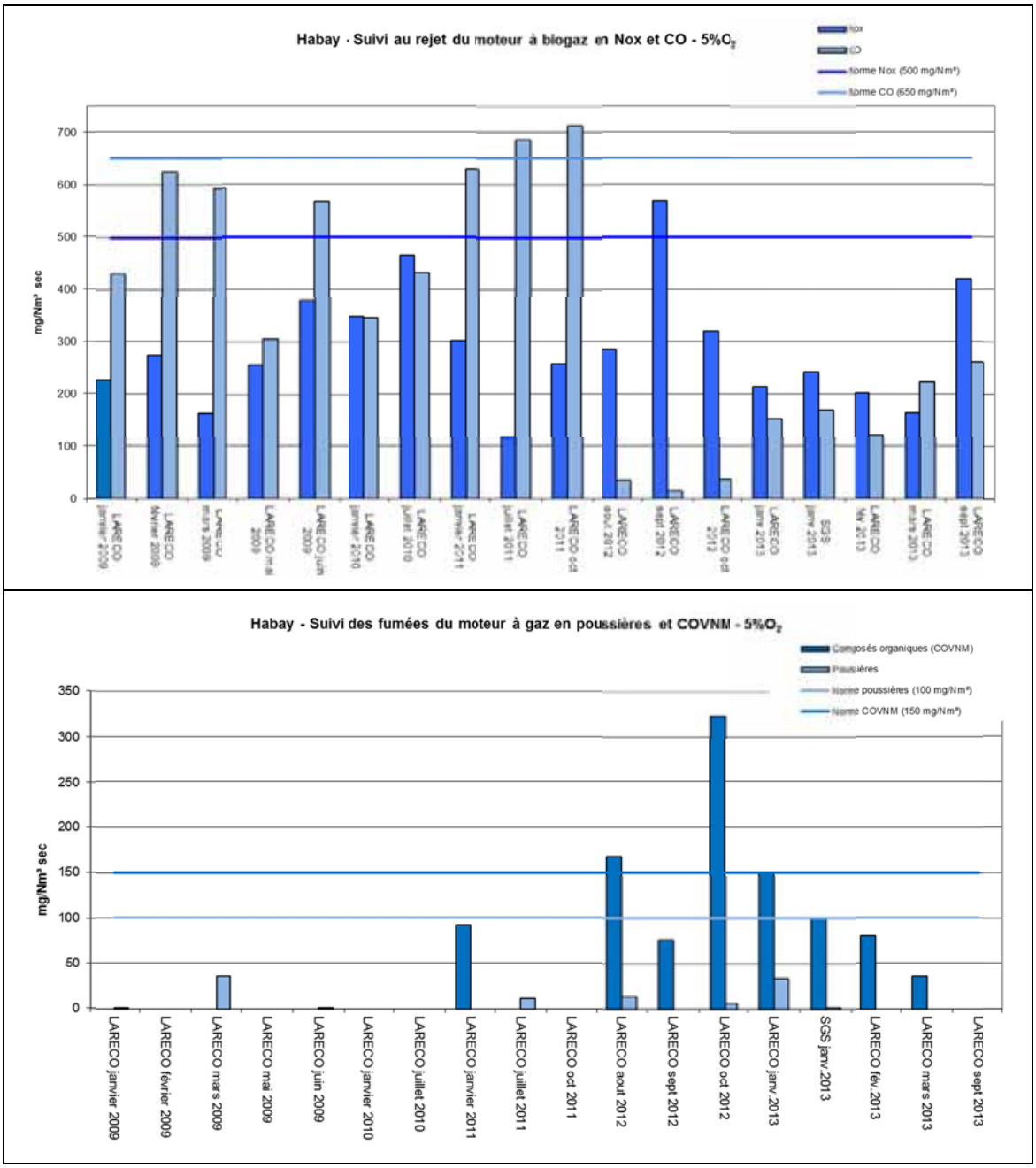


Figure 3 : Evolution temporelle des paramètres analysés dans les fumées du moteur à gaz (données exploitant)

Les graphes présentés à la Figure 3 mettent en évidence plusieurs dépassements de normes, de façon sporadique ou de manière plus persistante. Il s'agit :

- du CO, jusqu'en octobre 2011. Depuis cette date, les concentrations se maintiennent sous la valeur limite de 650 mg/Nm³.
- des NO_x, en septembre 2012 (évènement isolé).
- des hydrocarbures non méthaniques (COVNM), à deux reprises, entre aout et octobre 2010.

Lorsque des dépassements sont constatés, la fréquence de contrôle des émissions est intensifiée jusqu'à un retour à la conformité.

Dans sa déclaration environnementale de 2012 [9], l'AIVE a justement fait mention de ces dépassements pour l'année écoulée, et explique les mesures qui ont été prises afin de rendre les fumées conformes :

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

« À Habay, le rejet du moteur a présenté un léger dépassement de la norme en CO lors de la seconde campagne semestrielle de aout 2011. Afin de vérifier ce dépassement, une campagne de contrôle a été réalisée en octobre 2011. Cette dernière a bien confirmé le premier dépassement. En concertation avec le fournisseur, il a été convenu que le moteur devait faire l'objet d'un gros entretien. Vu l'avancement dans l'année et les conditions climatiques changeantes, il a été décidé de réaliser cet entretien au printemps 2012. Il n'a pas été possible de réaliser cette révision à l'automne car il y avait nécessité de produire des thermies afin d'entretenir le process épuratoire en réchauffant les lixiviats pour maintenir l'activité biologique. L'administration a été informée des dépassements ainsi que des actions qui allaient être entreprises. Le gros entretien a été réalisé en mai 2012 et le moteur a été remis en service en juin. À la reprise des autocontrôles, la campagne d'aout (2012) indiquait un dépassement en COVNM. Le laboratoire a été consulté et confirmait ses résultats tout en précisant que le matériel utilisé avait été changé. Le motoriste n'ayant pas d'explication à ce dépassement. La campagne de septembre ne présentait plus de dépassement en COVNM mais bien en NOx. Le motoriste confirmait un mauvais réglage.

La campagne d'octobre 2012 montrait à nouveau un dépassement en COVNM. Il a été décidé de comparer les méthodes de mesures avec un autre laboratoire (ndlr : SGS). *La campagne de décembre n'a pu avoir lieu suite aux conditions climatiques défavorables donc reportée en janvier 2013.*

Avant la réalisation des campagnes, des précisions ont été demandées aux laboratoires quant à leurs appareillages et méthodes d'analyses. Les deux laboratoires présentaient les mêmes types d'appareillages et méthodes. Les résultats de janvier 2013 ne présentent plus de dépassement.

La fréquence des autocontrôles est redevenue semestrielle depuis janvier 2013 et plus aucun dépassement n'est à déplorer depuis.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

5 EMISSIONS SURFACIQUES

5.1 Contexte

L'ISSeP a déjà réalisé deux campagnes de mesures des émissions surfaciques de biogaz sur le C.E.T. d'Habay, en 2005 et en 2009. Depuis lors, la méthodologie globale d'investigation sur le terrain (procédure d'échantillonnage et matériel de mesure) et de traitement des données a évolué de façon significative. La méthodologie appliquée actuellement respecte dans les grandes lignes celle établie et développée par Ephesia (bureau d'étude spécialisé en traitement (géo)statistique de données) pour l'ISSeP en décembre 2009 [10] et déjà éprouvée sur l'ensemble des C.E.T. en exploitation du réseau (Mont-Saint Guibert, Hallembaye, Cour au Bois, Champ de Beaumont et Tenneville [1]). Cette procédure a subi quelques modifications lors de sa mise en œuvre sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert en 2012, notamment concernant la procédure d'acquisition des données de terrain et les outils géostatistiques utilisés. C'est la procédure modifiée qui a été suivie à Habay lors de la campagne de 2013. Pour plus de détails, le lecteur peut consulter le rapport d'Ephesia, annexé au 6ème rapport de campagne de Mont-Saint-Guibert [11].

Cette section présente et discute les différentes phases de l'étude appliquée au C.E.T. d'Habay lors de cette campagne, à savoir :

- La phase préparatoire (Phase I),
- La stratégie d'échantillonnage (Phase II),
- L'estimation et la cartographie des flux (Phase III).

Le rapport de prélèvement, reprenant les informations et données collectées lors des journées de terrain (rapport ISSeP 1900/2013), est fourni en Annexe 1. La note de synthèse relative au traitement (géo)statistique des données récoltées à Habay, rédigée par Ephesia, constitue l'Annexe 2 de ce rapport.

5.2 Phase I : Phase préparatoire

En préliminaire à chaque campagne d'investigation, l'ISSeP fait le recensement des données historiques disponibles relatives aux précédentes campagnes sur le site.

La Figure 2 de l'Annexe 1 reprend les résultats des investigations d'avril et de décembre 2009 sur le casier A en exploitation (anciennement casier 1) pour le méthane. Lors de ces campagnes, les mesures effectuées sont des mesures de concentrations et les cartes qui résultent du traitement géostatistique (krigeage linéaire) localisent les isocontours de concentrations. Lors de la présente étude de 2013, il s'agit de mesures de flux de biogaz qui permettent non seulement de cartographier les zones d'isoflux mais aussi de quantifier le flux total de biogaz émis par le C.E.T.

Une rencontre avec l'exploitant a également été programmée (6 mai 2013) afin de mettre à jour les informations dont dispose l'Institut en matière d'exploitation du C.E.T. et de gestion des émissions atmosphériques. Les changements opérés depuis la dernière campagne de l'ISSeP pouvant potentiellement impacter les émissions surfaciques sont brièvement repris ici, extraits du rapport de prélèvement (Annexe 1). Il s'agit principalement des changements liés à la gestion du dispositif de collecte de biogaz au sein du massif de déchets.

- Le tumulus est équipé de 11 puits dont seulement 3 d'entre eux sont actuellement exploités. Il s'agit des puits centraux FD6, FD7 et FD9 (les plus proches du dispositif de collecte central).
- La production de biogaz sur le tumulus est passée de 100 m³/h en 2009 à 30 m³/h en 2013. La teneur en méthane du biogaz est du même ordre de grandeur (58% *vs* 55%).
- La production de biogaz dans le casier A (anciennement casier 1) tourne toujours autour de 400 m³/h. Les 17 puits de gaz (FC1 à FC17) sont raccordés mais ils ne fonctionnement pas

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

nécessairement simultanément. Leur exploitation est modulée en fonction de la production de biogaz au sein du massif et de la composition en méthane à réaliser en entrée de l'unité de valorisation.

- Le casier B est en fin d'exploitation. Des dépôts ponctuels de déchets (cendres) y sont encore réalisés en 2 zones. Sa capacité d'accueil résiduelle est faible. La zone restant à combler a été aménagée en chemin d'accès au casier C dont l'exploitation a débuté dernièrement (en contrebas, au sud du site).
- Le casier B est équipé de 8 puits de gaz (FC18 à FC26) raccordés mais non encore exploités.
- Le casier C est actuellement exploité ; il est prévu qu'un dispositif horizontal de drainage du biogaz soit construit à l'avancement, au rythme du remplissage du casier.

Au niveau des observations de terrain, l'ISSeP a constaté que :

- Certaines zones au somment du tumulus sont marécageuses et ne peuvent faire l'objet de mesures de concentrations ou de flux ;
- La zone de versage au moment de la campagne de mai-juin 2013 correspond au casier C ;
- La fréquence des arrivages semble relativement faible ;
- La zone de talus au sud du tumulus réhabilité est rendue inaccessible en raison de l'abondance de la végétation.

Toutes ces informations ont permis l'élaboration d'une stratégie d'échantillonnage optimale qui tient compte de l'historique des résultats, des observations de 2013 et des éventuelles contraintes de terrain.

5.3 Phase II : Stratégie d'échantillonnage

Comme déjà mentionné plus haut, la méthodologie appliquée depuis 2009 pour les mesures de terrain et le traitement des données a été adaptée afin d'y intégrer un nouvel appareil de détection du méthane, l'Inspectra® Laser. Dès lors que ce détecteur dispose d'une gamme totale de détection et de quantification du méthane (de 1 ppm jusqu'à 100% volumique), il s'est imposé comme incontournable pour les mesures sur les zones historiquement qualifiées de non émissives avec l'Ecoprobe5®, dont la limite de détection pour le méthane est de 300 ppm. Le protocole mis au point pour cette campagne vise plusieurs objectifs :

- La confirmation de l'absence de dégazage dans les zones historiquement qualifiées de non émissives au sens de l'Ecoprobe5 ®, grâce aux mesures avec l'Inspectra® Laser ;
- La comparaison des réponses respectives de l'Inspectra® Laser et de l'Ecoprobe5® vis-à-vis des zones plus ou moins émissives ;
- La cartographie des flux de méthane mesurés par l'Inspectra® Laser et par l'Ecoprobe5® et la cartographie des flux de CO_2 et d'hydrocarbures totaux (TP) mesurés avec l'Ecoprobe5® afin de localiser les zones de faiblesses sur les couvertures finales ou provisoires ;
- L'estimation du flux global moyen pour le méthane, le CO_2 et les TP (flux surfaciques en ml/m²/s) et l'estimation du flux global total pour la zone d'étude, soit la totalité du C.E.T. (en ml/s).

A l'instar de la campagne effectuée à Mont-Saint-Guibert en 2012 [11], toutes les mesures de flux à Habay ont été réalisées avec la chambre de flux dynamique (chambre Ineris) équipée des deux détecteurs. L'Inspectra® Laser et l'Ecoprobe5® ont été connectés en parallèle au moyen de deux systèmes externes de recirculation.

Le rapport de prélèvement en Annexe 1 décrit le mode opératoire qui a été élaboré de façon à répondre aux objectifs décrits ci-dessus.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

5.4 Phase III : Estimation et cartographie des flux

Les mesures sur site ont été réalisées par l'ISSeP en 5 jours, entre le 06 mai et le 10 juillet 2013.

La suite de cette section résume la note de synthèse rédigée par Ephesia (fournie en Annexe 2) après exploitation des données collectées sur le terrain par l'ISSeP.

5.4.1 Description des données disponibles

Durant la campagne, un transect a d'abord été réalisé pour identifier les zones d'émission potentielles sur le tumulus réhabilité et sur le casier A considérés comme faiblement/non émissifs lors de la dernière campagne de 2010. Au total, 374 mesures de concentration en méthane ont été réalisées avec l'Inspectra connecté à la canne-cloche de 10 cm de diamètre.

Sur base de ce transect, sept zones à investiguer ont été délimitées (en vert sur la Figure 4). En dehors de ces zones, les émissions sont considérées comme nulles.

Ensuite, à l'intérieur des zones identifiées comme émissives, des mesures à la chambre de flux ont été réalisées en 98 points d'échantillonnage (en bleu sur la Figure 4). Par ailleurs, 30 points ont fait l'objet de mesures à proximité des puits (en rouge sur la Figure 4). Au total, 128 mesures sont ainsi disponibles.

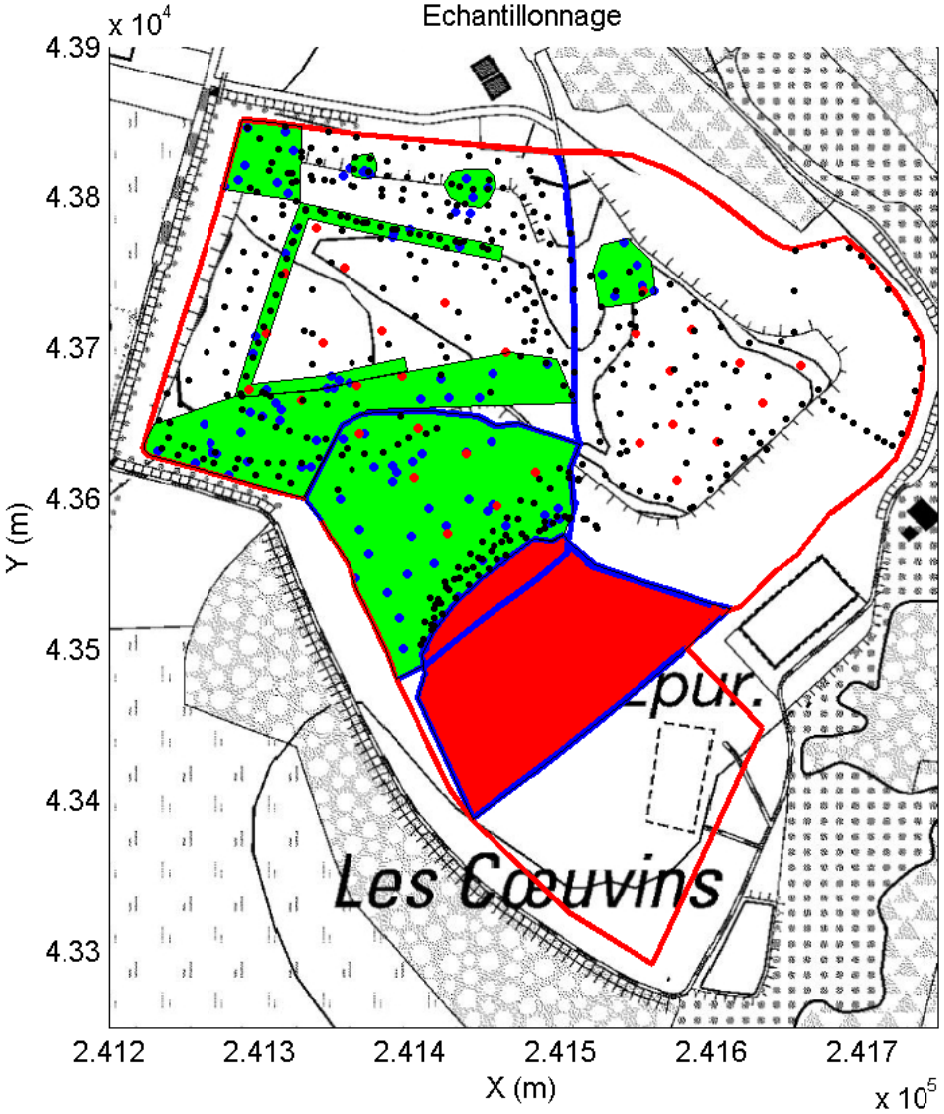


Figure 4 : Plan du site avec le contour du C.E.T. (en rouge) et des casiers (en bleu). En vert, les zones considérées comme émissives. En rouge, la zone de versage. Les points noirs correspondent aux mesures du transect, les points rouges aux mesures de flux près des puits et les points bleus aux mesures de flux

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Au terme de la campagne, les nombres suivants de séries temporelles sont disponibles :

		Chambre de flux
Ecoprobe	CO_2	122 (dont 116 non nulles)
	CH_4	122 (dont 24 non nulles)
	TP	122 (dont 24 non nulles)
Inspectra	CH_4	128 (dont 85 non nulles)

Pour chacune de ces séries temporelles, le flux a été estimé par une méthode semi-automatique expliquée dans le rapport d'étude sur le C.E.T. de Cour au Bois [12]. Quelle que soit la variable considérée, la plupart des mesures sont nulles ou très faibles (75% de valeurs inférieures à 1 ml/m²/sec). Seuls quelques points épars révèlent des flux un peu plus élevés, mais les maxima restent modérés (confer Tableau 3).

5.4.2 Résultats statistiques et géostatistiques

Dans cette section sont repris tous les résultats statistiques et géostatistiques obtenus. La méthodologie d'estimation du flux global moyen telle qu'appliquée à Habay est détaillée dans la note d'Ephesia fournie en Annexe 2.

A. Comparaison entre les mesures Ecoprobe et Inspectra pour le CH_4

Les appareils de mesures Ecoprobe® 5 et Inspectra® Laser ont été montés en parallèle sur la chambre de flux Ineris. En général, les courbes d'évolution temporelle de concentrations montrent des évolutions similaires. Les flux estimés par le biais de ces courbes temporelles de concentration des deux appareils sont également très proches les uns des autres. Dans certains cas cependant, et principalement lorsque les flux sont faibles, les courbes s'éloignent les unes des autres, reflétant ainsi probablement la difficulté pour l'Ecoprobe de mesurer avec précision des flux plus faibles (limite de détection de +/- 300 ppm, établie expérimentalement).

B. Statistiques sur les données

Les statistiques sont calculées sur les données situées loin des puits (98 points sur 128) et sont synthétisées dans le Tableau 3. Il est à remarquer les proportions importantes de valeurs nulles : plus de 75% pour les mesures de flux de CH_4 et TP avec l'Ecoprobe et plus de 25% pour les mesures de flux de CH_4 avec l'Inspectra.

Comme le montre le Tableau 4, les trois variables mesurées par Ecoprobe sont assez fortement corrélées entre elles, la corrélation étant la plus forte entre le CH_4 et les TP.

Tableau 3 : Statistiques sur les données de flux pour le CO_2, le CH_4 et le TP mesurés par Ecoprobe ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra (Flux en ml/m²/sec)

Appareil de mesure ►	Ecoprobe			Inspectra
Statistique ▼	Flux de CO_2	Flux de TP	Flux de CH_4	Flux de CH_4
Nbre de données	92	92	92	98
Moyenne	0.86	0.73	0.78	0.60
Ecart-type	1.88	2.77	3.42	2.00
Coeff. de variation	2.20	3.77	4.38	3.36
minimum	0	0	0	0
Q0.025	0	0	0	0
Q0.050	0.00	0	0	0
Q0.100	0.04	0	0	0
Q0.250	0.10	0	0	0
Q0.500	0.26	0	0	0.01
Q0.750	1.03	0	0	0.27
Q0.900	3.81	3.99	3.52	3.54
Q0.950	5.65	6.23	6.24	6.97
Q0.975	7.66	10.79	12.32	10.22
maximum	13.26	24.29	31.88	14.50

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Tableau 4 : Corrélations entre mesures de flux réalisées avec l'Ecoprobe et l'Inspectra

		Ecoprobe			Inspectra
		CO_2	CH_4	TP	CH_4
Ecoprobe	CO_2	1.00	0.89	0.90	0.90
	CH_4	0.89	1.00	0.98	0.95
	TP	0.90	0.98	1.00	0.96
Inspectra	CH_4	0.90	0.95	0.96	1.00

C. Cartes de simulation et cartes de variance de simulation

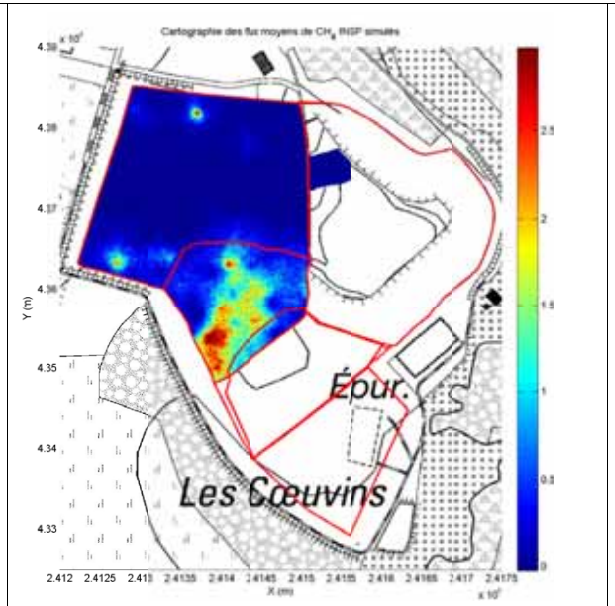
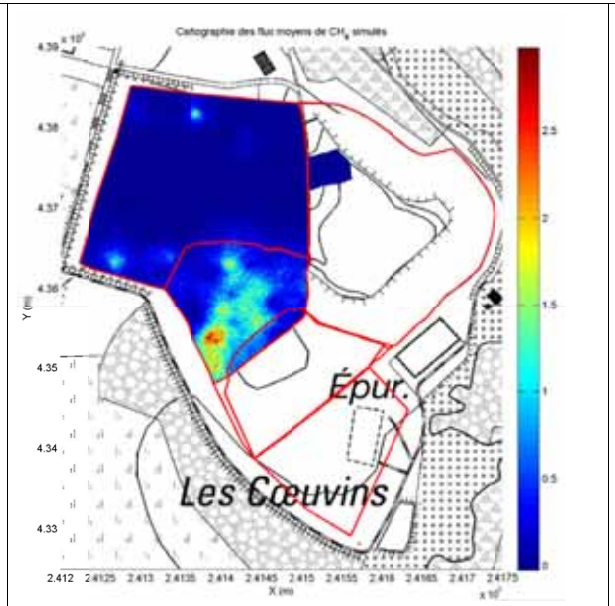
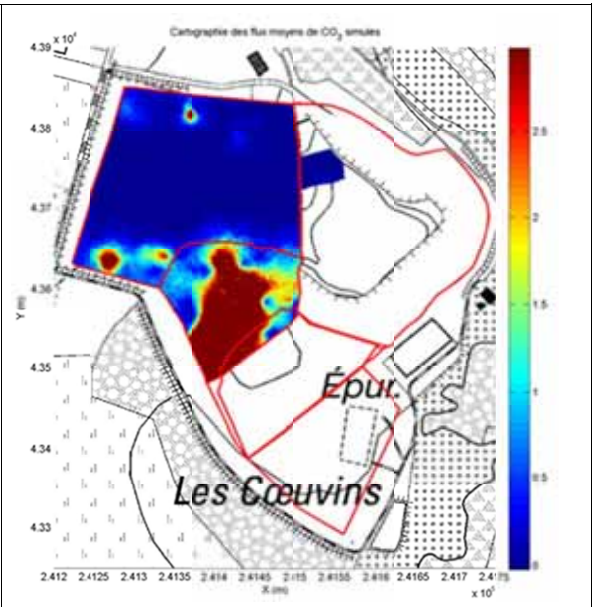
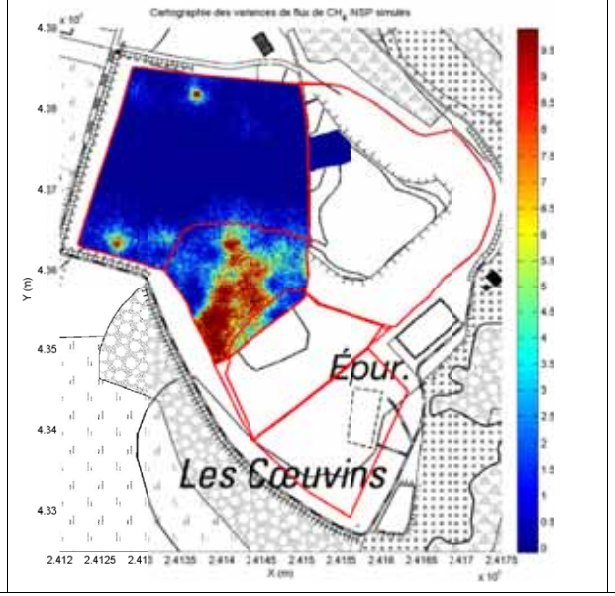
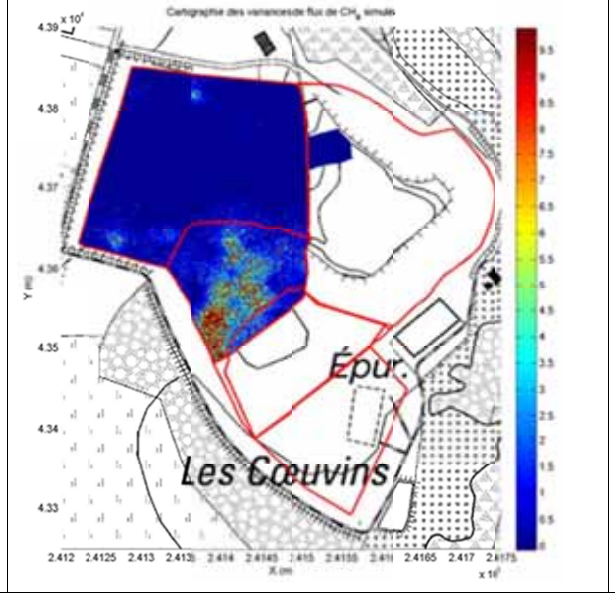
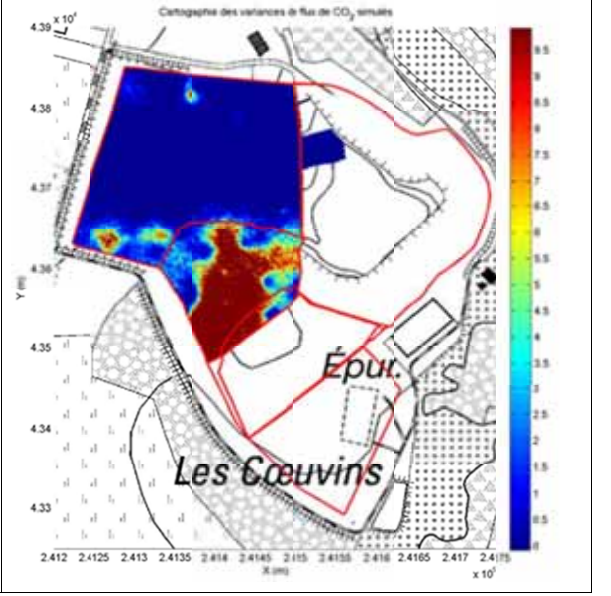
Les cartes issues des cosimulations des mesures Ecoprobe sont présentées dans le Tableau 5 pour deux des trois paramètres analysés par l'Ecoprobe -CH_4 et CO_2- et pour le CH_4 avec l'Inspectra. La carte de flux pour les hydrocarbures totaux (TP) est consultable dans la note d'Ephesia (Annexe 2). Chaque carte de flux moyen est accompagnée d'une carte de variance. Pour rappel, la variance calculée sur les simulations donne réellement une mesure de la variabilité de l'estimation et donc de l'incertitude locale. Logiquement, celle-ci est plus importante dans les zones où des valeurs élevées côtoient des valeurs nulles, c'est-à-dire aux abords directs des zones identifiées comme étant émissives.

Les flux estimés sont généralement très faibles. La zone présentant les valeurs les plus élevées est située au sud-ouest du C.E.T., en bordure de la zone de versage. Trois petits spots apparaissent aussi à l'ouest et au nord du site, mais ils sont liés chacun à une seule mesure relativement élevée.

Selon la connaissance qu'il a des zones investiguées et de l'exploitation du système de dégazage opérationnel, l'ISSeP estime que les zones les plus émissives identifiées dans le cadre de cette étude pouvaient être prévisibles. Ces zones correspondent à celles qui ont été le plus récemment exploitées et qui répondent par ailleurs à la plupart des critères permettant de classer d'emblée une zone comme potentiellement suspecte (talus, couverture provisoire, zones ayant subi des aménagements récents, zones ayant historiquement accueilli des déchets fermentescibles, …).

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Tableau 5 : Cartographie des flux moyens simulés (CO_2, CH_4 avec Ecoprobe et CH_4 avec Inspectra) (ligne 1) et cartographie des variances de flux correspondantes (ligne 2)

Cartographie des Flux (ml/m²/sec) - Inspectra		**Cartographie des Flux (ml/m²/sec) - Ecoprobe**	 
Cartographie des variance (ml/m²/sec)² - Inspectra		**Cartographie des variance (ml/m²/sec)² - Ecoprobe**	 

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

D. Incorporation des données de puits

En plus des points préconisés par le plan d'échantillonnage tel que détaillé au point 5.3, des mesures de flux ont été réalisées à proximité d'une sélection de puits de gaz sur les casiers A et B et sur le tumulus. L'étude réalisée à Mont-Saint-Guibert [11] a en effet démontré que la zone annulaire de ces puits représentait des zones de convection préférentielle du biogaz. Sur base de la campagne de 2012 sur ce C.E.T., il a été constaté que les zones émissives localisées autour des puits pouvaient induire une augmentation de plus de 60% du flux moyen global calculé sans tenir compte des données collectées aux puits de gaz.

Le 4 juin 2013, l'ISSeP a ainsi procédé à 30 mesures de flux dans une zone ceinturant le tubage extérieur des puits de pompage du biogaz. Sur les 30 points de mesure, 10 d'entre eux ont été exclus du traitement géostatistique en raison de leur implantation en dehors de la zone d'étude. Sur les 10 ouvrages non retenus, il convient néanmoins de noter que des flux importants ont été mesurés à proximité des puits FD1 et FD9 localisés sur le tumulus (référencés Puits 30 et 22 respectivement sur la Figure 5.

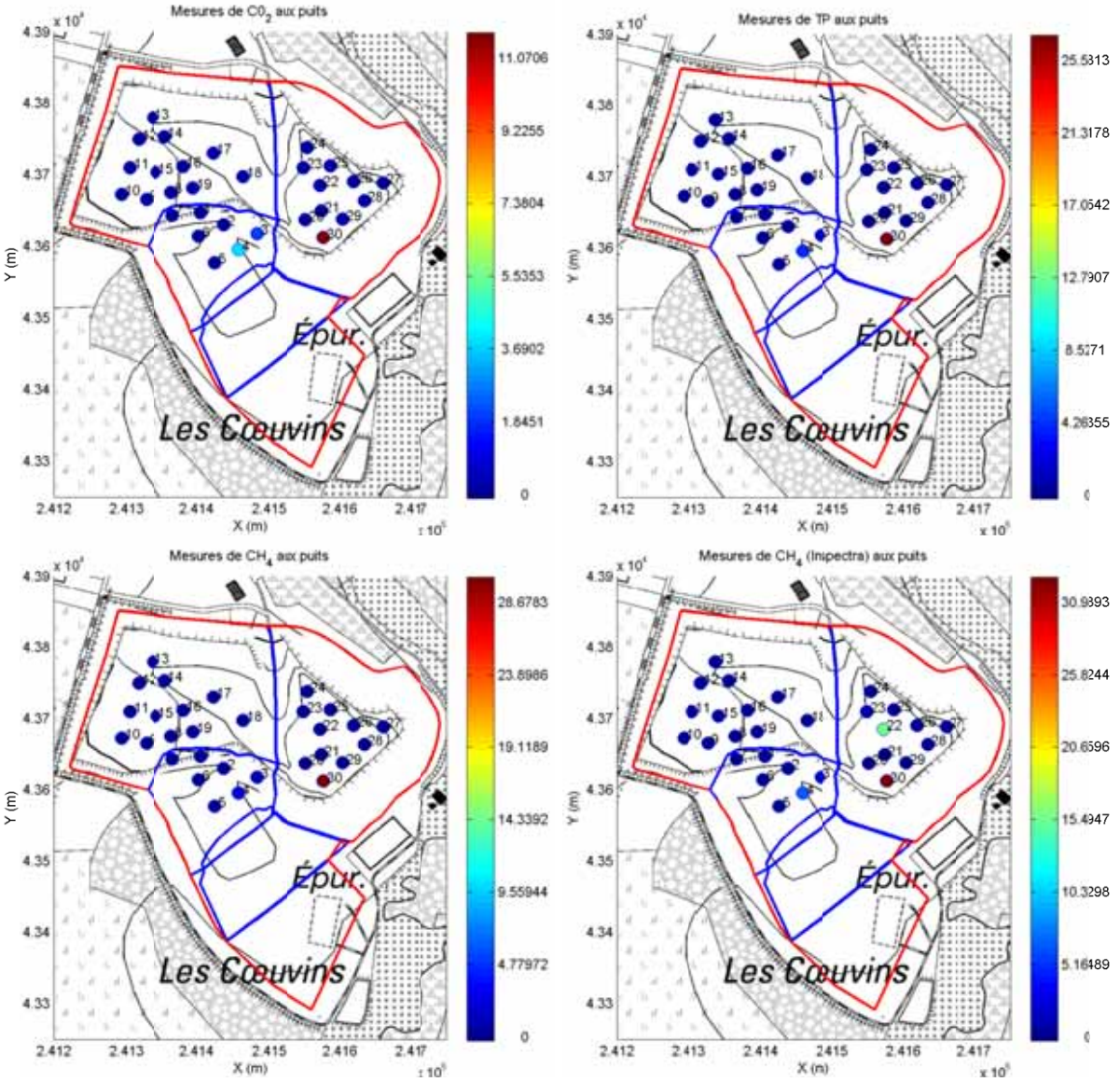


Figure 5 : Cartographie des mesures de flux auprès des puits pour l'Ecoprobe (CO_2, TP et CH_4) et l'Inspectra (CH_4) (flux en ml/m²/s). A côté de chaque puits est indiqué son numéro (référence ISSeP).

Les données de flux collectées à proximité immédiate des puits ont été incorporées aux résultats précédents afin de mettre à jour les statistiques et la cartographie des flux pour les différents paramètres mesurés.

Par comparaison avec les statistiques calculées sans tenir compte des mesures au puits (Tableau 3), les valeurs moyennes et maximum des mesures près des puits sont plus faibles (entre 0,20 et 0,52 fois pour les moyennes, entre 0,17 et 0,51 fois pour les maxima) que celles qui en sont plus éloignées. Même si les écarts-types sont également plus faibles, les coefficients de variation sont du même ordre de grandeur. Ces valeurs plus faibles près des puits peuvent être le signe d'une bonne gestion du pompage dans ceux-ci, ou d'un colmatage efficace autour des puits. En tout cas, ces résultats sont fondamentalement différents de ceux obtenus sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert où les flux près des puits étaient nettement plus importants que sur le reste du C.E.T.

En conséquence, il est décidé de ne pas mettre à jour les cartes simulées pour tenir compte des données près des puits car l'incorporation des mesures proches de puits ne modifierait probablement pas substantiellement les estimations faites sans celles-ci.

Il convient de faire remarquer ici que le rapport entre flux de CH_4 et flux de CO_2 est différent entre les mesures situées loin des puits (0,91) et celles situées à proximité de ceux-ci (0,42). Les causes de cette différence ne sont pas claires et il peut paraître étonnant que le biogaz apparaisse plus oxydé près des puits que sur le reste du C.E.T.

E. Estimation du flux global moyen

Le Tableau 6 présente les estimations de flux globaux moyens calculées par la méthode des cosimulations pour le CO_2, le CH_4 et les TP pour l'Ecoprobe et pour le méthane avec l'Inspectra.

Tableau 6 : Valeurs de flux moyen global pour le CO_2, le CH_4 et les TP (Ecoprobe) et le CH_4 (Inspectra) – Flux en en ml/m²/sec.

	CO_2	TP	CH_4
Ecoprobe	0,9920	0,2813	0,2497
Inspectra	-	-	0,3479

Le Tableau 7 donne les statistiques des distributions de flux global moyen obtenus par cosimulations pour les quatre variables étudiées. Les quantiles à 0,025 et 0,975 définissent l'intervalle de confiance à 95% sur les flux globaux moyens. Le flux en CO_2 y est significativement plus élevé que le flux en TP ou en CH_4. Le flux global en CH_4 estimé sur base des données Inspectra est environ 40% plus élevé que celui estimé sur base des données enregistrées par l'Ecoprobe.

Tableau 7 : Statistiques des distributions de flux moyen global en CO_2, CH_4 et TP mesurés par Ecoprobe ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra. Flux en ml/m²/sec

	Ecoprobe			Inspectra
	CO_2	TP	CH_4	CH_4
Moyenne	0.9920	0.2813	0.2497	0.3479
Ecart-type	0.1722	0.0493	0.0471	0.0611
Coéf. de variation	0.1736	0.1753	0.1887	0.1756
Minimum	0.5876	0.1725	0.1493	0.2083
Q0.025	0.6306	0.1819	0.1574	0.2199
Q0.1	0.7900	0.2232	0.1941	0.2691
Q0.25	0.8651	0.2498	0.2183	0.3052
Q0.5	0.9803	0.2776	0.2427	0.3477
Q0.75	1.1047	0.3126	0.2792	0.3840
Q0.9	1.2198	0.3390	0.3062	0.4256
Q0.95	1.2567	0.3674	0.3337	0.4621
Q0.975	1.3502	0.4030	0.3745	0.4854
Maximum	1.4308	0.4242	0.3914	0.5044

5.4.3 Estimation du flux global total pour le C.E.T.

Le flux total pour le C.E.T. est calculé en multipliant les valeurs estimées de flux global moyen par la surface totale du C.E.T. :

$$Flux_{Total} = S.Flux_{Moyen}$$

La surface totale du C.E.T. de Habay est estimée à 15,5 ha. La surface prise en compte dans cette étude exclut toutefois la zone de versage et le tumulus réhabilité. Elle vaut donc finalement 74498 m² (7,5 ha). On obtient ainsi les valeurs de flux total reprises dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Valeurs estimées de flux total pour le C.E.T. (en ml/sec)

	CO_2	TP	CH_4
Ecoprobe	73 902	20 956	18 602
Inspectra	-	-	25 918

Les statistiques sur les flux totaux estimés par simulations sont consultables dans la note de synthèse d'Ephesia à l'Annexe 2.

5.4.4 Comparaison des flux globaux moyens entre C.E.T. du réseau

A titre indicatif, les estimations de flux globaux moyens, exprimés en ml de méthane par m² et par seconde, obtenus sur les autres C.E.T. du réseau lors des dernières campagnes en date sont données au Tableau 9. Le flux estimé à Habay est l'un des plus faibles enregistré pour un C.E.T. en activité.

Tableau 9 : Estimation du flux moyen global (ml/m²/sec) sur les C.E.T. du réseau

C.E.T.	Etat	Campagne	Flux moyen global (ml CH_4/m²/s)
Hallembaye	**En activité**	**2010**	**1,4159**
Cour au Bois	**En activité**	**2010 (sans puits gaz)**	**1,1644**
		2010 (sans puits gaz)	**1,2885**
Tenneville	**En activité**	**2011**	**1,6242**
Mont-Saint-Guibert	**En activité**	**2009**	**0,2324**
		2012 (sans puits gaz)	**0,0595**
		2012 (sans puits gaz)	**0,097**
Monceau-Sur-Sambre	**En activité**	**2012**	**1,379**
Chapois	**Réhabilitation provisoire**	**2012**	**0,0136**
HABAY	**En activité**	**2013**	**0,2497**

5.4.5 Conclusions

Pour la première fois à Habay, l'ISSeP a procédé à une campagne de mesures des émissions surfaciques sur le C.E.T. (casiers A et B) et sur le tumulus. La méthode géostatistique utilisée pour l'estimation des flux surfaciques en méthane, dioxyde de carbone et hydrocarbures totaux (TP) est celle qui a déjà été éprouvée sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert en 2013 [11]. A la différence de la méthodologie utilisée habituellement depuis 2009, ces deux campagnes (Habay et Mont-Saint-Guibert) ont consisté en la réalisation de mesures rapides de concentrations (par le biais d'un transect) afin de déterminer les zones émissives au sein desquelles des mesures de flux uniquement ont été réalisées (chambre de flux Ineris). La cloche Odotech, exploitée pour la mesure de pentes de concentrations (sorte de flux simplifiés exploités en tant que variable auxiliaire), n'a pas été utilisée à Habay. Les mesures ont à nouveau été effectuées au moyen de deux analyseurs : l'Ecoprobe pour la mesure du CH_4, CO_2 et des TP et l'Inspectra pour la quantification précise du CH_4.

La comparaison des mesures de méthane avec les deux appareils confirme les conclusions tirées lors de l'étude sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert :

- Avec seulement 28,5 % de valeurs nulles contre 77 % pour l'Ecoprobe, l'Inspectra démontre à nouveau sa plus grande sensibilité aux valeurs faibles de concentrations et de flux.
- Les courbes temporelles sont très similaires et les valeurs de flux qui en sont tirées sont très bien corrélées (coefficient de corrélation égal à 0,9606).

En ce qui concerne l'impact des mesures réalisées près des puits, il est à l'opposé de ce qui avait été observé sur Mont-Saint-Guibert. Sur le C.E.T. d'Habay, les mesures près des puits sont en moyenne plus faibles que celles qui en sont plus éloignées. Ce peut être le signe d'une bonne gestion du pompage dans les puits et/ou d'un bon colmatage autour des puits. Considérant que leur influence sera négligeable, ces mesures ne sont donc pas utilisées pour mettre à jour les cartes de flux.

Il convient cependant de noter que les mesures de flux les plus élevées réalisées près des puits ont été obtenues sur le tumulus réhabilité. Il conviendrait de vérifier que le pompage et/ou le colmatage de cette zone ne présentent pas de lacunes. Sur le tumulus réhabilité, seuls trois puits sont opérationnels : FD6, FD7 et FD9 (les plus proches du dispositif de collecte central). Les autres ne sont pas connectés, ce qui peut expliquer ce constat.

En ce qui concerne les estimations de flux totaux, les simulations fournissent un intervalle de confiance à 95% égal à :

- [46 979 ; 100 587] ml/sec pour le CO_2,
- [13 551 ; 30 023] ml/sec pour les TP,
- [11 726 ; 27 900] ml/sec pour le CH_4 avec l'Ecoprobe et
- [16 382 ; 36 161] ml/sec pour le CH_4 avec l'Inspectra.

Ces flux sont très faibles. Une zone de flux relativement importants a été identifiée au sud du C.E.T., à proximité de la zone de versage, ce qui est logique vu l'absence de couverture provisoire ou définitive (contrairement au tumulus ou au casier A). A part celle-ci, seuls trois spots de flux plus élevés ont été identifiés, mais leur extension est très limitée.

Pour faire baisser les flux totaux, il peut être recommandé au gestionnaire du site de colmater les zones principales de fuites mises en évidence par cette étude. Pour le reste, la couverture du C.E.T. apparaît comme peu perméable aux gaz ou le C.E.T. est globalement peu émissif en biogaz.

Lors de la prochaine campagne de surveillance, il est recommandé à l'ISSeP de vérifier si les flux ont bien été réduits dans les zones de dégazage identifiées lors de la présente étude. Il pourrait également être proposé aussi à l'exploitant de pomper dans le puits 30 (FD1) pour voir si cela a un impact sur les émissions convectives au droit de cet ouvrage.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

6 NUISANCES OLFACTIVES

Pour des raisons indépendantes de l'ISSeP, l'étude relative aux nuisances olfactives sur le C.E.T. de Habay en 2013 n'a pu être intégrée au sein de ce rapport de campagne. Elle fera l'objet d'un addendum qui sera publié prochainement.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

7 QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT

Pour la troisième fois, l'ISSeP a mené une étude de la qualité de l'air ambiant sur le C.E.T. de Habay. Les précédentes campagnes remontent à 2005 [2] et 2009 [5]. Ce volet de la surveillance est systématiquement confié à la cellule Qualité de l'Air de l'ISSeP. Le rapport de cette campagne de mesure est fourni intégralement à l'Annexe 3 (rapport ISSeP n°226/2014). Le texte de ce chapitre constitue un résumé de leur travail.

7.1 Méthode d'enquête

La méthode d'enquête utilisée pour cette étude est similaire à celle déjà utilisée précédemment par l'ISSeP lors d'études réalisées autour de ce même C.E.T. en 2005 et 2009, ainsi que d'autres C.E.T. en Wallonie.

Cette méthode consiste à évaluer l'apport en polluant engendré par le C.E.T. dans son proche environnement. Celui-ci est évalué en comparant les mesures de la qualité de l'air ambiant, réalisées en continu et en parallèle, en deux points situés directement en bordure du site étudié. Le premier, situé en amont par rapport aux vents dominants (sud-ouest/nord-est), permet de mesurer la pollution de fond pour la région, tandis que le second, situé en aval, permet de mesurer, en plus, la pollution engendrée par le C.E.T. Leurs rôles respectifs s'inversent si le vent est opposé à la direction dominante.

Pour cette édition de 2013, l'ISSeP a choisi de se focaliser sur l'impact de la zone de traitement qui s'est progressivement développée au nord du C.E.T. En ce sens, deux stations de mesures ont été déposées sur les sites "RMHB05" et "RMHB08", à proximité de la zone d'intérêt. La station "RMHB05" a été installée à l'est de la dalle aéraulique de bioséchage des déchets ménagers (préparation du combustible normé), en aval par rapport aux vents dominants pour la région. Ce site avait également été retenu lors de l'étude de 2009. La station "RMHB08" a, quant à elle, été installée entre la plate-forme n°1 et le hall de stockage. La station est située à quelques mètres au sud-ouest de l'aire de compostage, et donc en amont de celle-ci par rapport aux vents dominants régionaux.

Les Figure 6 et Figure 7 montrent les emplacements des stations de mesures en 2013, respectivement au droit de la zone de traitement et à l'échelle du site, dans sa globalité.

Figure 6 : Localisation des stations de mesure dans la zone nord RMHB08 (à l'ouest), RMHB05 (à l'est)

Figure 7 : Localisation des stations de mesure – Vue générale du site

7.2 Matériel et méthode de mesures

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.

Les paramètres météorologiques sont mesurés en continu. La vitesse et la direction du vent sont mesurées à une hauteur de 9 m environ ; la température, la pression atmosphérique et le degré d'humidité sont mesurés à une hauteur d'environ 2 m.

Chaque station possède un système d'acquisition raccordé aux différents analyseurs. Une lecture des canaux de mesures est réalisée toutes les 5 secondes et le système 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 Wallonie.

Le Tableau 10 résume les paramètres mesurés sur les différents sites de l'étude.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Tableau 10 : Paramètres mesurés par les laboratoires mobiles sur le site de Habay en 2013

Stations	Informations concernant la station de mesures	Polluants mesurés en continu	Paramètres météorologiques
RMHB05	Station Aval - Nord-est A proximité de la zone de bioséchage des déchets ménagers. Période de mesures : 23/06/13 au 03/12/13	CH_4 H_2S NH_3 BTEX Limonène α-pinène	Direction du vent Vitesse du vent Pression atmosphérique Température Humidité
RMHB08	Station Amont - Sud-ouest A proximité de la zone de compostage des matières végétales Période de mesures : 23/06/13 au 03/12/13	CH_4 H_2S NH_3 NO BTEX Limonène α-pinène	Direction du vent Vitesse du vent Pression atmosphérique Température Humidité

Les caractéristiques techniques des appareils, les principes de mesures et les paramètres de réglage utilisés durant cette étude sont repris dans le rapport présenté à l'Annexe 3.

7.3 Résultats

La campagne de mesure s'est déroulée sur une période d'un peu plus de 5 mois, du 26 juin au 03 décembre 2013. Ce chapitre présente et discute les résultats obtenus pour les deux stations de mesure RMHB05 et RMHB08. Les données météorologiques ont été enregistrées tout le long de la période d'exposition, au niveau de chaque station d'analyse. A titre indicatif, le Tableau 11 reprend quelques paramètres statistiques pour la température. Ceux-ci donnent une première idée des conditions météorologiques rencontrées durant la campagne de mesures.

Tableau 11 : Température – Valeurs semi-horaires – (23/06/2013 au 03/12/2013)

Station	Nombre de valeurs	Moyenne (°C)	Médiane (°C)	Minimum (°C)	Maximum (°C)
RMHB05	7320	12,7	12,7	-3,8	34,4
RMHB08	6527	12,9	12,8	-3,3	32,7

7.3.1 Rose des vents

La Figure 8 donne les roses des vents pour la période d'étude.

La rose des vents de la station RMHB05 renseigne que les vents ont soufflé principalement du secteur sud-ouest (environ 60% du temps), qui est d'ailleurs la direction des vents dominants pour la région. Ensuite, les vents les plus fréquents ont été ceux du nord-ouest (environ 18% du temps), du nord-est (environ 17% du temps) et finalement du sud-est (environ 5% du temps). La station a été sous l'influence de la zone de traitement des déchets (de 240° à 300°) pendant 42 % du temps et 29% pour la zone d'enfouissement du C.E.T. (de 140° à 240°).

La rose des vents de la station RMHB08 renseigne que les vents ont également soufflé principalement du secteur sud-ouest (environ 46% du temps). Ensuite, les vents les plus fréquents ont été ceux du nord-est (environ 41% du temps), du nord-ouest (environ 7% du temps) et finalement du sud-est (environ 6% du temps). La station a été sous l'influence de la zone de traitement des déchets (de 30° à 100°) pendant 41 % du temps et 4 % pour la zone d'enfouissement du C.E.T. (de 100°-190°).

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

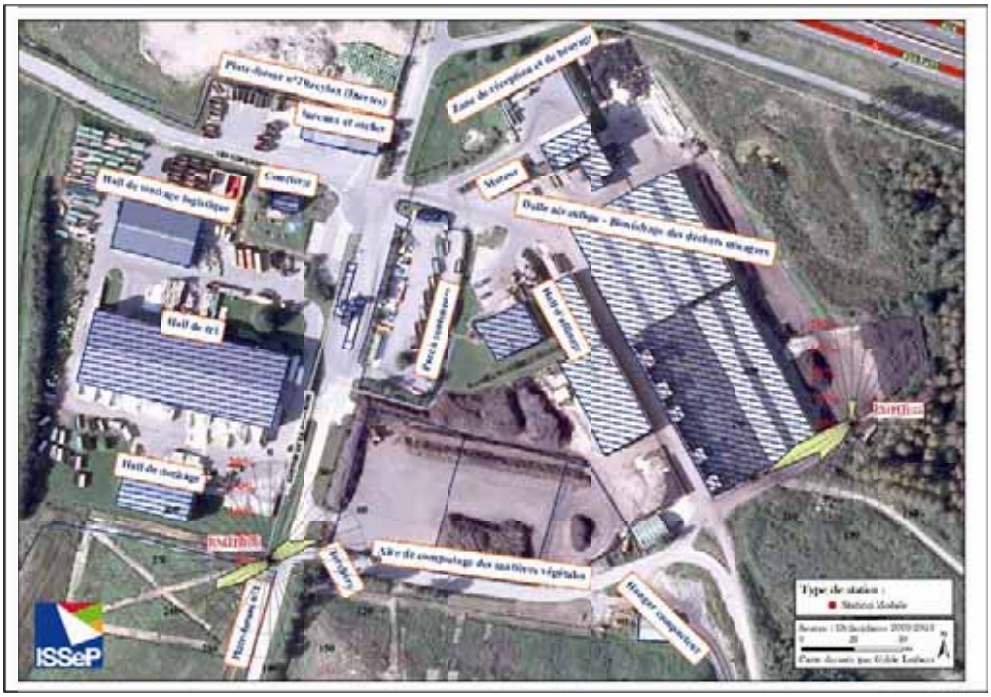


Figure 8 : Roses des vents aux stations RMHB08 (à l'ouest) et RMHB05 (à l'est)

7.3.2 Analyse du méthane

Le Tableau 12 résume les valeurs semi-horaires pour le méthane aux deux stations de mesures. Le centile 95 représente la valeur telle que 95 % des mesures lui soient inférieures.

Tableau 12 : Méthane – Valeurs semi-horaires – (23/06/2013 au 03/11/2013)

Station	Nombre de valeurs	Moyenne (mg/m³)	Médiane (mg/m³)	Centile 95 (mg/m³)	Maximum (mg/m³)
RMHB05	6582	1,56	1,30	2,67	10,65
RMHB08	5867	1,96	1,27	5,85	23,05

La Figure 9 montre l'évolution des valeurs semi-horaires relative au méthane. Les concentrations en méthane rencontrées à la station RMHB08 sont en moyenne légèrement supérieures à celles rencontrées à l'autre station (RMHB05). La station RMHB08 présente des épisodes de pollution plus fréquents et plus intenses. Les données enregistrées à la station RMHB05 sont du même ordre de grandeur que celles enregistrées au même endroit en 2009 [5].

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

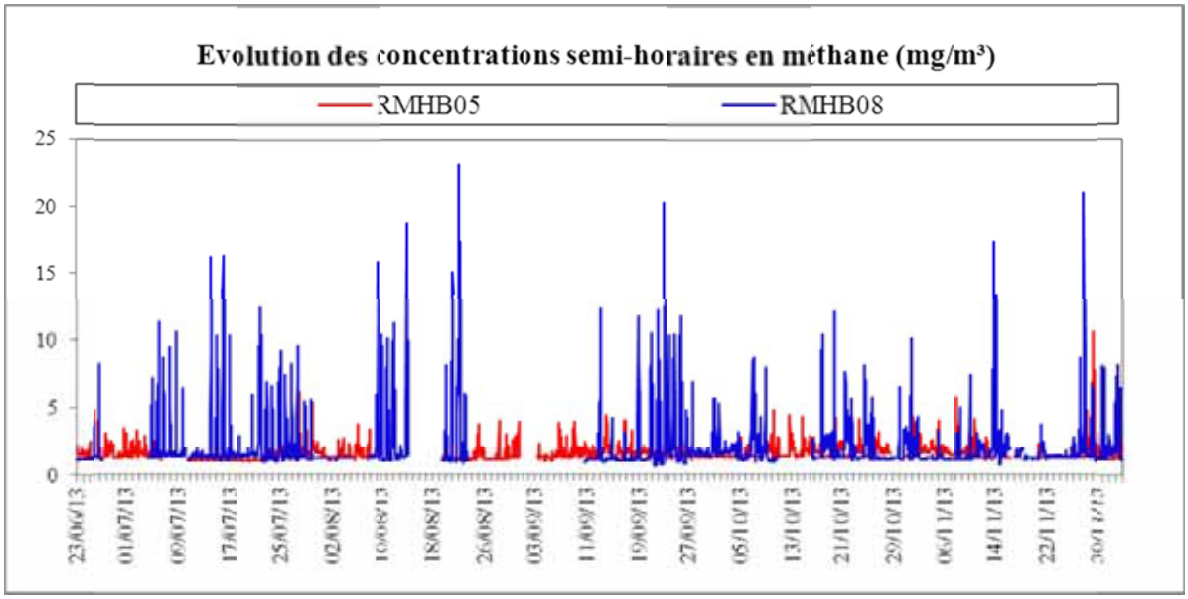


Figure 9 : Méthane – Evolution des valeurs semi-horaires – (23/06/13 au 03/12/13)

La Figure 10 reprend les roses de pollution en méthane. Chacune d'entre elles permet de pointer deux zones distinctes d'émissions. La première correspond à l'aire de compostage des matières végétales et la seconde correspond à la zone d'enfouissement du CET.

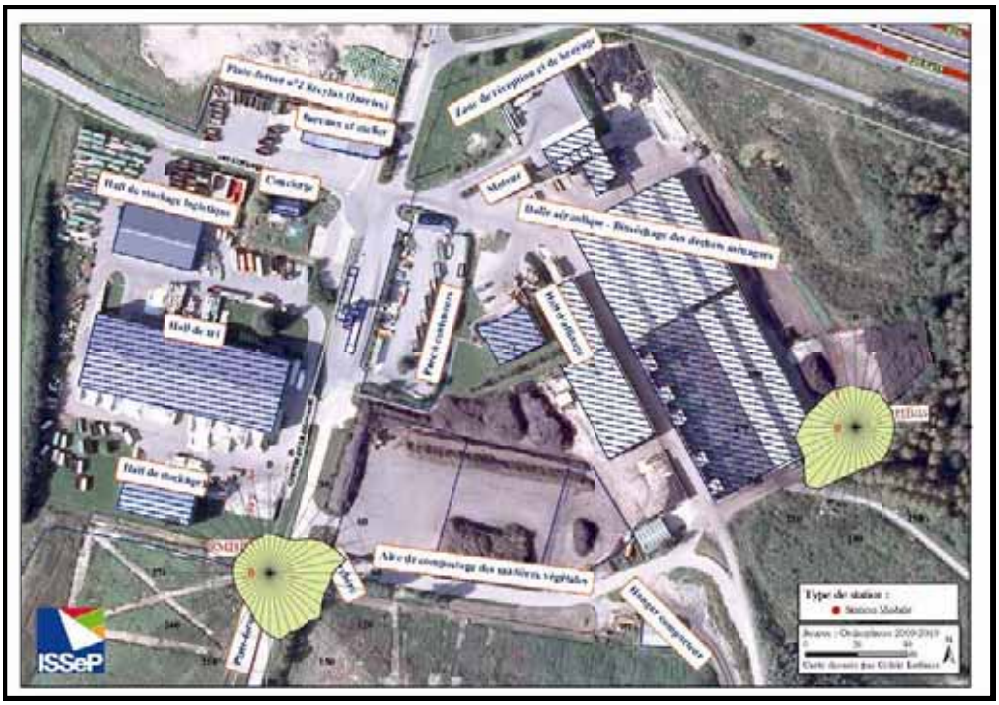


Figure 10 : Roses de pollution pour le méthane (mg/m³) (23/06/2013-03/12/2013)

Les secteurs de vents correspondant aux deux zones distinctes d'activité (traitement par compostage ou bioséchage et enfouissement) sont présentés à la Figure 11 pour chaque station.

	RMHB08 (station ouest)	**RMHB05 (station est)**
Secteur **incluant** les installations de traitement de déchets (zone nord)	30°-100°	2430°-300°
Secteur **incluant** le C.E.T.	100°-190°	140°-240°
Secteur **excluant** les installations de traitement et le C.E.T.	190°-30°	300°-140°

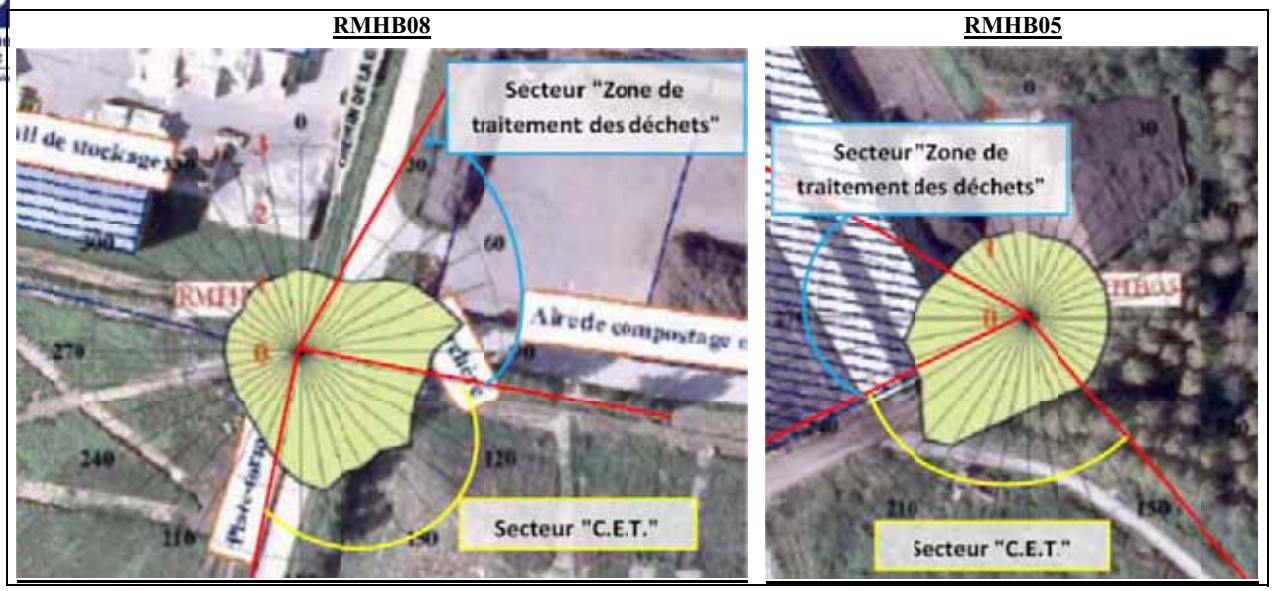


Figure 11 : Définition des secteurs de vents pour les activités de traitement (compostage et bioséchage) et d'enfouissement des déchets par station

Grâce à la combinaison des données de la direction et de la vitesse du vent avec celles des mesures de pollution, il est possible de calculer un apport moyen par secteur de vent précis. Ce calcul montre que, lorsque les vents (d'une vitesse supérieure à 1 m/s) proviennent des zones d'activités (traitement ou enfouissement de déchets) précédemment définis, les concentrations sont supérieures à la valeur de fond (i.e. supérieures à 1,35 mg/m³). Lorsque les vents proviennent de la zone de traitement des déchets (secteurs 240° à 330° pour RMHB05 et secteurs 30° à 100° pour RMHB08), la moyenne des concentrations mesurées est de 1,64 mg/m³ pour RMHB05 et de 1,81 mg/m³ pour RMHB08. Lorsque les vents proviennent de zone d'enfouissement (secteurs 140° à 240° pour RMHB05 et secteurs 100° à 190° pour RMHB08), la moyenne des concentrations mesurées est de 1,57 mg/m³ pour RMHB05 et de 1,93 mg/m³ pour RMHB08. Lorsque les vents proviennent des autres directions, la moyenne des concentrations mesurées est de 1,23 mg/m³ pour RMHB05 et de 1,17 mg/m³ pour RMHB08. Toutes ces valeurs sont résumées au Tableau 13.

Tableau 13 : Apports en méthane par secteurs pour les stations RMHB05 et RMHB08

Apports en méthane par secteur (mg/m³) [(1)]		
	RMHB08 (station ouest)	**RMHB05 (station est)**
Secteur **incluant** les installations de traitement de déchets (zone nord)	1,81	1,64
Secteur **incluant** le C.E.T.	1,93	1,57
Secteur **excluant** les installations de traitement et le C.E.T.	1,17	1,23

(1) Concentration de fond en méthane : 1,35 mg/m³.

Les concentrations renseignées au Tableau 13 témoignent donc d'apports en méthane relativement faibles pour les deux types d'activité, avec un ordre de grandeur similaire.

La rose de pollution en méthane relative à la station RMHB05 indiquait déjà les mêmes apports en provenance du sud-ouest, lors de l'étude réalisée en 2009.

7.3.3 Analyse de l'ammoniac (NH_3)

Le Tableau 12 résume les valeurs semi-horaires pour l'ammoniac aux deux stations de mesures.

Tableau 14 : Ammoniac – Valeurs semi-horaires – (23/06/2013 au 03/11/2013)

Station	Nombre de valeurs	Moyenne (µg/m³)	Médiane (µg/m³)	Centile 95 (µg/m³)	Maximum (µg/m³)
RMHB05	6576	4	2	13	34
RMHB08	7221	13	8	41	141

Les concentrations les plus élevées en ammoniac relevées au cours de cette étude ont été enregistrées à la station RMHB08, à proximité de l'aire de compostage des matières végétales. De tels apports en ammoniac sont souvent constatés à proximité d'activités de compostage et ont été confirmés par l'ISSeP sur d'autres sites en Wallonie. Au cours de cette étude, le seuil olfactif donné pour les individus les plus sensibles[1] n'a toutefois jamais été atteint.

La Figure 12 reprend les roses de pollution pour l'ammoniac. Celles-ci montrent en particulier des apports en provenance de l'aire de compostage des matières végétales située entre les deux stations de l'ISSeP. La rose de pollution relative à la station RMHB08 indique également des apports en provenance du sud-est, en direction de la zone d'enfouissement du C.E.T.

Le Tableau 15 reprend les apports en ammoniac en fonction de la direction du vent (pour des vitesses de vent supérieures à 1 m/s).

Tableau 15 : Apports en ammoniac par secteurs pour les stations RMHB05 et RMHB08

Apports en ammoniac par secteur (µg/m³) (1)		
	RMHB08 (ouest)	**RMHB05 (est)**
Secteur **incluant** les installations de traitement de déchets (zone nord)	20	9
Secteur **incluant** le C.E.T.	15	3
Secteur **excluant** les installations de traitement et le C.E.T.	6	3

(1) Concentration de fond en ammoniac : 2,3 à 3,9 µg/m³ en site urbain et de 5 à 17 µg/m³ en site à trafic élevé.

Figure 12 : Roses de pollution pour l'ammoniac (µg/m³) (23/06/2013-03/12/2013)

[1] Selon l'Ineris, le seuil olfactif de détection de l'ammoniac est très variable, de quelques dizaines de ppm à plus de 100 ppm. Ce seuil est en moyenne de 32,6 mg/m³ (46,8 ppm) avec une valeur minimale en général de 3,7 mg/m³ (3,9 ppm) pour les individus les plus sensibles. Il n'existe aucune réglementation en vigueur pour l'ammoniac en qualité de l'air extérieur.

7.3.4 Analyse du sulfure d'hydrogène (H_2S)

Le Tableau 16 résume les valeurs semi-horaires pour le sulfure d'hydrogène aux deux stations de mesures. La valeur de 1 µg/m³ correspond à la limite de détection.

Tableau 16 : H_2S – Valeurs semi-horaires – (23/06/2013 au 03/11/2013)

Station	Nombre de valeurs	Moyenne (µg/m³)	Médiane (µg/m³)	Centile 95 (µg/m³)	Maximum (µg/m³)
RMHB05	6752	2	1	5	29
RMHB08	7235	2	1	6	98

Durant la campagne de mesures, la valeur semi-horaire de 7 µg/m³ donnée par l'OMS et correspondant au seuil olfactif de H_2S a été dépassée 145 fois à la station RMHB05 (2,1 % du temps) et 261 fois à la station RMHB08 (3,6 % du temps). Les valeurs journalières enregistrées au cours de cette étude sont toutefois nettement inférieures à la valeur-guide de 150 µg/m³ donnée par l'OMS. Cette valeur sécuritaire de 150 µg/m³ est la concentration en-deçà de laquelle aucun risque d'effet sur la santé humaine du sulfure d'hydrogène (irritations oculaires) n'est à déplorer.

La Figure 13 reprend les roses de pollution du sulfure d'hydrogène pour les stations RMHB05 et RMHB08. Celles-ci indiquent respectivement des apports exclusifs en provenance du sud-ouest et du sud-est, en direction de la zone d'enfouissement du C.E.T. Ce constat pouvait être prévisible dans la mesure où la source principale de H_2S sur le site est le biogaz produit par la biodégradation anaérobie des déchets enfouis dans le C.E.T., biogaz qui peut contenir jusqu'à plusieurs centaines, voire milliers de ppm en H_2S (informations AIVE, mesures sur du biogaz brut au niveau de certains puits de gaz).

Figure 13 : Roses de pollution pour le sulfure d'hydrogène (µg/m³) (23/06/2013-03/12/2013)

Les valeurs rencontrées au cours de cette étude à la station RMHB05 sont du même ordre de grandeur que celles rencontrées au même endroit lors de l'étude de 2009.

7.3.5 Analyse du benzène

Au niveau européen, la Directive européenne 2008/50/CE, transcrite en Arrêté du Gouvernement wallon le 15/07/2010, définit une norme pour le benzène dans l'air ambiant. Il s'agit d'une valeur limite pour la protection de la santé humaine fixée à 5 µg/m³ (pour une année

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

Le Tableau 17 résume les valeurs semi-horaires pour le benzène aux deux stations de mesures. La limite de détection pour ce paramètre est de 0,1 µg/m³.

Tableau 17 : Benzène – Valeurs semi-horaires – (23/06/2013 au 03/11/2013)

Station	Nombre de valeurs	Moyenne (µg/m³)	Médiane (µg/m³)	Centile 95 (µg/m³)	Maximum (µg/m³)
RMHB05	*5894 (1)*	*0,5*	*0,4*	*1,5*	*3,8*
RMHB08	7043	0,2	0,2	0,6	2,3

(1)Collecte des données pendant moins de 75 % du temps

Si le respect formel de la valeur limite de la Directive ne peut être évalué que sur la base d'une série annuelle de données, une extrapolation linéaire permettrait néanmoins de conclure que ces valeurs respecteraient largement la valeur limite des 5 µg/m³.

La Figure 14 reprend les roses de pollution pour le benzène. La rose relative à la station RMHB05 montre un apport majoritaire en provenance du nord-est, en direction de l'autoroute. La rose relative à la station RMHB08, située plus au sud par rapport à l'autoroute, montre des apports un peu plus importants en provenance de l'est (dalle de compostage), mais les concentrations enregistrées pour ce secteur restent faibles. Une origine de l'apport en benzène pour ce secteur pourrait être les gaz d'échappement des machines utilisées pour le compostage, voire la dégradation aérobie elle-même.

Figure 14 : Roses de pollution pour le benzène (µg/m³) (23/06/2013-03/12/2013)

Les concentrations rencontrées au cours de cette étude à la station RMHB05 sont du même ordre de grandeur que celles observées en 2009 à cette même station.

7.3.6 Analyse du toluène

L'OMS a défini des valeurs-guides ("Air Quality Guidelines for Europe", 1987) pour le toluène, à savoir 260 µg/m³ pour une exposition d'une semaine et 1000 µg/m³ pour une exposition de 30 minutes. Cette dernière valeur correspond au seuil olfactif du toluène. Ce composé est moins toxique que le benzène ; si on se réfère aux valeurs admissibles en hygiène industrielle, sa toxicité est environ 60 fois moindre.

Le Tableau 18 résume les valeurs semi-horaires pour le toluène aux deux stations de mesures. La limite de détection pour le toluène est de 0,1 µg/m³.

Tableau 18 : Toluène – Valeurs semi-horaires – (23/06/2013 au 03/11/2013)

Station	Nombre de valeurs	Moyenne (µg/m³)	Médiane (µg/m³)	Centile 95 (µg/m³)	Maximum (µg/m³)
RMHB05	*5520 (1)*	*0,6*	*0,3*	*1,7*	*12,0*
RMHB08	7171	0,5	0,3	1,0	64,6

(1)Collecte des données pendant moins de 75 % du temps

Toutes ces valeurs sont largement inférieures aux valeurs-guides de l'Organisation Mondiale de la Santé.

La valeur particulièrement élevée de 64,6 µg/m³ résulte d'un évènement ponctuel, enregistré à la station RMHB08 dans la nuit du 13 au 14 novembre 2013. Ce pic de pollution a été constaté également pour les autres paramètres analysés dans cette station : les m+p-xylènes et l'éthylbenzène et, dans une moindre mesure, pour le méthane, le sulfure d'hydrogène et l'ammoniac. Ce pic peut s'expliquer par conditions de dispersion des polluants particulièrement défavorables cette nuit-là.

La Figure 15 reprend les roses de pollution pour le toluène. La rose relative à la station RMHB05, à l'est, montre que les apports principaux proviennent de la zone de bioséchage de la fraction sèche des déchets ménagers. La rose de pollution de la station RMHB08 indique des apports sensiblement plus importants en provenance du nord-est, direction dans laquelle se trouvent la zone de bioséchage et la dalle de compostage.

Figure 15 : Roses de pollution pour le toluène (µg/m³) (23/06/2013-03/12/2013)

Les concentrations observées au cours de cette étude à la station RMHB05 sont du même ordre de grandeur que celles rencontrées en 2009 à cette même station.

Concernant les émissions de toluène dans l'atmosphère, le trafic routier constitue une source importante, voire la source majeure. ce n'est visiblement pas le cas ici.

7.3.7 Analyse du limonène

Le limonène $C_{10}H_{16}$ est un hydrocarbure monoterpénique dont l'odeur prépondérante est celle du citron. Il est considéré comme un des traceurs chimiques caractéristiques les plus représentatifs de l'odeur de déchets frais et de végétaux.

Le limonène, et les terpènes en général, ne font l'objet d'aucune norme se référant à la qualité de l'air extérieur ambiant.

Le Tableau 19 résume les valeurs semi-horaires pour le limonène aux deux stations de mesures. La valeur de 0,1 µg/m^3 correspond à la limite de détection. Les concentrations enregistrées à la station RMHB08, la plus proche de la zone de compostage, sont largement supérieures à celles relatives à la station RMHB05. Pour cette dernière, les concentrations rencontrées au cours de cette étude sont du même ordre de grandeur que celles observées en 2009.

Tableau 19 : Limonène – Valeurs semi-horaires – (23/06/2013 au 03/11/2013)

Station	Nombre de valeurs	Moyenne (µg/m³)	Médiane (µg/m³)	Centile 95 (µg/m³)	Maximum (µg/m³)
RMHB05	*4197 (1)*	*1,0*	*0,1*	*2,2*	*77,4*
RMHB08	*4919 (1)*	*15,5*	*2,1*	*75,9*	*399,4*

(1)Collecte des données pendant moins de 75 % du temps

Le seuil de perception olfactive du limonène, fixé à 10 µg/m³ par l'American Industrial Hygiene Association, a été dépassé 109 fois à la station RMHB05 (2 % du temps) et 1528 fois à la station RMHB08 (31 % du temps).

La Figure 16 reprend les roses de pollution pour le limonène. Pour une question de lisibilité, l'échelle des roses a été adaptée. La rose de pollution pour la station RMHB08 indique des apports clairs et importants en provenance de la zone de compostage des matières végétales (ce qui pouvait être prévisible). Pour la station RMHB05, la rose indique des apports en provenance de l'ouest, en direction de la zone de bioséchage de la fraction sèche des déchets ménagers.

Figure 16 : Roses de pollution pour le limonène (µg/m³) (23/06/2013-03/12/2013)

7.3.8 Analyse d'autres polluants

Trois autres substances ont été également analysées en continu par l'ISSeP entre juin et décembre 2006 : l'éthylbenzène, le m+p-xylènes et l'α-pinène. Pour les deux premiers, hormis le pic de pollution observé la nuit du 13 au 14 novembre, aucun impact n'est à déplorer sur la qualité de l'air ambiant. Les médianes de concentrations sont égales à la limite de détection des analyseurs.

Pour l'α-pinène, le seuil de perception olfactive, fixé à 16 µg/m³ par l'American Industrial Hygiene Association, a été dépassé 5 fois à la station RMHB05 (0,1 % du temps) et 216 fois à la

station RMHB08 (4,5 % du temps). Les roses de pollutions dessinées pour les deux stations montrent des apports dans des directions similaires à celles qui ont été observées pour le limonène.

Les roses de pollution pour l'éthylbenzène, le m+p-xylènes et l'α-pinène sont présentées dans le rapport de la qualité de l'air ambiant fourni en Annexe 3.

7.3.9 Stations d'analyse de l'exploitant

Depuis 2010, l'exploitant dispose de deux cabines d'analyse de la qualité de l'air ambiant :

- HMQA1 est localisée à proximité du tumulus réhabilité dans la direction des vents dominants venant du sud-ouest vers les habitations d'Habay-La-Neuve et de Hachy ;
- HMQA2 est localisée à proximité du nouveau casier, dans la direction des vents dominants venant du nord-est vers les habitations d'Etalle.

Elles sont localisées sur le Plan 1.

Ces deux stations mesurent en continu les concentrations en méthane. Lorsque le taux de méthane dépasse une consigne de concentration (100 ppm), un système de prélèvement discontinu est déclenché et un sac de prélèvement se remplit. L'échantillon est envoyé au laboratoire pour y déterminer la teneur exacte en méthane et procéder à l'analyse des composés repris dans les conditions sectorielles : limonène, p-cymène, benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes.

En 2013, l'exploitant a confirmé plusieurs dépassements de la consigne de déclenchement au niveau de la station HMQA2, située à proximité de la zone d'enfouissement actuelle (casier C). Les déchets responsables principalement des émanations de biogaz sont les fines issues du criblage des matières issues du bioséchage. Ces résidus contiennent encore de la matière organique potentiellement méthanogène. En l'absence de système actif de pompage au droit de ce casier, il n'est donc pas étonnant d'atteindre des concentrations en méthane supérieures à 100 ppm dans l'air ambiant. L'ISSeP ne dispose pas des résultats d'analyses qui ont été effectuées, le cas échéant, sur les échantillons d'air prélevés de façon discontinue.

Dans la mesure où les deux stations de l'ISSeP n'ont pas été déposées à proximité directe de celles de l'exploitant, l'Institut n'a pas procédé à une comparaison des réponses des analyseurs du méthane. Pour rappel, la campagne de l'ISSeP de 2013 visait plutôt l'évaluation de l'impact du secteur nord où se situent les installations de traitement des biodéchets.

7.3.10 Conclusions

La campagne de mesure de la qualité de l'air ambiant de 2013, ciblée sur l'évaluation de l'impact de la zone de traitement des déchets située au nord du C.E.T., montre une influence nette de la dalle de compostage et du hall de bioséchage de la fraction sèche des déchets ménagers sur la qualité de l'air ambiant. Cette altération concerne des paramètres typiques des déchets traités en mode aérobie : limonène, alpha-pinène et ammoniac. Des apports en toluène ont également été mis en évidence, mais dans une moindre mesure.

Comme cela pouvait être prévisible, le méthane provient quasi exclusivement du secteur incluant le C.E.T. Et dans la mesure où le biogaz peut contenir des concentrations parfois élevées en sulfure d'hydrogène, les roses de pollution dessinées pour ce dernier pointent également le C.E.T. comme origine principale des apports.

Tout comme en 2009, l'impact du trafic automobile se manifeste par un apport en benzène en provenance de l'autoroute à la station RMHB05 située à moins de 200 mètres au sud de la E411.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

8 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

En 2013, l'ISSeP a effectué des investigations environnementales sur le C.E.T. d'Habay dans la cadre de la quatrième campagne de surveillance globale des émissions du C.E.T. d'Habay et de leur impact sur les milieux récepteurs.

Le présent rapport traite de la partie relative aux émissions atmosphériques du C.E.T. (émissions du moteur à gaz, émissions diffuses de biogaz), de leur impact sur la qualité de l'air et des nuisances olfactives qu'elles génèrent (pour ce dernier volet, consulter l'addendum à ce rapport, à paraitre prochainement). La partie interprétative des résultats d'analyses sur les matrices liquides ont déjà fait l'objet d'un rapport [7], disponible sur le site internet du Réseau de contrôle [1].

Les conclusions découlant de l'interprétation des résultats d'analyses sont présentées ci-dessous. Lorsqu'il l'a estimé nécessaire, l'ISSeP a formulé des recommandations pour mieux appréhender la surveillance future ou attirer l'attention sur quelques points afin de confirmer ou infirmer certains constats tirés lors de cette campagne.

8.1 Emissions du moteur à gaz

Les données d'autocontrôle des fumées du moteur à gaz pour l'année 2013 montrent que les normes à l'émission sont respectées. Par rapport à 2012, où des dépassements normatifs avaient été constatés pour plusieurs paramètres, la situation semble s'être normalisée et plus aucun dépassement de valeur limite n'a été constaté depuis janvier 2013. Les valeurs enregistrées peuvent même être qualifiées de particulièrement faibles, comparativement aux valeurs de référence (statistiques calculées à l'échelle du réseau de contrôle). Le monoxyde de carbone, réputé pour la difficulté de maintenir sa concentration sous les 650 mg/Nm³, est largement en-deçà de la valeur limite.

L'ISSeP n'a pas de recommandations supplémentaires à formuler pour la gestion et la surveillance des émissions du moteur à biogaz opérationnel à Habay. EN 2012, l'exploitant a fait preuve de proactivité pour résoudre les problèmes de dépassements dès que ceux-ci ont été constatés.

8.2 Emissions surfaciques

Pour la première fois à Habay, l'ISSeP a procédé à une campagne de mesures des émissions surfaciques sur le C.E.T. (casiers A et B) et sur le tumulus réhabilité. La méthode géostatistique utilisée pour l'estimation des flux surfaciques en méthane, dioxyde de carbone et hydrocarbures totaux (TP) a été adaptée par rapport à la méthodologie utilisée habituellement depuis 2009. La campagne a consisté en la réalisation de mesures rapides de concentrations (par le biais d'un transect) afin de déterminer les zones émissives au sein desquelles des mesures de flux uniquement ont été réalisées (chambre de flux Ineris). Les mesures de flux ont été effectuées au moyen de deux analyseurs connectés en parallèle à la chambre de flux INERIS : l'Ecoprobe pour la mesure du CH_4, CO_2 et des TP et l'Inspectra pour la quantification précise du CH_4.

La comparaison des mesures de méthane avec les deux appareils confirme les conclusions tirées lors d'une étude précédente similaire sur un autre C.E.T. du réseau (Mont-saint-Guibert) :

- l'Inspectra démontre à nouveau sa plus grande sensibilité aux valeurs faibles de concentrations et de flux, comparativement à l'Ecoprobe.
- Les courbes temporelles sont très similaires et les valeurs de flux qui en sont tirées sont très bien corrélées (coefficient de corrélation égal à 0,9606).

En ce qui concerne la contribution des mesures de flux réalisées près des puits de collecte du biogaz au flux global diffusif perdu au droit des couvertures du C.E.T., il est à l'opposé de ce qui avait été observé sur Mont-Saint-Guibert. Sur le C.E.T. d'Habay, les mesures de flux près des puits sont en moyenne plus faibles que celles qui en sont plus éloignées. Ce peut être le signe d'une bonne gestion du pompage dans les puits et/ou d'un bon colmatage autour des puits.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Il convient cependant de noter que les mesures de flux les plus élevées réalisées près des puits ont été obtenues sur le tumulus réhabilité. En ce sens, l'ISSeP préconise que soit vérifiée l'efficacité du pompage et/ou du colmatage de cette zone. Sur le tumulus réhabilité, seuls trois puits sont opérationnels : FD6, FD7 et FD9 (les plus proches du dispositif de collecte central). Les autres ne sont pas connectés, ce qui peut expliquer ce constat.

En ce qui concerne les estimations de flux totaux, les simulations fournissent des valeurs de flux très faibles. Une zone de flux relativement importants a été identifiée au sud du C.E.T., à proximité de la zone de versage, ce qui est logique vu l'absence de couverture provisoire ou définitive (contrairement au tumulus ou au casier A). A part celle-ci, seuls trois spots de flux plus élevés ont été identifiés, mais leur extension est très limitée.

Pour faire baisser les flux totaux, il peut être recommandé au gestionnaire du site de colmater les zones principales de fuites mises en évidence par cette étude. Pour le reste, la couverture du C.E.T. apparaît comme peu perméable aux gaz ou le C.E.T. est globalement peu émissif en biogaz.

Lors de la prochaine campagne de surveillance, il est recommandé à l'ISSeP de vérifier si les flux ont bien été réduits dans les zones de dégazage identifiées lors de la présente étude. Il pourrait également être proposé à l'exploitant de pomper dans le puits 30 (FD1) pour voir si cela a un impact sur les émissions convectives au droit de cet ouvrage.

8.3 Qualité de l'air ambiant

La campagne de mesure de la qualité de l'air ambiant de 2013, ciblée sur l'évaluation de l'impact de la zone de traitement des déchets située au nord du C.E.T., montre une influence nette de la dalle de compostage et du hall de bioséchage de la fraction sèche des déchets ménagers sur la qualité de l'air ambiant. Cette altération concerne des paramètres typiques des déchets traités en mode aérobie : limonène, alpha-pinène et ammoniac. Des apports en toluène ont également été mis en évidence, mais dans une moindre mesure.

Comme cela pouvait être prévisible, le méthane provient quasi exclusivement du secteur incluant le C.E.T. Et dans la mesure où le biogaz peut contenir des concentrations parfois élevées en sulfure d'hydrogène, les roses de pollution dessinées pour ce dernier pointent également le C.E.T. comme origine principale des apports. Tout comme en 2009, l'impact du trafic automobile se manifeste par un apport en benzène en provenance de l'autoroute à la station RMHB05 située à moins de 200 mètres au sud de la E411.

L'ISSeP souligne le fait qu'en principe, les stations d'analyse de la qualité de l'air ambiant de l'exploitant doivent permettre de prélever des échantillons de gaz d'ambiance lorsque les concentrations en méthane dépassent un seuil de 100 ppm dans l'air ambiant. Ce dispositif de prélèvement automatique ne semble pas activé, selon l'exploitant en raison de dépassements trop fréquents. La station le plus concernée par ces dépassements est en effet celle qui est située au sud du C.E.T., à proximité de la zone de versage actuelle (casier C). Il semble que certains des déchets déposés dans le casier C présentent un caractère méthanogène (refus de la préparation du combustible normé- bioséchage de la fraction sèche des déchets ménagers). En l'absence de système actif de dégazage pleinement opérationnel pour ce casier, le constat de dépassements récurrents n'est donc pas surprenant. Il pourrait être pertinent d'investiguer sur le caractère méthanogène ou biodégradable de ces refus afin de pouvoir trouver des alternatives à leur enfouissement en C.E.T.

E. Bietlot,
Attachée
Cellule Déchets & SAR

C. Collart,
Responsable
Cellule Déchets & SAR

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

9 RÉFÉRENCES

1. Site internet du Réseau de contrôle des C.E.T. en Wallonie (SPW-DGO3) : http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/index.htm

2. Lebrun V., Collart C., Kheffi A., Dengis P. (2006). *Réseau de contrôle des C.E.T. en Région wallonne - C.E.T. de Habay - Première campagne de contrôle (2005)*. Rapport ISSeP n° 1480/2006, 79 pp.

3. Lebrun V., Collart C., Kheffi A., Maquinay J.-C. (2007). *Réseau de contrôle des C.E.T. en Région wallonne - C.E.T. de Habay - Première campagne de contrôle (2005), partim émissions à la torchère et émissions surfaciques*. Rapport ISSeP n° 0115/2007, 19 pp.

4. Lebrun V., Collart C., Kheffi A., Monin M., Bietlot E., Salpéteur V. (2009). *Réseau de contrôle des C.E.T. en Région wallonne - C.E.T. de Habay - Deuxième campagne d'analyse des eaux souterraines (septembre 2008)*.Rapport ISSeP n° 0080/2009, 31 pp.

5. Monin M., Lebrun V., Kheffi A., Bietlot E., Collart C. (2009). *Réseau de contrôle des C.E.T. en Région wallonne - C.E.T. de Habay - Troisième campagne de contrôle (2009)*. Rapport ISSeP n° 0235/2010, 106 pp.

6. Lebrun V., Bietlot E., Garzaniti S., Collart C. (2011). *Réseau de contrôle des C.E.T. en Région wallonne - C.E.T. de Habay – Bilan environnemental du confinement hydrogéologique et de la qualité des nappes aquifères*. Rapport ISSeP n° 1320/2011, 31 pp.

7. Bietlot E., Collart C. (2013). *Réseau de contrôle des C.E.T. en Région wallonne - C.E.T. de Habay – Quatrième campagne de contrôle (2013) – Partie Eau*. Rapport ISSeP n° 4523/2013, 58 pp.

8. Bietlot E., Lebrun V., Collart C. (2011). *Réseau de contrôle des C.E.T. en Région wallonne - C.E.T. de Habay – Rapport annuel sur la qualité de l'air autour des C.E.T., deuxième édition : 2010*. Rapport ISSeP n° 1242/2011, 64 pp.

9. AIVE – Secteur Valorisation et propreté (2013). *Déclaration environnementale, mise à jour 2013 – résultats 2012*. 30 pp.

10. Kidova/Ephesia Consult (2009). *Mesure, modélisation et caractérisation des émissions surfaciques sur les C.E.T. en Région Wallonne - 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_KIDOVA_EPHESIA_POUR_ISSeP_2009002-v2.pdf).

11. Ephesia Consult (2013). *Modélisation et caractérisation des émissions surfaciques de biogaz sur les Centres d'Enfouissement Technique (C.E.T.) en Région wallonne - Traitement des données de la campagne de mesures de septembre – octobre 2012 sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert*. Note de synthèse Ephesia Consult, 33 pp.

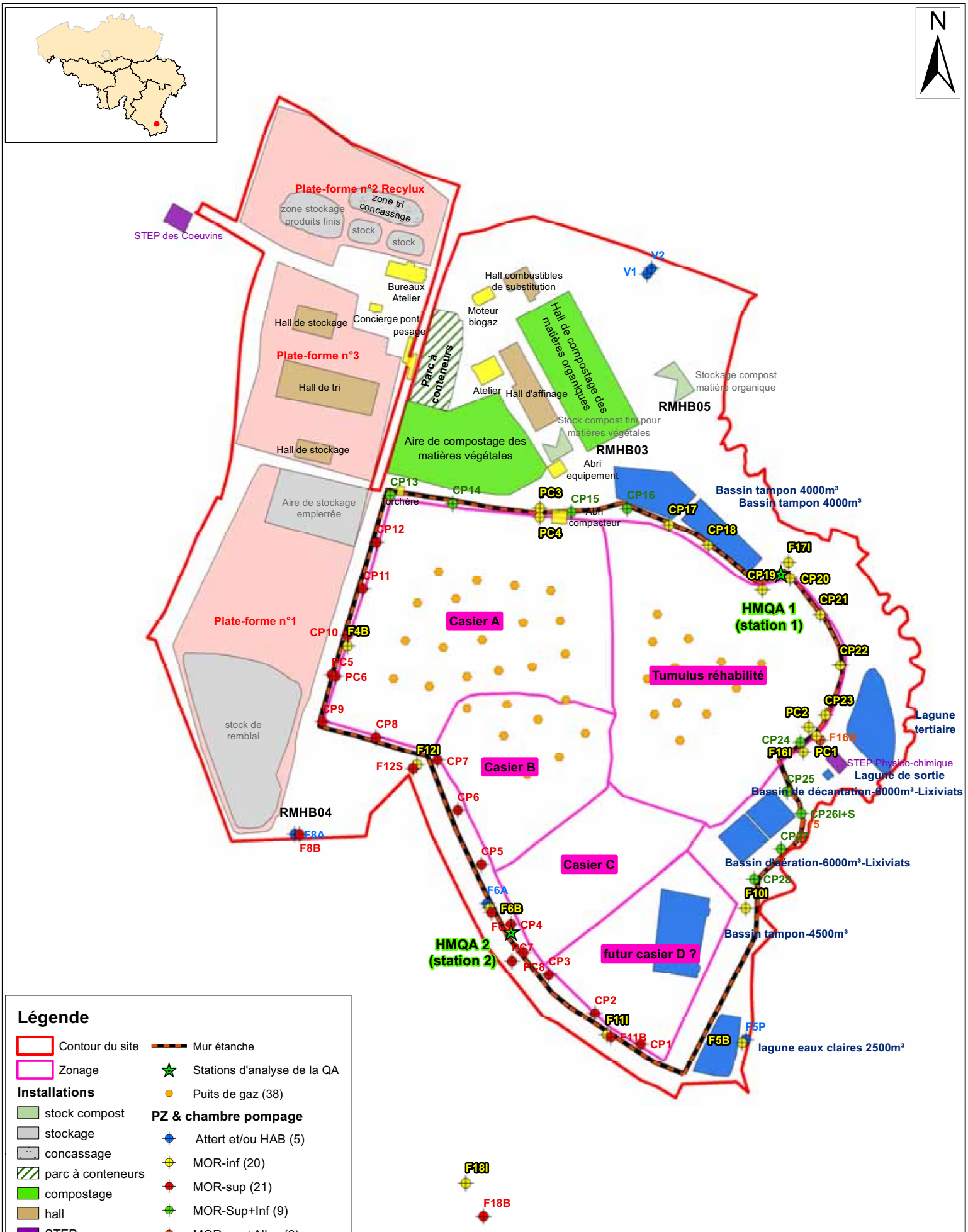
12. Ephesia Consult (2011). *Modélisation et caractérisation des émissions surfaciques de biogaz sur les Centres d'Enfouissement Technique (C.E.T.) en Région wallonne - Traitement des données de la campagne de mesures d'octobre 2010 sur le C.E.T. de Cour au Bois*. Note de synthèse Ephesia Consult, 39 pp.

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

PLAN

Plan 1 : Plan des installations

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut



Légende

- Contour du site
- Zonage

Installations

- stock compost
- stockage
- concassage
- parc à conteneurs
- compostage
- hall
- STEP
- bassins-lagunes
- divers
- plate-forme

- Mur étanche
- Stations d'analyse de la QA
- Puits de gaz (38)

PZ & chambre pompage

- Attert et/ou HAB (5)
- MOR-inf (20)
- MOR-sup (21)
- MOR-Sup+Inf (9)
- MOR-sup+Alluv (2)

0 50 100 200 Mètres

Institut Scientifique de Service Public

Surveillance de l'Environnement

Cellule Déchets & Sites à Risques

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 Habay

Plan des installations

Dressé par : D.DOSQUET	Vérifié par : E.BIETLOT	Sources de l'information : Géoportail du SPW DGO3 & DGO4
Date : 11/04/2014	N° dossier : 974/2014	Version : 1.0

Plan 1

ANNEXES

Total : 85 pages

Annexe 1 : Rapport de prélèvement - Campagne de mesures des émissions surfaciques C.E.T. de Habay (Rapport ISSeP 1900/2013)

Annexe 2 : Modélisation et caractérisation des émissions surfaciques de biogaz sur les Centres d'Enfouissement Techniques (C.E.T.) en Région wallonne - Traitement des données de la campagne de mesures de mai – juillet 2013. Note de synthèse Ephesia Consult)

Annexe 3 : Etude de la qualité de l'air ambiant à proximité du C.E.T. de Habay (Rapport ISSeP 226/2014)

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Annexe 1 : Rapport de prélèvement - Campagne de mesures des émissions surfaciques C.E.T. de Habay (Rapport ISSeP 1900/2013)

(12 pages)

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Siège social et site de Liège :
Rue du Chéra, 200
B-4000 Liège
Tél : +32(0)4.229.83.11
Fax : +32(0)4.252.46.65
Site web : http://www.issep.be

Site de Colfontaine :
Zoning A. Schweitzer
Rue de la Platinerie
B-7340 Colfontaine
Tél : +32(0)65.61.08.11
Fax : +32(0)65.61.08.08

Liège, le 14 novembre 2013

Département de la Police et des Contrôles (DGO3)

Campagne de mesures des émissions surfaciques C.E.T. de Habay

- Rapport n°1900/2013-

Dates des mesures: du 6 mai au 10 juillet 2013

Adresse complète	Centre de traitement des déchets "Les Coeuvins", Chemin des Coeuvins, 6720 Habay
Visite et mesures effectuées par	**Danielle Dosquet,** Attachée, Cellule Déchets et Sites à risques **Nicolas Fernemont,** Gradué, Cellule Déchets et Sites à risques **Simon Garzaniti,** Attaché, Cellule Déchets et Sites à risques **Emerance Bietlot,** Attachée, Cellule Déchets et Sites à risques **Guillemette Kaison,** Graduée, Cellule Déchets et Sites à risques **Olivier le Bussy,** Gradué, Cellule Déchets et Sites à risques **Emilie Navette,** Attachée, Cellule Déchets et Sites à risques
Sous la supervision de	**Emerance Bietlot,** Attachée, Cellule Déchets et Sites à risques
A la demande de	SPW – Département de la Police et des Contrôles (DPC)
Propriétaire du site	AIVE – Secteur Valorisation et Propreté
Contexte de la visite	DPC – Réseau de contrôle des C.E.T.
Accompagnants	Jacques Nicolas, ULg (le 10 juillet 2013)
Auteurs	**Emerance Bietlot,** Attachée, Cellule Déchets et Sites à risques **Danielle Dosquet,** Attachée, Cellule Déchets et Sites à risques

Ce document comporte 12 pages, 3 plans et 2 annexes :

Plan 1 : Localisation du tansect CH4 et des points de dégazage
Plan 2 : Zones d'investigation et implantation théorique des flux
Plan 3 : Localisation des points de mesures des flux

Annexe 1 : Synthèse des données récoltées lors du transect
Annexe 2 : Synthèse des données de mesure de flux (Ecoprobe)

Wallonie

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

1 CONTEXTE

Dans le cadre de la mission de contrôle des C.E.T. qui lui a été confiée par le DPC, l'ISSeP réalise régulièrement des mesures d'émissions surfaciques de biogaz sur les C.E.T. du réseau. Afin d'améliorer sa méthodologie d'estimation et de cartographie des flux de biogaz, l'Institut a fait appel à des experts en la matière : l'INERIS (Institut National de l'EnviRonnement industriel et des rISques) pour les mesures de flux et Ephesia Consult pour le traitement (géo)statistique des données et l'estimation des flux moyens globaux.

Cette collaboration a débouché sur la mise au point d'une stratégie d'investigation commune[1], inspirée de l'UK-EA[2], se déroulant en trois étapes :

- Phase I : Phase préparatoire
- Phase II : Stratégie d'échantillonnage
- Phase III : Mesures des flux - Cartographie et estimation des flux

La méthodologie appliquée depuis 2009 pour les mesures de terrain implique l'utilisation de la chambre de flux dynamique Ineris et de la cloche Odotech couplées à un détecteur infrarouge, l' Ecoprobe5®. Depuis 2012, elle a toutefois été sensiblement adaptée suite à l'acquisition par la cellule "Déchets et sites à risques" d'un nouvel appareil de mesure du méthane, l'Inspectra® Laser. Ce détecteur permet de détecter le méthane de façon spécifique et pour la gamme complète de concentrations (de 1ppm à 100 % v/v), là où la limite de détection de l'Ecoprobe5® a été déterminée 300 ppm[3] .

La campagne 2013 de mesures des emissions surfaciques à Habay a permis d'éprouver pour la seconde fois la méthodologie mise au point sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert[4].

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.html), reprend dans Les grandes lignes les évolutions de la méthodologie d'estimations des émissions surfaciques de biogaz sur les C.E.T. en Wallonie.

---

1 **Rapport KIDOVA/Ephesia pour l'ISSeP (2009). Mesure, modélisation et caractérisation des émissions surfaciques sur les C.E.T. en Région Wallonne - 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_KIDOVA_EPHESIA_POUR_ISSeP_2009002-v2.pdf).**

2 UK-Environmental Agency, 2004. Guidance on monitoring landfill gas surface emissions. EA guidelines_TGN07_Monitoring LFG surface emissions.pdf. Disponible sur : http://www.environment-agency.gov.uk/

3 Bietlot E., Collart C. (2012). Protocole et résultats de mesures de concentrations en methane au moyen de deux appareils de detection (conditions de laboratoire): comparaison de l'Inspectra Laser et de l'Ecoprobre. Rapport ISSeP 3558/2012, 17pp.

4 D'Or D. (2013). Modélisation et caractérisation des émissions surfaciques de biogaz sur les centres d'enfouissement techniques (C.E.T.) en Région wallonne – Traitement des données de la campagne de mesure de septembre 2012 sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert. Rapport technique Ephesia, 33 pp.

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

2 PHASE I : PHASE PRÉPARATOIRE

En préliminaire à chaque campagne d'investigation, l'ISSeP fait le recensement des données historiques disponibles relatives aux précedentes campagnes de mesures sur le site. Une rencontre avec l'exploitant est également programmée afin de mettre à jour les informations dont dispose l'Institut.

2.1 Données historiques

La Figure 1 donne le plan des installations telles que rencontrées au moment de la visite de l'ISSeP en décembre 2010.

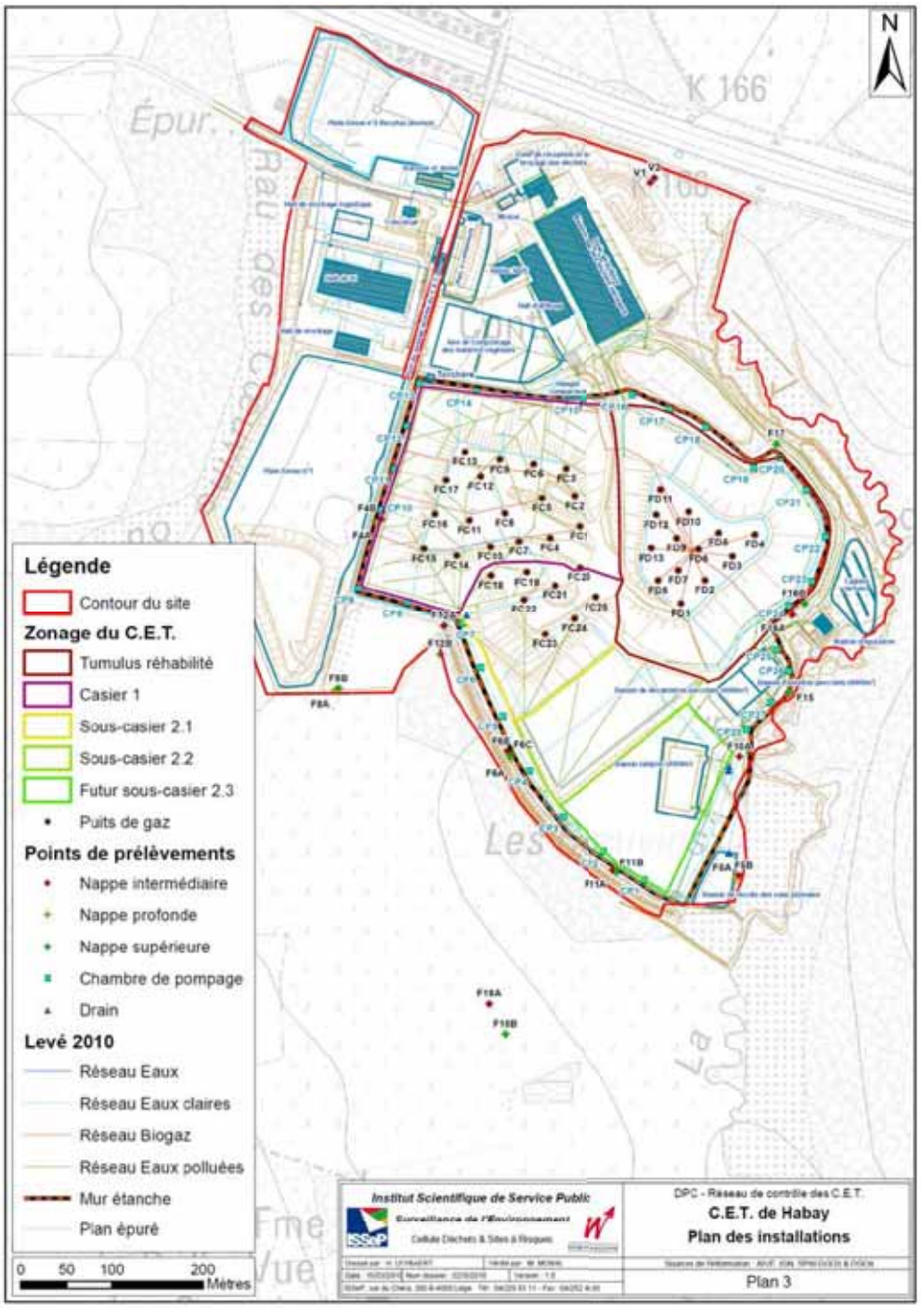


Figure 1 : Plan des installations – relevé ISSeP 2010
(Source : rapport Rapport ISSeP 235/2010)

Le site de Habay a fait l'objet de 3 campagnes de mesures des émissions surfaciques :

- En 2006 : tumulus réhabilité et casier 1 en exploitation (rapport ISSeP 115/2007),
- En avril 2009 : phase 1 du casier 2 en exploitation (casier 1 réhabilité provisoirement),
- En décembre 2009 : casier 2 en exploitation (rapport ISSeP 0235/2010 reprenant les résultats des deux journées de campagne de 2009).

La Figure 2 reprend les résultats des investigations d'avril et de décembre 2009 sur le casier 1 exploité pour le méthane.

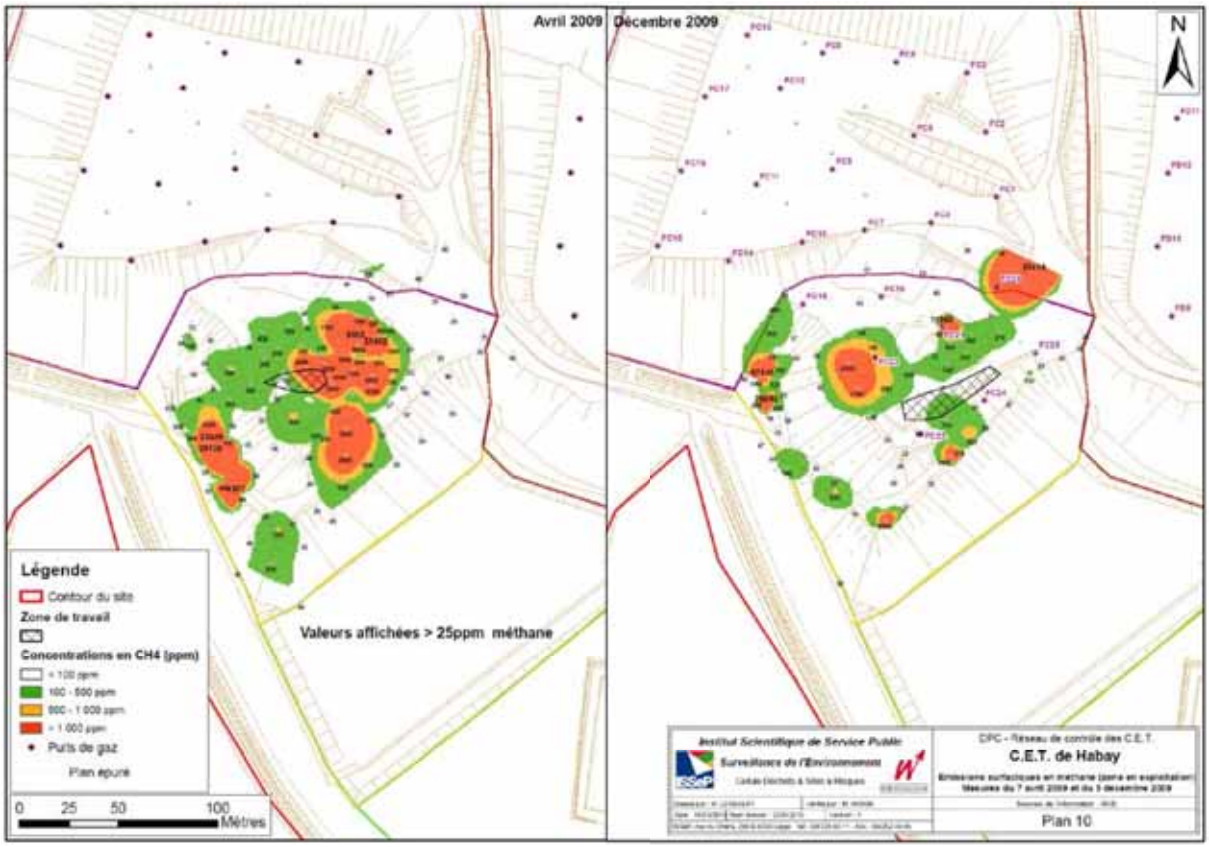


Figure 2 : Localisation des zones émissives en 2009 sur le casier 2
(Source : Rapport ISSeP 235/2010)

Lors de ces campagnes, les mesures effectuées sont des mesures de concentrations et les cartes qui résultent du traitement géostatistique (krigeage linéaire) localisent les isocontours de concentrations. Lors de la présente étude de 2013, il s'agit de mesures de flux de biogaz qui permettent non seulement de cartographier les zones d'isoflux mais aussi de quantifier le flux total de biogaz émis par le C.E.T.

2.2 Données récoltées auprès de l'exploitant

Avant d'entamer les mesures d'émissions surfaciques, l'ISSeP a rencontré les exploitants du C.E.T. afin de collecter les informations nouvelles relatives à l'exploitation du site. Cette entrevue s'est tenue le 06 mai dans les locaux de l'AIVE. Les modifications majeures sont listées ci-dessous :

- Les casiers 1, 2 et 3 ont été renommés en casiers A, B et C respectivement.
- Le tumulus, réhabilité définitivement et peuplé de saules afin de favoriser l'évapotranspiration, est équipé de 11 puits dont seulement 3 d'entre eux sont actuellement exploités. Il s'agit des puits centraux FD6, FD7 et FD9 (les plus proches du dispositif de collecte central).

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

- La production de biogaz sur le tumulus est passée de 100 m³/h en 2009 à 30 m³/h en 2013. La teneur en méthane du biogaz est du même ordre de grandeur (58% *vs* 55%).
- En 2011, le talus boisé à l'est du tumulus a subi deux glissements de terrain, en vis-à-vis des chambres de pompage CP19 et CP24. La membrane étanche n'a pas été altérée. Des baches lestées par des pneus ont été déposées aux endroits affectés.
- Le casier A est réhabilité provisoirement. Il a été recouvert de terre et ensemencé (herbe). Afin de favoriser la pousse, le sol est arrosé régulièrement. L'idée de l'enherbage est de comparer le pouvoir d'évapotranspiration de ce type de couverture définitive par rapport à la saulaie plantée sur le tumulus réhabilité.
- La production de biogaz dans le casier A (anciennement casier 1) tourne toujours autour de 400 m³/h. Les 17 puits de gaz (FC1 à FC17) sont raccordés mais ils ne fonctionnement pas nécessairement simultanément. Leur exploitation est modulée en fonction de la production de biogaz au sein du massif et de la composition en méthane à réaliser en entrée de l'unité de valorisation.
- Le casier B est en fin d'exploitation. Des dépôts ponctuels de déchets (cendres) y sont encore réalisés en 2 zones. Sa capacité d'accueil résiduelle est faible. La zone restant à combler a été aménagée en chemin d'accès au casier C dont l'exploitation a débuté dernièrement (en contrebas, au sud du site).
- Le casier B est équipé de 8 puits de gaz (FC18 à FC26) raccordés mais non encore exploités.
- Le casier C accueille les types de déchets suivants :
  - des cendres de chaudières,
  - les refus issus de la préparation des combustibles de substitution. En 2012, un crible spécifique a été acheté visant à réduire encore la part de refus à mettre en C.E.T.,
  - les fines de la dalle de concassage des déchets inertes de la construction (Recylux),
  - des déchets d'asbeste-ciment et d'amiante (en big bags).
- En 2012, 32 195 tonnes de déchets ont été mises en C.E.T. A titre indicatif, à la fin des années 1990, le tonnage annuel enfouis atteignait 200 000 tonnes. Les déchets enfouis en 2012 sont par ordre d'importance en poids : le refus du tri mécanique de la prépration du combustible, les fines de Recylux, les cendres et enfin l'amiante.
- Le moteur à gaz (450 kW) est toujours opérationnel.

2.3 Observations de terrain

Lors des journées de mesures de terrain, les observations suivantes ont été réalisées par l'ISSeP :

- Certaines zones au somment du tumulus sont marécageuses et ne peuvent faire l'objet de mesures de concentrations ou de flux (06/05) ;
- La zone de versage en mai-juin 2013 correspond au casier C ;
- La fréquence des arrivages est relativement faible ;
- La zone de talus au sud du tumulus réhabilité est rendue inaccessible en raison de l'abondace de la végétation.

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

3 PHASE II : STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

Comme déjà mentionné plus haut, la méthodologie appliquée depuis 2009 pour les mesures de terrain et le traitement des données (voir fiche technique "CET-air02-méthodes") a été adaptée afin d'y intégrer un nouvel apparail de détection du méthane, l'Inspectra® laser. Dès lors que ce détecteur dispose d'une gamme totale de détection et de quantification du méthane (de 1 ppm jusqu'à 100% volumique), il s'est imposé comme incontournable pour les mesures sur les zones historiquement qualifiées de non émissives avec l'Ecoprobe5®, dont la limite de détection pour le méthane est de 300 ppm. Le protocole mis au point pour cette campagne vise plusieurs objectifs :

- La confirmation de l'absence de dégazage dans les zones historiquement qualifiées de non emissives au sens de l'Ecoprobe5 ®, grace aux mesures avec l'Inspectra® Laser ;
- La comparaison des réponses respectives de l'Inspectra® Laser et de l'Ecoprobe5® vis-à-vis des zones plus ou moins émissives ;
- La cartographie des flux de méthane mesurés par l'Inspectra® Laser et par l'Ecoprobe5® et la cartographie des flux de CO_2 et d'hydrocarbures totaux (TP) mesurés avec l'Ecoprobe5® afin de localiser les zones de faiblesses sur les couvertures finales (tumulus) ou provisoires ;
- L'estimation du flux global moyen pour le méthane, le CO_2 et les TP (flux surfacique en ml/m²/s) et l'estimation du flux global total pour la zone d'étude, soit la totalité du C.E.T. (en ml/s).

A l'instar de la campagne effectuée à Mont-Saint-Guibert, toute les mesures de flux à Habay ont été réalisées avec la chambre de flux dynamique (chambre Ineris) équipée des deux détecteurs. L'Inspectra® Laser et l'Ecoprobe5® ont été connectés en parallèle au moyen de deux systèmes externes de recircualtion. La cloche Odotech, qui permettait des mesures de concentrations pouvant être assimilées à des mesures de flux simplifiées, n'a pas été utilisée lors de cette campagne.

3.1 Mode opératoire

Pour la réalisation du plan d'échantillonnage, la méthodologie suivante a été adoptée :

- Visite du site et prise de mesures GPS pour délimiter des zones d'étude, les zones homogènes (topographie, couverture, activité, …) ;
- Réalisation d'un transect au moyen de l'Inspectra® Laser connecté à une canne de prélèvement (mesures de concentrations instantanées tous les 10 mètres en suivant un tracé rectiligne sur une zone et géoréférencement des points de mesure) au niveau du tumulus et des casiers A et B afin de :
  - Confirmer/infirmer l'absence de dégazage dans les zones historiquement qualifiées de non émissives,
  - Mettre en évidence d'éventuelles zones émissives non recensées lors de la dernière campagne de 2009,
  - Vérifier la persistance ou la disparition des zones émissives repérées en 2009.
- Délimitation des zones homogènes à investiguer à l'aide d'un programme de cartographie (Arcgis) et distinction de deux types de zones :
  - Les zones nouvelles mises en évidence grâce au transect,
  - Les zones émissives repérées lors de la dernière campagne de 2009 et dont la délimitation peut être adaptée suite aux observations de terrain relevées lors du transect ;
- Détermination du nombre de points de mesures de flux à implanter dans chaque zone selon le protocole établi dans le document de référence (la densité de points à implanter est d'autant plus élevée que la taille de la zone est petite) ;

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

- Génération de cartes avec répartition aléatoire des points de mesure au sein des différentes zones à l'aide d'un logiciel cartographique.

Si la génération aléatoire des points laisse de trop grandes zones non investiguées, des points sont déplacés ou ajoutés manuellement afin que l'ensemble de la zone soit investigué.

Par mesure de sécurité, le nombre de points prévu dans le plan d'échantillonnage a été majoré de 50% par rapport aux prescriptions de l'UK-EA.

Par ailleurs, des mesures de flux ont été réalisées à proximité d'une selection aléatoire de puits de gaz.

3.2 Réalisation du transect

Afin de vérifier que les zones considérées comme non émissives lors de la campagne 2009 le sont toujours, un transect avec l'Inspectra connecté une canne-cloche (diamètre de 10 cm) a été réalisé sur l'ensemble du dôme. Cette méthode permet de balayer une grande zone rapidement pour détecter de nouvelles fuites éventuelles.

La réalisation du transect s'est déroulée sur trois journées :

- Le 06 mai sur le tumulus réhabilité,
- Le 27 mai et le 4 juin sur le casier A et ses talus.

Le casier B n'a pas fait l'objet d'un transect dès lors qu'il est prévu de la considéré d'emblée comme émissif.

Au total pour ces trois jours, 374 mesures de concentrations en méthane ont été réalisées. Chaque point de mesure a été géoréférencé au moyen d'un GPS de terrain. Le détail des coordonnées des points de mesure ainsi que la valeur maximale mesurée en CH_4 sont repris en Annexe 1 .

Le tracé du transect et la localisation des points de mesures sont repris sur le Plan 1.

3.3 Plan d'échantillonnage : zones homogènes et implantation des flux

Sept zones émissives ont été délimitées sur base des résultats de la campagne 2009 et sur base du transect de mai-juin 2013. L'emplacement des zones d'investigations ainsi définies est rensigné au Plan 2. La superficie de chaque zone, de même qu'une brève description de chacune d'elle, sont reprises au Tableau 1.

En suivant la méthodologie adoptée précédemment sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert , le plan d'échantillonnage prévoit 96 mesures de flux réparties sur les 7 zones d'investigation.

Les puits de dégazage, qui constituent généralement des zones de faiblesses et donc de dégazage préférentiel, ont par ailleurs fait l'objet de mesures au sol à moins d'un mètre du tubage (zone annulaire). Il a été convenu de réaliser un maximum de ces mesures dans les limites d'une journée de travail. Les résultats de ces mesures ont ensuite été extrapolés aux autres puits de gaz.

A l'aide d'un logiciel de cartographie, les points sont implantés aléatoirement au sein de chacune des zones. Chaque point est localisé sur site à l'aide d'un GPS de précision et fait l'objet d'une mesure de flux. Si le point est inaccessible ou ne permet pas de réaliser une mesure de qualité pour des raisons techniques (végétation, couverture étanche,…) la mesure est réalisée au plus près du point d'implantation théorique. La position des mesures réelles de flux est donnée au Plan 3.

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

Tableau 1 : Description des zones émissives et détermination du nombre de flux/zone

Zone	Description	Surface (ha)	Nbre flux préconisé par l'UK-EA	Nbre flux ISSeP	Densité flux (Nbre/ha)
1	Talus nord casier A	0,0246	1	**2**	81
2	Talus nord casier A	0,0675	2	**3**	44
3	Talus sud casier A	1,0385	15	**23**	22
4	Talus nord-ouest casier A	0,2204	7	**11**	50
5	Tumulus réhabilité	0,1426	5	**8**	56
6	Casier B	1,8797	21	**32**	17
7	Pourtour rigoles casier A	0,3392	11	**17**	50
		Total	62	**96**	

La localisation des points d'implantation de mesures du plan d'échantillonnage théorique est présentée au Plan 2.

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

4 PHASE III : MESURES DE FLUX

Les mesures sur site ont été réalisées en 5 jours, du 06 mai 2013 au 10 juillet 2013. Les journées du 06 mai, du 27 mai et du 4 juin ont été consacrées à la réalisation des transects. Les mesures de flux dans les zones investiguées ont été réalisées le 3 juin et le 10 juillet et celles aux puits de gaz le 4 juin. Le détail des coordonnées des points de mesure ainsi que la valeur de flux moyenne en CH_4 sont repris en Annexe 2.

4.1 Mode opératoire

Pour la prise de mesure de flux, la méthodologie suivante a été adoptée :

A l'aide d'un GPS de grande précision, les points théoriques implantés aléatoirement par un logiciel de cartographie sont localisés sur le site afin d'y effectuer une mesure de flux. Lorsque l'emplacement d'un point théorique ne permet pas la prise de mesure (végétation trop dense, couverture étanche, couverture trop hétérogène, passage de camions, …), celle-ci est réalisée dans ses environs immédiats.

La mesure de flux est ensuite réalisée au moyen de la chambre de flux à laquelle sont connectés les deux analyseurs (Ecoprobe et Inspectra laser) par deux systèmes distincts de tuyauteries (voir point 4.2).

En plus des points préconisés par le plan d'échantillonnage, des mesures de flux sont réalisées à proximité d'une sélection de puits de gaz. L'étude réalisée à Mont-Saint-Guibert a en effet démontré que la zone annulaire de ces puits représentait des zones de convection préférentielles du biogaz. A elles seules, les zones émissives localisées autour des puits peuvent induire une augmentation de plus de 60% du flux moyen global calculé sans tenir compte des données collectées aux puits de gaz.

Eventuellement, des points de mesures supplémentaires peuvent être ajoutés en fin de campagne dans des zones émissives jugées insuffisamment investiguées.

4.2 Appareils de mesures

Les mesures de flux sont réalisées à l'aide de la chambre de flux dynamique Ineris sur laquelle sont connectés, en parallèle :

- L'Ecoprobe5® (détecteur infrarouge) pour les mesures du CH_4, CO_2 et des hydrocarbures totaux (Total Petroleum, TP) ;
- L'Inspectra® laser (détection par technologie laser) pour la mesure du CH_4.

Ces deux appareils disposent chacun d'une pompe intégrée qui prélève et réinjecte l'air dans la chambre de flux une fois celui-ci analysé. Les deux analyseurs sont qualifiés de non destructifs dès lors que toutes les substances analysées présentes dans le biogaz sont réintroduites dans le système, sans modification de leur nature. Ce montage permet de réaliser des mesures distinctes qui sont des doublons parfaits

La Figure 3 illustre le montage utilisé pour les mesures de flux.

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

Figure 3 : Chambre de flux dynamique à laquelle sont connectés l'Inspecra® Laser et l'Ecoprobe5®

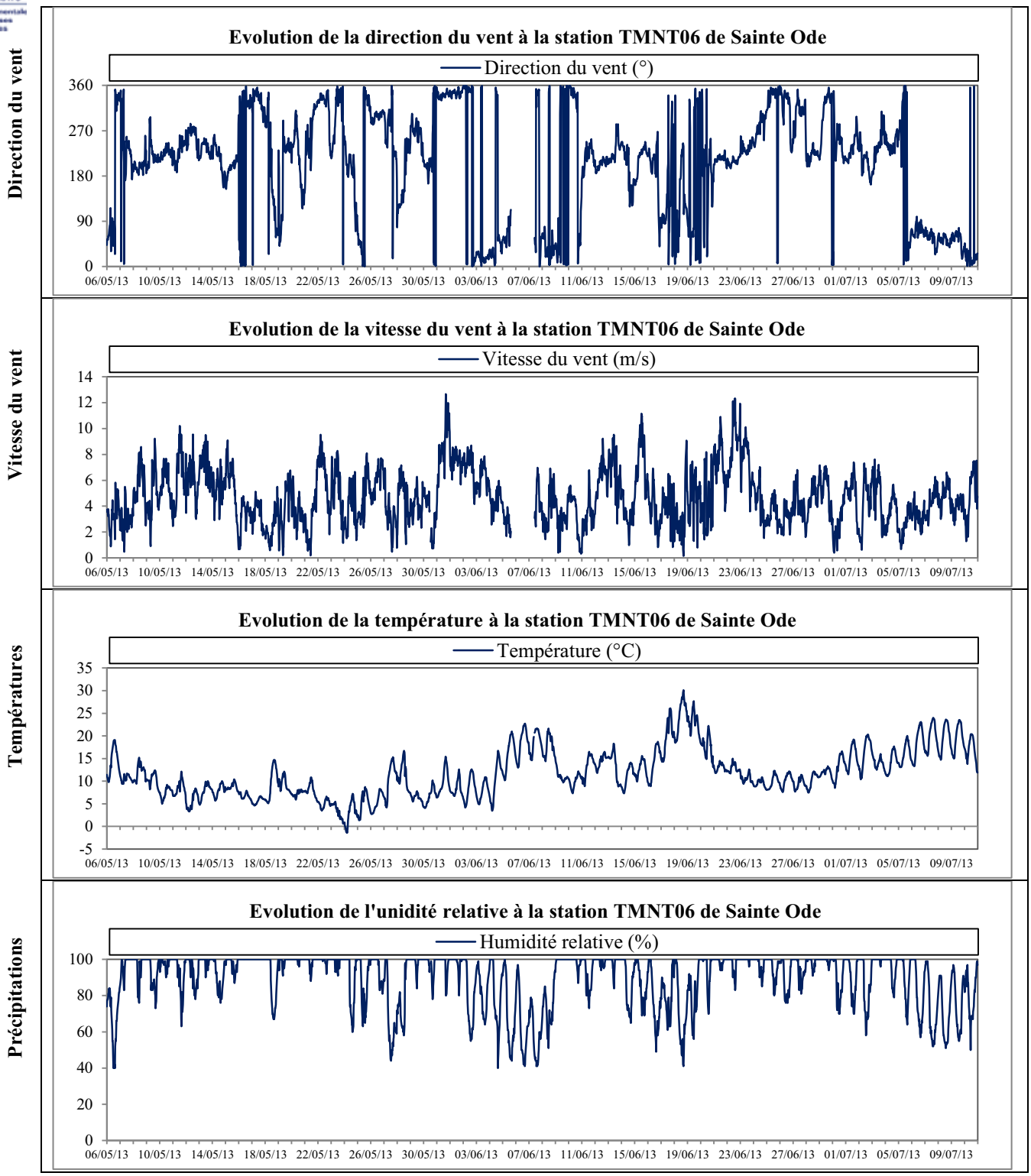
4.3 Données météorologiques

Les données météorologiques ont été enregistrées par la station météorologique de Saint-Ode, située à 40 km au nord du C.E.T. de Habay. Celles–ci sont présentées sous forme de graphiques à la Figure 4.

Pour résumer, les journées de mesures étaient marquées par un temps généralement très peu venteux, sec et assez stable. La moyenne des températures variait entre 10°C et 15°C, mais avec des pics en journée pouvant dépasser 25 °C (06/05 et 10/07).

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

Figure 4 : Données météorologiques



Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

4.4 Résultats des mesures de flux

Au total, 127 mesures de flux au moyen de l'Ecoprobe et de l'Inspectra laser connectés à la chambre Ineris ont été réalisées :

- 97 sur le C.E.T. et le tumulus
- 30 mesures autour des puits de gaz.

Dans le cadre d'une collaboration avec l'ULg relative à une étude comparative des mesures de flux au moyen de différentes chambres de flux, 10 mesures ont été effectuées avec la chambre Ineris de l'ISSeP connectée à l'Ecoprobe uniquement.

Les données relatives au transect (mesures de concentrations) ont été présentées au point 3.2. et sont fournies en Annexe 1 et au Plan 1.

Les données relatives aux mesures de flux sont reprises aux Plan 2 et Plan 3 et en Annexe 2 pour l'Ecoprobe. Pour des questions pratiques, les données relatives aux mesures effectuées avec l'Inspectra ne font pas partie de ce rapport. Elles sont disponibles sur demande à l'ISSeP. Le Tableau 2 détaille le nombre de mesures effectuées lors de chaque journée de la campagne.

Tableau 2 : Détail du nombre et de la nature des mesures effectuées pour chaque journée

Dates	Codes échantillons		Zones de mesure		Remarques
	Journée (X)	mesures (Y01 à Yxx)		Nbr mesures	
6-mai-13	X1	Y1-Y152	Tumulus Casier C	152	Transect (mesures de concentration)
27-mai-13	X2	Y1-Y162	Casiers A et B	149	Transect
3-juin-13	X3	Y3-Y68	Tous le site	66	Mesures flux C.E.T.
4-juin-13	X4	Y1-Y30	Puits de gaz (PG)	30	Mesures flux zone annulaire PG
4-juin-13	X5	Y1-Y73	Ouest et sud du casier A	73	Transect complémentaire
10-juillet-13	X6	Y1-Y7 et Y26-Y28	Andains compost	10	Collaboration ULg
10-juillet-13	X6	Y8-Y25 et Y29-Y35	Compléments casiers A et C	25	Mesures flux C.E.T.
10-juillet-13	X6	Y35-Y40	Complément Casier B	6	Mesures flux C.E.T. (uniqument Inspectra)

La correspondance entre les noms des puits de gaz et les codes des points de mesure est présentée en Annexe 2b.

En raison d'une végétation trop dense et au vu des résultats de la précédente campagne dans la partie est du site, les investigations ont été limitées à la réalisation d'un transect sur le sommet du tumulus réhabilité (voir Plan 1). Exception faite de la zone 5, aucune zone émissive n'a été mise en évidence sur le tumulus réhabilité (voir Plan 2) et donc aucune mesure de flux n'a été réalisée dans cette partie du site. En dehors des 7 zones de dégazage définies au Tableau 1 et localisées aux Plans 2 et 3, aucune autre perte de méthane à travers la couverture n'a été mise en évidence lors du transect à l'exception des annulaires autour des puits de gaz qui présentaient des concentrations parfois très importantes.

E. Bietlot
Attachée,
Cellule Déchets et sites à risques

D. Dosquet
Attachée,
Cellule Déchets et sites à risques

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

Plan 1 : Localisation du tansect (mesures de concentration en) et des points de dégazage

Plan 2 : Zones d'investigation et implantation théorique des flux

Plan 3 : Localisation des points de mesures des flux

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

Annexes

Annexe 1 : Synthèse des données récoltées lors du transect

(3 pages)

Annexe 2 : Synthèse des données de mesure de flux (Ecoprobe)

(3 pages)

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

Annexe 1 : mesures de la teneur CH_4 à la canne cloche avec Inspectra laser-coordonnées GPS

NOM point	X	Y	CH4_max
puits1	241577,481	43612,077	0
x1y01	241585,798	43594,245	0
x1y02	241598,559	43606,392	0
x1y03	241609,358	43615,966	0
x1y04	241620,821	43627,256	0
x1y05	241631,364	43637,371	0
x1y06	241635,816	43633,404	0
x1y07	241639,631	43644,372	0
x1y08	241649,862	43652,997	0
x1y09	241659,948	43662,81	0
x1y10	241670,596	43672,554	0
x1y100	241705,8026	43754,04103	0
x1y101	241699,2717	43761,82335	0
x1y102	241690,6434	43766,79973	0
x1y103	241674,481	43768,18667	0
x1y104	241655,5066	43765,10639	0
x1y105	241655,0599	43738,1838	0
x1y106	241654,6149	43711,36482	0
x1y107	241645,9788	43704,59148	0
x1y108	241636,8983	43681,73143	0
x1y109	241607,4766	43689,56311	0
x1y11	241674,101	43664,906	0
x1y110	241595,8137	43676,43975	0
x1y111	241610,2008	43661,36004	0
x1y112	241626,3418	43644,44204	0
x1y113	241604,9154	43638,12801	0
x1y114	241609,9954	43623,52298	0
x1y115	241598,422	43614,48617	0
x1y116	241583,3254	43623,73465	0
x1y117	241586,3702	43645,16114	0
x1y118	241589,0404	43663,9514	0
x1y119	241615,9268	43685,26851	0
x1y12	241679,441	43659,943	0
x1y120	241624,8121	43703,74481	0
x1y121	241606,1854	43714,32816	0
x1y122	241588,5984	43730,07261	0
x1y123	241572,8535	43743,07891	0
x1y124	241582,4381	43725,5696	0
x1y125	241588,2149	43711,57649	0
x1y126	241589,008	43694,91088	0
x1y127	241589,8871	43676,43975	0
x1y128	241574,647	43686,17644	0
x1y129	241559,8894	43702,68494	0
x1y13	241687,362	43654,962	0
x1y130	241549,6703	43714,1165	0
x1y131	241545,6486	43716,44484	0
x1y132	241545,6698	43702,89814	0
x1y133	241543,5329	43690,07657	0
x1y134	241541,2248	43676,22809	0
x1y135	241560,6987	43674,3556	0
x1y136	241585,2516	43671,99475	0
x1y137	241578,9015	43663,10473	0
x1y138	241562,6837	43648,91408	0
x1y139	241543,3415	43631,98967	0
x1y14	241694,158	43650,376	0
x1y140	241540,5862	43638,54983	0
x1y141	241539,1081	43656,96638	0
x1y142	241533,6965	43686,44381	0
x1y143	241533,0813	43700,43328	0
x1y144	241537,6265	43714,7515	0
x1y145	241548,277	43723,84323	0
x1y146	241526,2021	43727,79654	0

NOM point	X	Y	CH4_max
x1y147	241523,2917	43711,12776	0
x1y148	241523,7055	43692,04143	0
x1y149	241524,0676	43668,85142	0
x1y15	241702,587	43644,992	0
x1y150	241524,8944	43650,20095	0
x1y151	241525,8581	43637,88565	0
x1y152	241539,1138	43630,42439	0
x1y16	241709,88	43640,544	0
x1y17	241714,536	43638,024	0
x1y18	241719,793	43635,971	0
x1y19	241725,314	43644,036	0
x1y20	241729,476	43657,093	0
x1y21	241734,156	43672,295	0
x1y22	241737,644	43687,412	0
x1y23	241735,743	43706,241	0
x1y24	241728,082	43723,051	0
x1y26	241408,441	43506,987	20
x1y27	241414,09	43513,502	0
x1y28	241416,079	43516,219	70
x1y29	241421,041	43523,805	35
x1y30	241429,832	43534,663	2200
x1y31	241438,483	43543,285	25
x1y32	241444,717	43550,038	16
x1y33	241451,735	43553,915	33
x1y34	241457,665	43560,395	23
x1y35	241463,38	43563,17	850
x1y36	241476,892	43574,443	2900
x1y37	241485,723	43578,888	580
x1y38	241489,494	43580,794	240
x1y39	241494,524	43584,689	5300
x1y40	241505,164	43587,044	30
x1y41	241515,281	43587,344	70
x1y42	241524,032	43580,483	2
x1y43	241522,608	43582,857	7
x1y44	241516,916	43587,119	3000
x1y45	241506,259	43587,982	26
x1y46	241502,303	43588,646	12500
x1y47	241496,73	43588,552	20400
x1y48	241489,39	43585,331	3500
x1y49	241474,454	43577,387	0
x1y50	241466,181	43572,837	12
x1y51	241460,688	43571,709	150
x1y52	241453,674	43565,761	820
x1y53	241447,887	43560,406	650
x1y54	241441,381	43554,771	1600
x1y55	241432,86	43548,428	100
x1y56	241425,582	43539,728	24
x1y57	241419,856	43531,073	11
x1y58	241415,43	43521,695	5
x1y59	241413,724	43517,212	5
x1y60	241415,756	43527,43	8
x1y61	241416,697	43529,962	7
x1y62	241418,116	43534,052	15
x1y63	241424,005	43541,494	49
x1y64	241429,215	43546,857	1570
x1y65	241436,562	43553,305	270
x1y66	241445,044	43560,879	4700
x1y67	241455,244	43568,807	250
x1y68	241463,702	43575,929	80
x1y69	241471,844	43587,362	20
x1y70	241482,274	43597,451	110
x1y71	241492,942	43607,412	130

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

NOM point	X	Y	CH4_max
x1y72	241504,988	43614,708	60
x1y73	241511,725	43612,29	120
x1y74	241511,555	43613,361	1750
x1y75	241505,48	43618,066	4
x1y76	241587,535	43594,503	3
x1y77	241572,776	43599,933	0
x1y78	241563,42	43601,969	3
x1y79	241552,295	43605,562	3
x1y80	241540,93	43608,896	3
x1y81	241528,668	43616,049	0
x1y82	241513,61	43622,97	20
x1y83	241498,694	43620,567	70
x1y84	241485,887	43613,16	20
x1y85	241473,053	43599,363	100
x1y86	241464,199	43587,52	40
x1y87	241455,032	43578,616	910
x1y88	241447,839	43571,75	80
x1y89	241439,669	43563,689	40
x1y90	241431,817	43555,21	60
x1y91	241422,612	43545,763	140
x1y92	241413,343	43534,511	8
x1y93	241409,838	43518,809	4
x1y94	241406,396	43504,012	4
x1y95	241519,715	43747,862	220
x1y96	241544,724	43751,141	4000
x1y97	241553,975	43736,546	0
x1y98	241536,166	43738,631	1100
x1y99	241717,1981	43739,22088	0
x2y01	241287,09	43670,159	3,4
x2y02	241290,847	43681,943	2,6
x2y03	241294,912	43694,019	2,6
x2y04	241298,348	43704,054	4,6
x2y05	241302,055	43714,306	3,8
x2y06	241306,424	43725,176	2,6
x2y07	241310,04	43736,162	2,6
x2y08	241314,232	43748,696	2,5
x2y09	241317,553	43759,828	3
x2y10	241320,843	43770,113	4,8
x2y100	241326,912	43623,783	60,3
x2y101	241314,609	43623,871	4,7
x2y102	241304,556	43624,407	57,8
x2y103	241293,437	43625,595	2,2
x2y104	241285,638	43626,548	1265
x2y105	241270,392	43630,986	50,3
x2y106	241254,093	43634,206	57000
x2y107	241249,392	43635,238	2,4
x2y108	241238,807	43640,679	4,5
x2y109	241234,028	43634,117	2,4
x2y10b	241321,7633	43770,92787	1400
x2y11	241325,305	43781,178	13
x2y110	241244,621	43629,145	2,1
x2y111	241261,811	43626,936	2,1
x2y111b	241269,9317	43623,93409	8000
x2y112	241283,313	43620,322	40
x2y113	241297,369	43616,338	4
x2y114	241312,129	43615,285	2,4
x2y115	241320,225	43610,616	223
x2y116	241351,255	43606,379	5,8
x2y117	241360,803	43619,381	17,6
x2y118	241370,061	43630,138	36,5
x2y119	241382,336	43631,609	32,5
x2y12	241330,154	43792,626	2,5

NOM point	X	Y	CH4_max
x2y120	241392,146	43636,26	55
x2y121	241398,486	43640,703	7
x2y122	241419,99	43682,567	8
x2y123	241424,064	43694,455	13,8
x2y124	241438,155	43707,693	16,4
x2y125	241465,238	43732,198	3,2
x2y126	241462,676	43752,941	2,7
x2y127	241449,375	43754,049	2,8
x2y128	241429,462	43755,988	3
x2y129	241424,035	43766,597	2
x2y13	241342,061	43790,17	2,4
x2y130	241409,421	43757,983	7,4
x2y131	241399,563	43762,373	1,7
x2y132	241379,854	43773,324	4
x2y133	241353,245	43778,093	1,8
x2y134	241346,533	43756,954	3,5
x2y135	241334,235	43739,004	1,8
x2y136	241334,231	43739,001	2,4
x2y137	241328,836	43711,831	1,9
x2y138	241334,355	43710,242	11,7
x2y139	241334,573	43689,604	2,7
x2y14	241353,12	43787,932	2,5
x2y140	241360,533	43690,582	2,3
x2y141	241374,374	43692,786	744
x2y142	241385,356	43703,114	5
x2y143	241402,933	43721,666	4,2
x2y144	241420,018	43702,002	4,5
x2y145	241431,837	43724,177	4
x2y146	241403,383	43746,261	1050
x2y147	241381,964	43740,552	2,5
x2y148	241475,74	43704,419	10,4
x2y149	241481,611	43705,948	3,4
x2y15	241364,356	43784,558	800
x2y150	241483,193	43718,26	3,6
x2y151	241481,787	43730,565	41
x2y152	241492,739	43698,947	2
x2y153	241502,539	43690,556	13
x2y154	241501,579	43675,639	2944
x2y155	241506,498	43669,726	18
x2y156	241508,757	43683,995	34
x2y157	241508,347	43712,563	6,5
x2y158	241508,64	43739,622	4
x2y159	241506,3	43758,721	12
x2y16	241368,999	43783,449	20
x2y160	241452,524	43671,503	3,5
x2y161	241417,367	43647,205	3,4
x2y162	241506,1954	43776,88722	2,4
x2y17	241379,812	43781,022	700
x2y18	241391,04	43778,868	38,5
x2y19	241406,177	43775,651	3,5
x2y20	241418,827	43773,184	2,4
x2y21	241432,27	43770,518	37,6
x2y21b	241435,2816	43771,50784	52
x2y22	241447,427	43767,484	3,1
x2y23	241453,86	43771,945	153
x2y24	241461,994	43777,298	10,3
x2y25	241451,335	43779,043	91,3
x2y26	241438,158	43784,071	15,1
x2y27	241426,293	43788,03	2,9
x2y28	241412,709	43791,655	3,2
x2y29	241394,047	43798,22	2,8
x2y30	241380,833	43801,452	3,5

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

NOM point	X	Y	CH4_max
x2y31	241359,912	43808,055	3,5
x2y32	241347,609	43811,258	6
x2y33	241333,434	43814,955	60,3
x2y34	241318,078	43816,74	10,4
x2y35	241307,259	43823,412	24
x2y36	241327,26	43830,074	3,2
x2y37	241333,745	43832,722	36,6
x2y38	241349,318	43832,494	4,5
x2y39	241363,237	43827,377	3,2
x2y39b	241372,7238	43826,46558	3016
x2y40	241385,072	43824,518	3,4
x2y59	241237,822	43669,78	3,3
x2y60	241232,124	43652,231	50,2
x2y61	241239,319	43650,854	30,4
x2y62	241246,737	43663,545	125
x2y63	241252,036	43679,492	2,9
x2y64	241264,671	43697,853	81,2
x2y65	241271,105	43712,686	2000
x2y66	241276,254	43727,853	2,5
x2y67	241279,179	43751,687	240
x2y68	241288,646	43764,344	2,8
x2y69	241295,762	43785,935	2,9
x2y70	241298,123	43803,98	1200
x2y71	241293,508	43806,141	2,2
x2y72	241305,939	43818,486	5,8
x2y73	241314,903	43795,261	2,4
x2y74	241314,655	43789,051	6,6
x2y75	241307,978	43773,925	2,3
x2y76	241303,079	43762,069	1,9
x2y77	241297,278	43750,52	1,9
x2y78	241293,057	43739,593	3,4
x2y79	241290,015	43726,435	3
x2y80	241282,087	43703,163	5,2
x2y81	241277,658	43684,627	2,5
x2y82	241278,446	43669,221	2,2
x2y83	241410,026	43643,57	3
x2y84	241393,645	43655,306	4,6
x2y85	241364,391	43663,512	7,4
x2y86	241343,813	43663,5	2,7
x2y87	241327,837	43666,019	2,7
x2y88	241306,798	43668,359	4
x2y89	241301,551	43670,96	274
x2y89b	241302,8222	43670,06521	1400
x2y90	241288,585	43668,607	4,8
x2y91	241288,354	43659,449	4,2
x2y92	241300,833	43654,533	5,2
x2y93	241310,196	43648,451	523
x2y94	241319,111	43645,576	112
x2y95	241330,85	43641,212	1909
x2y96	241342,981	43640,528	313
x2y97	241356,971	43633,488	16,8
x2y98	241353,763	43629,182	32,6
x2y99	241338,826	43627,589	2820
x5y01	241408,081	43833,216	12
x5y02	241396,235	43834,374	6
x5y03	241364,615	43840,006	3
x5y04	241344,64	43843,701	3
x5y05	241316,528	43847,363	12
x5y06	241291,358	43846,579	14
x5y07	241299,653	43839,43	3
x5y08	241312,382	43832,543	2,5
x5y09	241327,06	43826,891	2
x5y10	241339,048	43823,846	51

NOM point	X	Y	CH4_max
x5y11	241362,163	43818,658	530
x5y12	241372,406	43817,427	12000
x5y13	241384,802	43814,489	8,5
x5y14	241398,152	43813,901	3
x5y15	241413,739	43814,204	7,5
x5y16	241426,983	43808,973	10500
x5y17	241432,069	43807,046	350
x5y18	241441,602	43805,544	3
x5y19	241450,98	43806,12	1200
x5y20	241451,759	43811,831	1700
x5y21	241461,784	43806,14658	2,2
x5y22	241474,83	43799,97	2,5
x5y23	241481,671	43791,006	40
x5y24	241486,469	43777,158	14
x5y25	241483,522	43756,713	2
x5y26	241481,506	43746,822	2,5
x5y27	241483,043	43730,281	2,5
x5y28	241482,137	43711,744	2
x5y29	241473,232	43695,274	2,5
x5y30	241476,924	43725,668	8
x5y31	241475,907	43739,793	130
x5y32	241474,441	43754,873	1,5
x5y33	241474,956	43773,527	2
x5y34	241474,484	43780,597	1200
x5y35	241468,495	43789,279	200
x5y36	241450,749	43795,058	24
x5y37	241435,919	43796,299	670
x5y38	241430,946	43794,914	36
x5y39	241424,825	43796,529	155
x5y40	241409,29	43802,119	2,5
x5y41	241395,428	43805,522	2,5
x5y42	241381,38	43805,803	1,6
x5y43	241362,261	43807,47	2,7
x5y44	241342,138	43811,671	4
x5y45	241333,999	43811,636	4,5
x5y46	241323,288	43810,667	152
x5y47	241320,819	43816,083	2,5
x5y48	241321,297	43810,278	60
x5y49	241323,872	43797,793	54
x5y50	241329,458	43791,665	2,5
x5y51	241339,627	43791,429	2,5
x5y52	241356,807	43787,183	2,7
x5y53	241371,79	43783,63	2,2
x5y54	241388,439	43779,059	91
x5y55	241399,937	43776,395	3
x5y56	241412,917	43774,296	2
x5y57	241429,908	43770,99	12
x5y58	241451,31	43765,687	6,5
x5y59	241455,332	43744,743	2
x5y60	241470,977	43735,671	800
x5y61	241478,928	43738,423	52
x5y62	241489,212	43737,531	2,2
x5y63	241494,96	43733,87	2,6
x5y64	241491,098	43710,556	2,4
x5y65	241489,823	43690,887	2,7
x5y66	241492,329	43750,72724	2,8
x5y67	241493,0733	43769,25077	3
x5y68	241490,7635	43786,84704	2,2
x5y69	241487,3206	43802,43914	10
x5y70	241483,7805	43810,40434	2,5
x5y71	241479,7979	43817,92704	5
x5y72	241458,1148	43824,56471	3
x5y73	241439,0868	43827,6623	3,8

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

Annexe 2a : mesures de la teneur CH_4 (flux surfaciques) avec l'Ecoprobe-coordonnées GPS

Nom point	X	Y	Z	CH4moyen (ppm) Ecoprobe	Remarque
x3y03	241460,648	43558,867	358,511	24457	
x3y04	241451,258	43592,467	368,968	20007	
x3y05	241455,005	43596,321	368,779	96871	
x3y06	241438,49	43600,635	374,801	20474	
x3y07	241423,75	43582,572	371,588	20166	
x3y08	241412,321	43594,265	373,918	0	
x3y09	241400,4	43575,001	365,816	289611	
x3y10	241409,603	43501,034	353,27	0	
x3y11	241363,082	43547,881	352,15	0	
x3y12	241372,257	43564,251	355,645	0	
x3y13	241365,946	43579,543	356,864	0	
x3y14	241352,631	43599,798	356,543	0	
x3y15	241387,983	43611,58	369,534	0	
x3y16	241390,94	43617,564	372,317	0	
x3y17	241387,897	43622,796	372,365	0	
x3y18	241375,748	43621,467	367,243	0	
x3y19	241369,326	43643,742	373,612	0	
x3y20	241354,308	43640,171	367,905	0	
x3y21	241336,583	43639,24	367,39	252120	
x3y22	241333,332	43621,451	360,423	0	
x3y23	241326,718	43621,391	360,533	0	
x3y24	241291,813	43625,419	359,292	0	
x3y25	241286,89	43644,211	367,546	0	
x3y26	241293,425	43658,234	373,988	0	
x3y27	241301,183	43655,172	373,166	0	
x3y28	241312,769	43652,613	373,085	8733	
x3y29	241314,065	43659,338	375,559	0	
x3y30	241310,553	43663,952	377,274	0	
x3y31	241304,08	43673,069	378,649	0	
x3y32	241343,604	43674,014	378,723	0	
x3y33	241348,165	43673,66	378,741	0	
x3y34	241346,576	43681,815	379,373	0	
x3y35	241352,067	43679,407	379,19	0	
x3y36	241359,195	43677,56	378,956	0	
x3y37	241445,802	43667,59	379,73	0	
x3y38	241454,898	43683,606	377,215	0	
x3y39	241490,811	43689,492	372,884	0	
x3y40	241535,02	43734,616	373,075	0	
x3y41	241527,351	43748,639	368,845	0	
x3y42	241553,532	43741,515	376,483	0	
x3y43	241561,872	43738,658	376,675	0	
x3y44	241550,373	43755,521	376,492	0	
x3y45	241541,855	43770,559	372,906	0	
x3y46	241432,742	43767,232	378,686	0	
x3y47	241399,644	43778,903	377,611	0	
x3y48	241389,056	43776,643	378,245	1042	
x3y49	241388,285	43774,06	378,481	0	
x3y50	241321,91	43831,695	361,385	0	
x3y51	241316,243	43844,207	355,241	0	
x3y52	241291,86	43846,686	355,881	0	
x3y53	241276,74	43807,291	356,703	0	
x3y54	241285,378	43811,859	358,361	0	
x3y55	241290,141	43822,039	359,163	933	
x3y56	241310,889	43809,83	369,478	0	
x3y57	241318,378	43803,228	372,881	0	
x3y58	241323,3	43779,075	377,385	0	
x3y59	241316,3	43763,238	377,491	0	

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

Nom point	X	Y	Z	CH4moyen (ppm) Ecoprobe	Remarque
x3y60	241296,824	43708,2	377,282	0	
x3y61	241294,955	43696,383	377,849	0	
x3y62	241406,713	43667,074	379,62	0	
x3y63	241420,115	43679,547	379,837	0	
x3y64	241425,733	43667,928	379,87	7514	
x3y65	241407,64	43630,588	380,531	884361	
x3y66	241401,238	43624,778	378,937	0	
x3y67	241436,798	43631,049	381,531	0	
x3y68	241453,576	43638,699	381,381	0	
x6y1				660	Données compost, inutiles pour flux CET
x6y2				0	Données compost, inutiles pour flux CET
x6y3				0	Données compost, inutiles pour flux CET
x6y4				0	Données compost, inutiles pour flux CET
x6y5				5	Données compost, inutiles pour flux CET
x6y6				166	Données compost, inutiles pour flux CET
x6y7				195	Données compost, inutiles pour flux CET
x6y8	241441,7	43800,5	365,99	0	
x6y9	241437,1	43812,8	360,81	0	
x6y10	241451,2	43807,0	363,28	0	
x6y11	241440,0	43789,4	371,48	31	
x6y12	241429,5	43790,3	371,70	168	
x6y13	241354,2	43814,4	366,96	0	
x6y14	241359,2	43820,2	363,43	0	
x6y15	241368,8	43817,6	363,90	1304	
x6y16	241371,9	43817,6	363,78	3030	
x6y17	241369,4	43818,4	363,48	1297	
x6y18	241373,3	43815,8	364,59	0	
x6y19	241231,4	43632,2	355,31	0	
x6y20	241256,2	43624,4	354,41	0	
x6y21	241279,3	43616,3	354,89	3	
x6y22	241268,0	43631,5	359,90	5481	
x6y23	241271,1	43630,3	359,70	0	
x6y24	241267,3	43637,8	362,75	600	
x6y25	241262,8	43649,7	367,40	0	
x6y26				268	Données compost, inutiles pour flux CET
x6y27				0	Données compost, inutiles pour flux CET
x6y28				646	Données compost, inutiles pour flux CET
x6y29	241395,1	43501,5	353,38	564	
x6y30	241392,4	43521,2	356,32	140	
x6y31	241384,3	43538,1	357,09	2952	
x6y32	241397,5	43550,3	359,76	447	
x6y33	241415,3	43557,6	364,32	0	
x6y34	241447,8	43559,3	362,10	1218	
x6y35	241492,4	43584,1	360,07	1312	
x6y36	241498,9	43587,2	359,80		pas de mesures ecoprobe mais inspectra seul
x6y37	241508,3	43597,8	362,20		pas de mesures ecoprobe mais inspectra seul
x6y38	241498,1	43593,8	362,45		pas de mesures ecoprobe mais inspectra seul
x6y39	241489,1	43589,9	362,43		pas de mesures ecoprobe mais inspectra seul
x6y40	241431,2	43535,4	357,50		pas de mesures ecoprobe mais inspectra seul
x6y41	241416,9	43516,6	355,49		pas de mesures ecoprobe mais inspectra seul

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

Annexe 2b : mesures de la teneur CH4 (flux surfaciques) au niveau des puits avec l'Ecoprobe-coordonnées GPS

NOM Point	X	Y	Z	puits	CH4 moyen (ppm)
x4y01	241404,744	43647,459	380,43	FC19	0
x4y02	241436,953	43630,757	381,513	FC21	0
x4y03	241483,278	43618,22	372,153	FC25	89191
x4y04	241457,257	43595,468	368,269	FC24	250579
x4y05	241424,619	43577,224	369,039	FC23	0
x4y06	241402,326	43614,783	376,159	FC22	0
x4y07	241365,783	43643,544	373,24	FC18	0
x4y08	241364,739	43675,586	378,764	FC10	2349
x4y09	241326,929	43665,749	377,824	FC14	4162
x4y10	241292,37	43673,281	378,201	FC15	89,6
x4y11	241304,007	43710,302	378,081	FC16	0
x4y12	241316,092	43749,881	377,897	FC17	0
x4y13	241336,651	43779,86	377,548	FC13	0
x4y14	241355,071	43753,407	380,06	FC12	0
x4y15	241341,24	43703,452	379,79	FC11	0
x4y16	241380,886	43711,85	380,746	FC8	0
x4y17	241422,463	43730,352	380,567	FC5	4850
x4y18	241463,811	43697,801	378,331	FC1	0
x4y19	241394,785	43681,851	378,795	FC7	0
x4y20	241552,289	43637,171	377,207	FD8	0
x4y21	241573,901	43649,529	378,159	FD7	0
x4y22	241572,038	43685,169	378,288	FD9	0
x4y23	241549,797	43710,063	377,262	FD12	25631
x4y24	241554,473	43738,464	376,585	FD11	31181
x4y25	241586,156	43712,529	377,665	FD10	0
x4y26	241618,697	43690,776	377,988	FD5	0
x4y27	241659,045	43688,958	376,53	FD4	0
x4y28	241633,348	43664,278	377,373	FD3	0
x4y29	241603,618	43638,098	377,356	FD2	2430
x4y30	241577,11	43612,453	376,614	FD1	615123

Remarque : le présent rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sans accord de l'Institut.

Annexe 2 : Modélisation et caractérisation des émissions surfaciques de biogaz sur les Centres d'Enfouissement Techniques (C.E.T.) en Région wallonne - Traitement des données de la campagne de mesures de mai – juillet 2013. Note de synthèse Ephesia Consult)

(35 pages)

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Modélisation et caractérisation des émissions surfaciques de biogaz sur les Centres d'Enfouissement Techniques (C.E.T.) en Région wallonne

Traitement des données de la campagne de mesures de mai – juillet 2013 sur le C.E.T. de Habay

Note de synthèse

16 Décembre 2013

VERSION FINALE

Auteur : Dimitri D'Or

Table des matières

Table des Figures 3
Table des Tableaux 5
1. Introduction 6
2. Brève Description du C.E.T. de Habay 7
3. Description des données disponibles 8
4. Méthodologie d'estimation du flux global moyen 15
5. Résultats 17
5.1 Comparaison entre les mesures Ecoprobe et Inspectra pour le CH_4 17
5.1.1 Comparaison des courbes temporelles de concentration 17
5.1.2 Comparaison des statistiques sur les flux mesurés 17
5.2 Statistiques sur les données 20
5.3 Variogrammes 22
5.4 Cartes de simulation 25
5.5 Incorporation des données de puits 31
5.5.1 Cartographie des mesures aux puits 31
5.5.2 Statistiques sur les données de puits 32
5.6 Estimation du flux global moyen et du flux global total 33
6. Commentaires finaux 35

Table des Figures

Figure 1 : Plan du site tel que rencontré lors de la campagne de 2010 (Source : Rapport ISSeP 235/2010) 7

Figure 2 : Localisation du transect CH_4 et des points de dégazage. (Source : t Rapport ISSeP 1900/2013) 8

Figure 3 : Plan du site avec le contour du C.E.T. (en rouge) et des casiers (en bleu). En vert, les zones considérées comme émissives. En rouge, la zone de versage. Les points noirs correspondent aux mesures du transect, les points rouges aux mesures de flux près des puits et les points bleus aux mesures de flux. 9

Figure 4 : Cartographie des mesures Ecoprobe de flux en CO_2. La couleur des points est fonction de la valeur mesurée. Les mesures auprès des puits ont un triangle pour symbole. Flux en ml/m²/sec. 11

Figure 5 : Cartographie des mesures Ecoprobe de flux en TP. La couleur des points est fonction de la valeur mesurée. Les mesures auprès des puits ont un triangle pour symbole. Flux en ml/m²/sec. 12

Figure 6 : Cartographie des mesures Ecoprobe de flux en CH_4. La couleur des points est fonction de la valeur mesurée. Les mesures auprès des puits ont un triangle pour symbole. Flux en ml/m²/sec. 13

Figure 7 : Cartographie des mesures Inspectra de flux en CH_4. La couleur des points est fonction de la valeur mesurée. Les mesures auprès des puits ont un triangle pour symbole. Flux en ml/m²/sec. 14

Figure 8 : Position (en rouge) des données fictives à valeur nulle ajoutées dans la zone non émissive. En bleu, les mesures à la chambre de flux. 16

Figure 9 : Comparaison des courbes temporelles de concentration en CH_4 entre l'Ecoprobe et l'Inspectra pour quelques points. 18

Figure 10 : Relation entre les mesures de flux en CH_4 réalisées avec l'Ecoprobe et l'Inspectra. La couleur est proportionnelle au coefficient R^2 de la droite de régression ayant servi à estimer les flux à partir des courbes temporelles de concentration. La droite noire représente la bissectrice et la droite verte la régression des mesures de flux Inspectra sur les mesures Ecoprobe. 19

Figure 11 : Relation entre les mesures de flux en CH_4 réalisées avec l'Ecoprobe et l'Inspectra – zoom sur les valeurs de flux inférieures à 5 ml/m²/sec. La couleur est proportionnelle au coefficient R^2 de la droite de régression ayant servi à estimer les flux à partir des courbes temporelles de concentration. La droite noire représente la bissectrice et la droite verte la régression des mesures de flux Inspectra sur les mesures Ecoprobe. 19

Figure 12 : Histogrammes des valeurs non transformées de flux pour le CO_2, le CH_4 et le TP mesurés par Ecoprobe, ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra. Flux en ml/m²/sec. 21

Figure 13 : Histogrammes des valeurs transformées gaussiennes de flux pour le CO_2, le CH_4 et le TP mesurés par Ecoprobe, ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra. Flux en ml/m²/sec. 21

Figure 14 : Variogrammes des valeurs transformées de flux Ecoprobe pour le CO_2 (en haut à gauche), le CH_4 (2ème ligne à gauche), et les TP (3ème ligne à gauche). Le variogramme sur la ligne du bas est celui du CH_4 mesuré par Inspectra. Les variogrammes hors de la diagonale représentent les variogrammes croisés. En bleu, les points expérimentaux. En rouge, le modèle ajusté, constitué d'un effet de pépite et de deux structures exponentielles. 24

Figure 15 : Cartographie des flux de CO_2 mesurés par Ecoprobe estimés par cosimulation colocalisée. En haut, valeur moyenne sur l'ensemble des réalisations (flux en ml/m²/s); en bas, variance sur l'ensemble des réalisations (en (ml/m²/sec)²). 26

Figure 16 : Cartographie des flux de TP mesurés par Ecoprobe estimés par cosimulation colocalisée. En haut, valeur moyenne sur l'ensemble des réalisations (flux en ml/m²/s); en bas, variance sur l'ensemble des réalisations (en (ml/m²/sec)²). 27

Figure 17 : Cartographie des flux de CH_4 mesurés par Ecoprobe estimés par cosimulation colocalisée. En haut, valeur moyenne sur l'ensemble des réalisations (flux en ml/m²/s); en bas, variance sur l'ensemble des réalisations (en (ml/m²/sec)²). 28

Figure 18 : Cartographie des flux de CH_4 mesurés par Inspectra estimés par cosimulation colocalisée. En haut, valeur moyenne sur l'ensemble des réalisations (flux en ml/m²/s); en bas, variance sur l'ensemble des réalisations (en (ml/m²/sec)²). 29

Figure 19 : Cartographie des flux Ecoprobe de CO_2, CH_4 et TP et flux CH_4 Inspectra simulés pour la réalisation 23 (flux en ml/m²/s). 30

Figure 20 : Cartographie des mesures de flux auprès des puits pour l'Ecoprobe (CO_2, TP et CH_4) et l'Inspectra (CH_4) (flux en ml/m²/s). A côté de chaque puits est indiqué son numéro (référence ISSeP). 31

Table des Tableaux

Tableau 1 : Statistiques sur les données de flux pour le CO_2, le CH_4 et le TP mesurés par Ecoprobe ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra. Flux en ml/m²/sec. 20

Tableau 2 : Corrélations entre mesures de flux réalisées avec l'Ecoprobe et l'Inspectra. 20

Tableau 3 : Paramètres des modèles de variogrammes. CH_4^E symbolise le CH_4 mesuré par Ecoprobe et CH_4^I, le CH_4 mesuré par Inspectra. 23

Tableau 4 : Statistiques sur les données aux puits de flux et de pentes de concentration pour le CO_2, le CH_4 et le TP mesurés par Ecoprobe ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra. Flux en ml/m²/sec. 32

Tableau 5 : Statistiques des distributions de flux moyen global en CO_2, CH_4 et TP mesurés par Ecoprobe ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra. Unités : ml/m²/sec. 33

Tableau 6 : Statistiques des distributions de flux total pour le C.E.T. en CO_2, CH_4 et TP mesurés par Ecoprobe ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra. Unités : ml/sec. 34

1. INTRODUCTION

Ce document synthétise les résultats du traitement des données issues de la campagne de mesures réalisée en mai et juillet 2013 sur le C.E.T. de Habay. L'objectif de cette étude est de cartographier les flux de biogaz et d'estimer les flux moyens globaux et flux totaux à l'échelle du C.E.T. Les traitements statistiques et géostatistiques ont été réalisés suivant la méthodologie proposée dans l'offre en réponse à l'appel d'offre relatif au cahier des charges 06/11[1].

Comme cela avait déjà été le cas pour Mont-Saint-Guibert[2], cette méthodologie a cependant été légèrement modifiée pour valoriser les données apportées par l'appareil de mesure Inspectra, récemment acquis par l'ISSeP. Ainsi, les mesures rapides de concentration à la cloche Odotech ont été abandonnées. A côté des mesures de flux de CO_2, CH_4 et TP réalisées avec l'Ecoprobe et la chambre de flux, un certain nombre de mesures de flux de méthane ont été effectuées avec l'Inspectra et la chambre de flux.

Toutes les données utilisées sont regroupées dans les fichiers suivants repris sur le CDROM donné en annexe de ce rapport :

1. *zonage_coordXY.xls* contient les limites du C.E.T. et des casiers ;
2. *zones_flux_XY.xls* contient les limites des différentes zones investiguées ;
3. *zone_versage2013_XY.xls* contient les limites de la zone de versage ;
4. *HAB2013_Localisations_GPS.xls* contient les identifiants et coordonnées GPS de tous les points mesurés, y compris aux puits ;
5. *HAB2013_Données_Ecoprobe&GPS.xls* contient toutes les séries temporelles et les résumés statistiques fournis par l'Ecoprobe pour toute la campagne de mesure ;
6. *HAB2013_Données_Inspectra.xls* : contient toutes les séries temporelles des mesures réalisées avec l'Inspectra.
7. *HAB_fond_IGN-2.jpg* est le fond de carte utilisé pour les cartes produites dans ce rapport.

La suite du document est structurée de la façon suivante : la Section 2 décrit brièvement le C.E.T. de Habay, la Section 3 décrit les données disponibles, la Section 4 résume les méthodologies mises en œuvre et la Section 5 regroupe tous les résultats. Enfin la Section 6 conclut la note de synthèse par le commentaire des résultats et quelques recommandations.

[1] Offre ISSeP/201104001-v3 : Modélisation et caractérisation des émissions surfaciques de biogaz sur les Centres d'Enfouissement Techniques (C.E.T.) en Région Wallonne

[2] D'Or D. (2013). Modélisation et caractérisation des émissions surfaciques de biogaz sur les centres d'enfouissement techniques (C.E.T.) en Région wallonne – Traitement des données de la campagne de mesure de septembre 2012 sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert. Rapport technique Ephesia, 33 pp.

2. BRÈVE DESCRIPTION DU C.E.T. DE HABAY

Le C.E.T. de Habay est situé au sud de la commune de Habay dans la province du Luxembourg. Il est exploité depuis 1979 et a une capacité totale de 2.1 millions de m³. Il fait l'objet d'une surveillance depuis 2005 dans le cadre de la mission de contrôle des C.E.T. confiée par le Département de la Police et des Contrôles (DPC - DGO3) à l'ISSeP. Une description complète du C.E.T. peut être trouvée à l'adresse suivante :

http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/10hab/10_0C.htm

Le plan du C.E.T. est donné à la Figure 1.

La superficie totale du C.E.T. est d'environ 15.5 ha (155 000 m²). La zone concernée par l'étude englobe les zones investiguées et s'étend sur une superficie d'environ 7.45 ha (74 500 m²). Elle inclut les casiers A (ou 1) et B (ou 2.1) ainsi qu'une petite zone située à l'ouest du tumulus réhabilité. Le reste du C.E.T. est exclu de l'analyse car le casier C (ou 2.2) est actuellement en cours d'exploitation et inaccessible pour les mesures, le casier 2.3 n'est pas encore exploité, et le reste du tumulus réhabilité est considéré comme non-émissif, ce qui a été confirmé par des mesures sur un transect.[3]

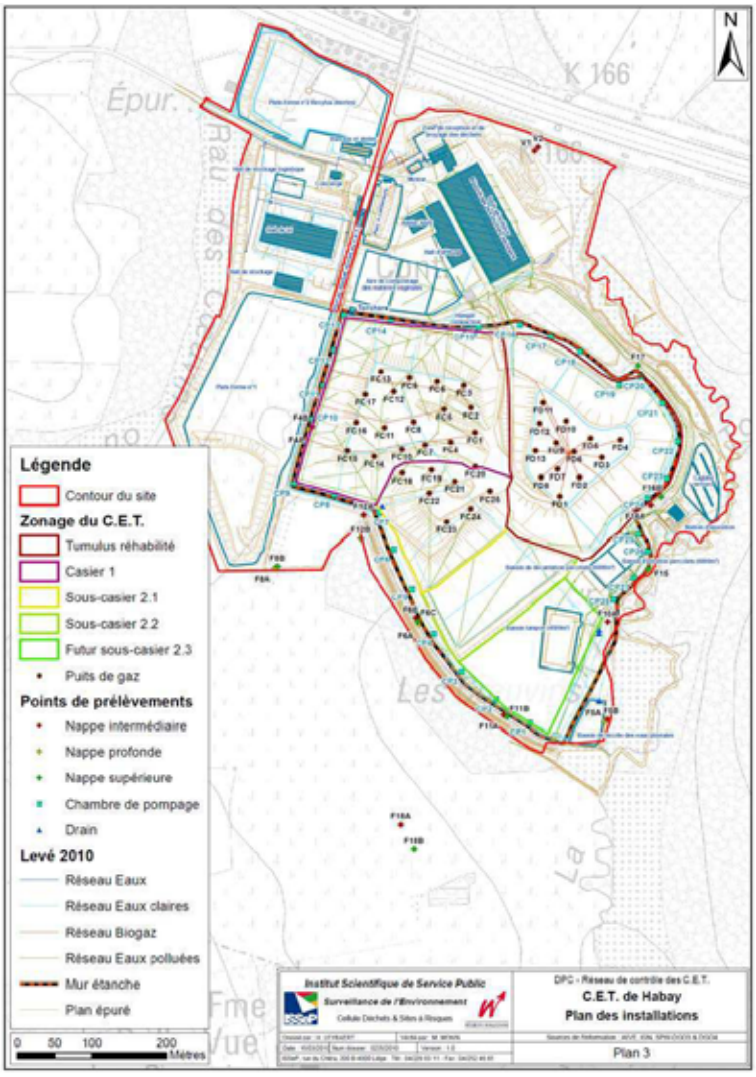


Figure 1 : Plan du site tel que rencontré lors de la campagne de 2010 (Source : Rapport ISSeP 235/2010)

[3] ISSeP. Campagne de mesures des émissions surfaciques C.E.T. de Habay. Rapport n°1900/2013.

3. DESCRIPTION DES DONNÉES DISPONIBLES

La présente étude est basée sur les données acquises lors de la campagne qui s'est déroulée de mai à juillet 2013 et dont le protocole et les résultats sont exposés dans le rapport n° 1900/2013 de l'ISSeP (Campagne de mesures des émissions surfaciques C.E.T. de Habay).

Durant la campagne, un transect a d'abord été réalisé pour identifier les zones d'émission potentielles sur le tumulus réhabilité et sur le casier A considérés comme faiblement/non émissifs lors de la dernière campagne de 2010 (Figure 2). Au total, 374 mesures de concentration en méthane ont été réalisées avec l'Inspectra connecté à la canne-cloche de 10 cm de diamètre. Ces mesures ont eu lieu les 6 et 27 mai ainsi que le 4 juin.

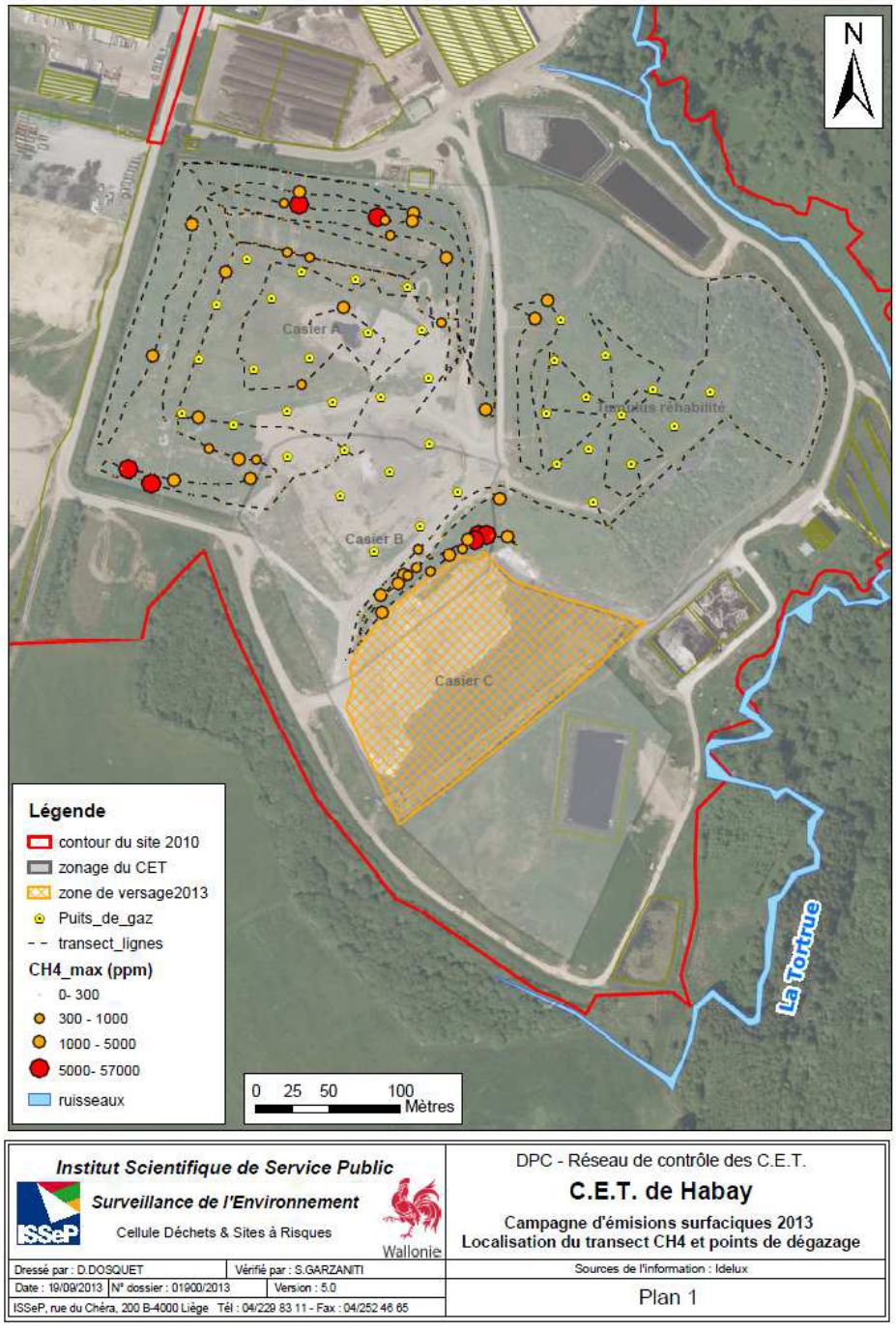


Figure 2 : Localisation du transect CH_4 et des points de dégazage. (Source : t Rapport ISSeP 1900/2013)

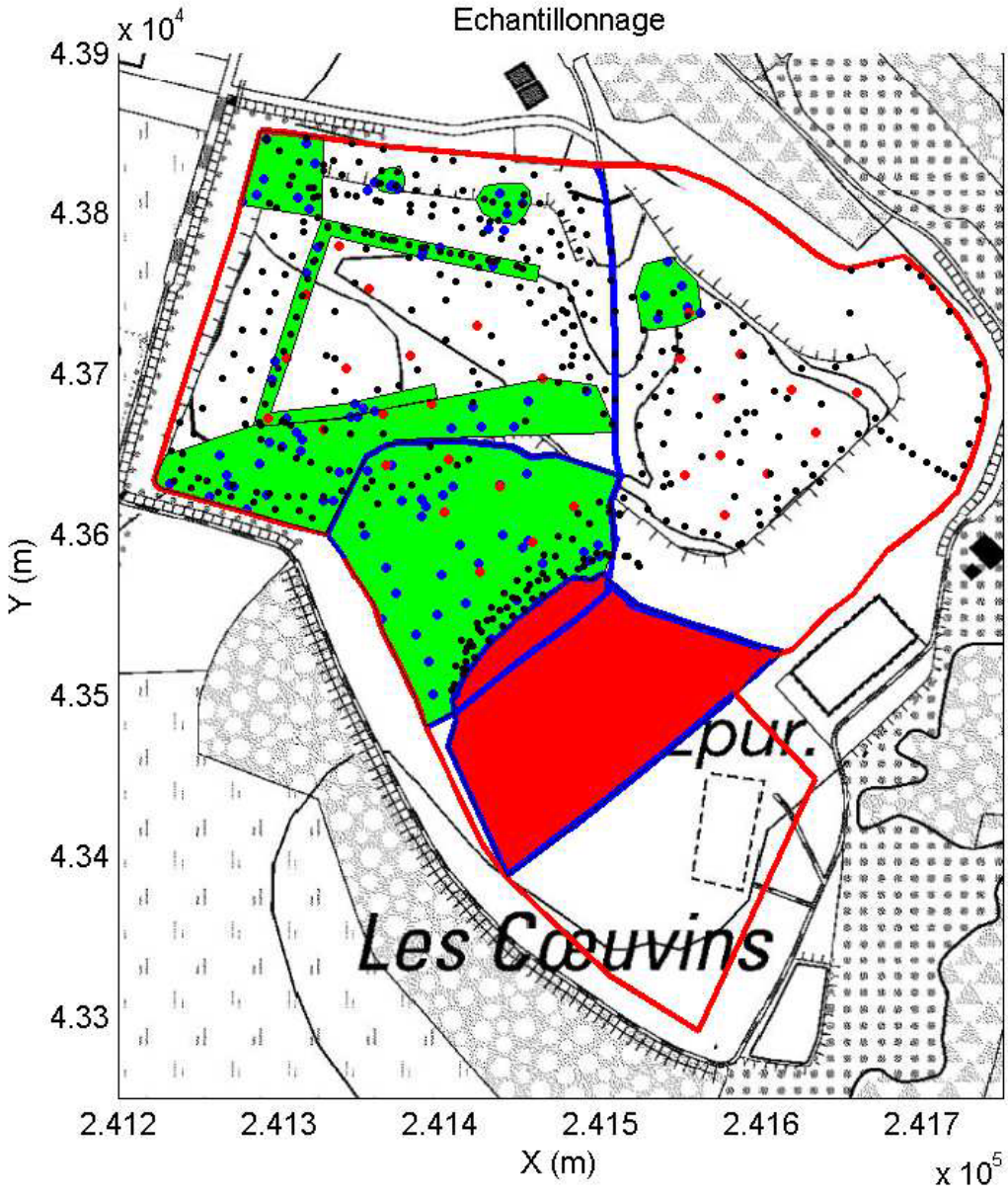


Figure 3 : Plan du site avec le contour du C.E.T. (en rouge) et des casiers (en bleu). En vert, les zones considérées comme émissives. En rouge, la zone de versage. Les points noirs correspondent aux mesures du transect, les points rouges aux mesures de flux près des puits et les points bleus aux mesures de flux.

Sur base de ce transect, 7 zones à investiguer ont été délimitées (en vert sur la Figure 3). En dehors de ces zones, les émissions sont considérées comme nulles.

Ensuite, à l'intérieur des zones identifiées comme émissives, des mesures à la chambre de flux ont été réalisées en 98 points d'échantillonnage (en bleu sur la Figure 3). Par ailleurs, 30 points ont fait l'objet de mesures à proximité des puits (en rouge sur la Figure 3). Au total, 128 mesures sont ainsi disponibles.

Les mesures à la chambre de flux ont été réalisées en utilisant deux appareils de mesure : l'Ecoprobe et l'Inspectra. Ces deux appareils ont été branchés en parallèle sur la chambre de flux INERIS. Comme cela avait déjà été le cas sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert, la cloche Odotech n'a pas été utilisée pour réaliser des mesures rapides de concentrations.

Pour calculer la densité de mesures, les recommandations décrites dans la méthodologie mise au point en collaboration avec l'ISSeP[4] et basée sur les normes UK-EA sont généralement suivies. Dans cette méthodologie, une fraction des mesures de flux préconisées par UK-EA sont remplacées par un grand nombre de mesures à la cloche Odotech. Pour revenir aux normes UK-EA, le nombre de mesures de flux obtenu par l'utilitaire de calcul Excel fourni en annexe du rapport de décembre 2009 aurait donc dû être celui calculé dans la colonne "Nbre flux UK-EA". Or, ce nombre a été multiplié par 1.5, aboutissant ainsi à une densité plus importante que souhaité dans les zones émissives. Cette augmentation de l'effort de collecte des données ne compense toutefois probablement pas l'information apportée par le remplacement d'une partie des mesures de flux par un nombre plus important de mesures rapides de pentes de concentration, comme cela a été démontré à plusieurs reprises et notamment dans une étude récente.[5]

Au terme de la campagne, les nombres suivants de séries temporelles sont disponibles :

		Chambre de flux
Ecoprobe	CO_2	122 (dont 116 non nulles)
	CH_4	122 (dont 24 non nulles)
	TP	122 (dont 24 non nulles)
Inspectra	CH_4	128 (dont 85 non nulles)

Pour chacune de ces séries temporelles, le flux a été estimé par une méthode semi automatique expliquée dans le rapport d'étude sur le C.E.T. de Cour-au-Bois.[6] Toutes les figures avec les courbes temporelles et les droites de régression sont disponibles sur le CD fourni en annexe du rapport avec la nomenclature suivante :

- *ISSeP_10_HAB_ECO_CH4_X1Y2.png* : CH_4 mesuré par Ecoprobe au point X1Y2.
- *ISSeP_10_HAB _ECO_CO2_X1Y2.png* : CO_2 mesuré par Ecoprobe au point X1Y2.
- *ISSeP_10_HAB _ECO_TP_X1Y2.png* : TP mesuré par Ecoprobe au point X1Y2.
- *ISSeP_10_HAB _INSP_CH4_X1Y2.png* : CH_4 mesuré par Inspectra au point X1Y2.

Sur ces figures, la courbe temporelle est représentée en bleu. La droite verte est la droite placée manuellement et la droite rouge est celle estimée par régression sur l'intervalle défini manuellement. Le flux est déduit de la pente de l'une de ces droites, de préférence celle obtenue par régression. A tous les autres points, il est considéré que la pente de concentration et le flux sont nuls.

Les cartes des données sont fournies ci-dessous pour les flux mesurés par Ecoprobe et Inspectra (Figures 4 à 7).

Quelle que soit la variable considérée, la plupart des mesures sont nulles ou très faibles (75% de valeurs inférieures à 1 ml/m²/sec). Seuls quelques points épars révèlent des flux un peu plus élevés, mais les maxima restent modérés.

---

[4] Rapport KIDOVA/Ephesia pour l'ISSeP de décembre 2009 : Mesure, modélisation et caractérisation des émissions surfaciques sur les C.E.T. en Région Wallonne - 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_KIDOVA_EPHESIA_POUR_ISSeP_2009002-v2.pdf).

[5] Rapport Ephesia Consult pout l'ISSeP. Modélisation et caractérisation des émissions surfaciques de biogaz sur les Centres d'Enfouissement Techniques (C.E.T.) en Région wallonne - Comparaison des techniques de mesures et quantification de l'impact des mesures auxiliaires sur la précision des estimations - Note de synthèse. 23 septembre 2013

[6] Rapport Ephesia Consult pout l'ISSeP. Modélisation et caractérisation des émissions surfaciques de biogaz sur les Centres d'Enfouissement Techniques (C.E.T.) en Région wallonne - Traitement des données de la campagne de mesures d'octobre 2010 sur le C.E.T. de Cour-au-Bois - Note de synthèse. 18 Juillet 2011.

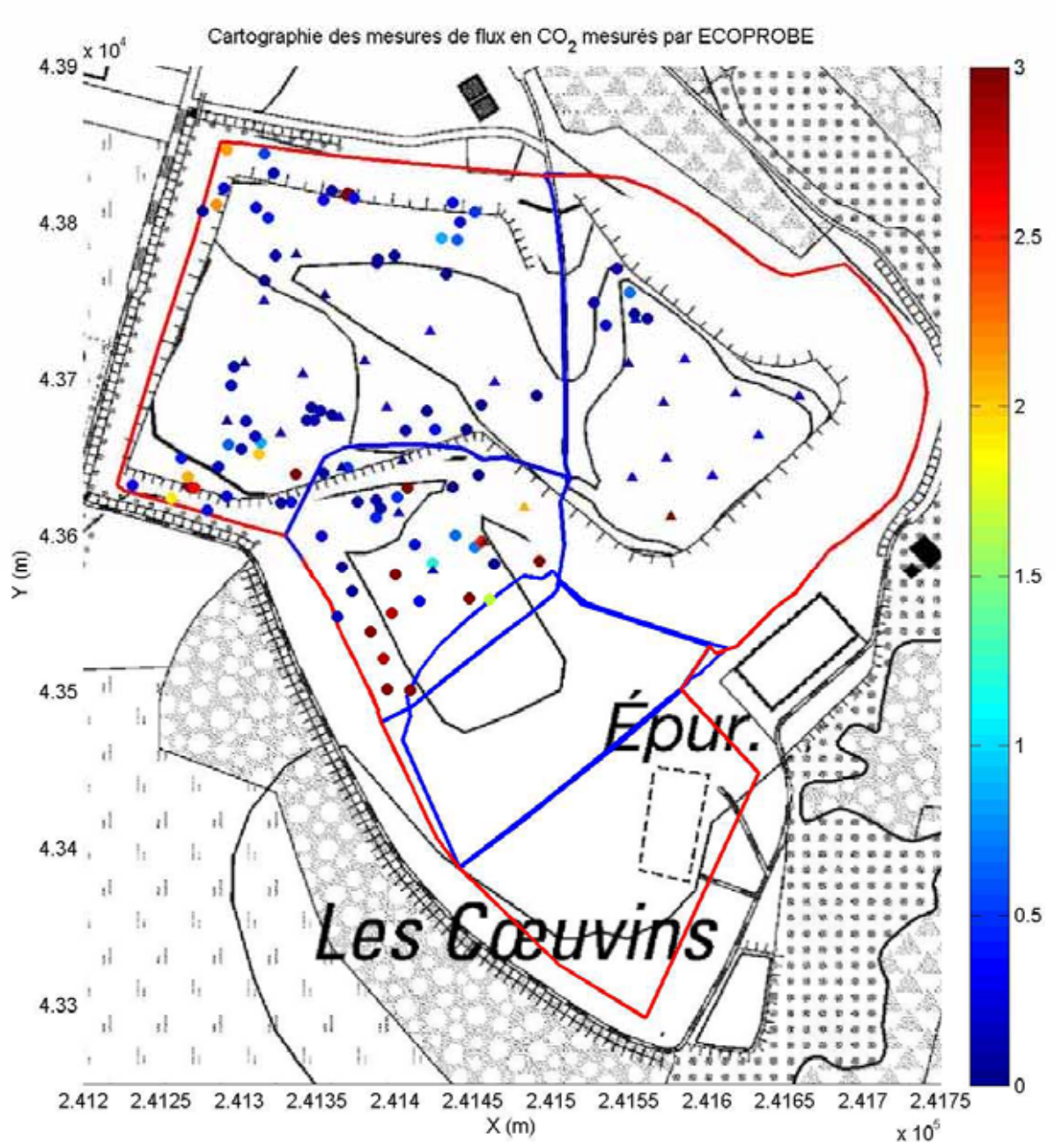


Figure 4 : Cartographie des mesures Ecoprobe de flux en CO_2. La couleur des points est fonction de la valeur mesurée. Les mesures auprès des puits ont un triangle pour symbole. Flux en ml/m²/sec.

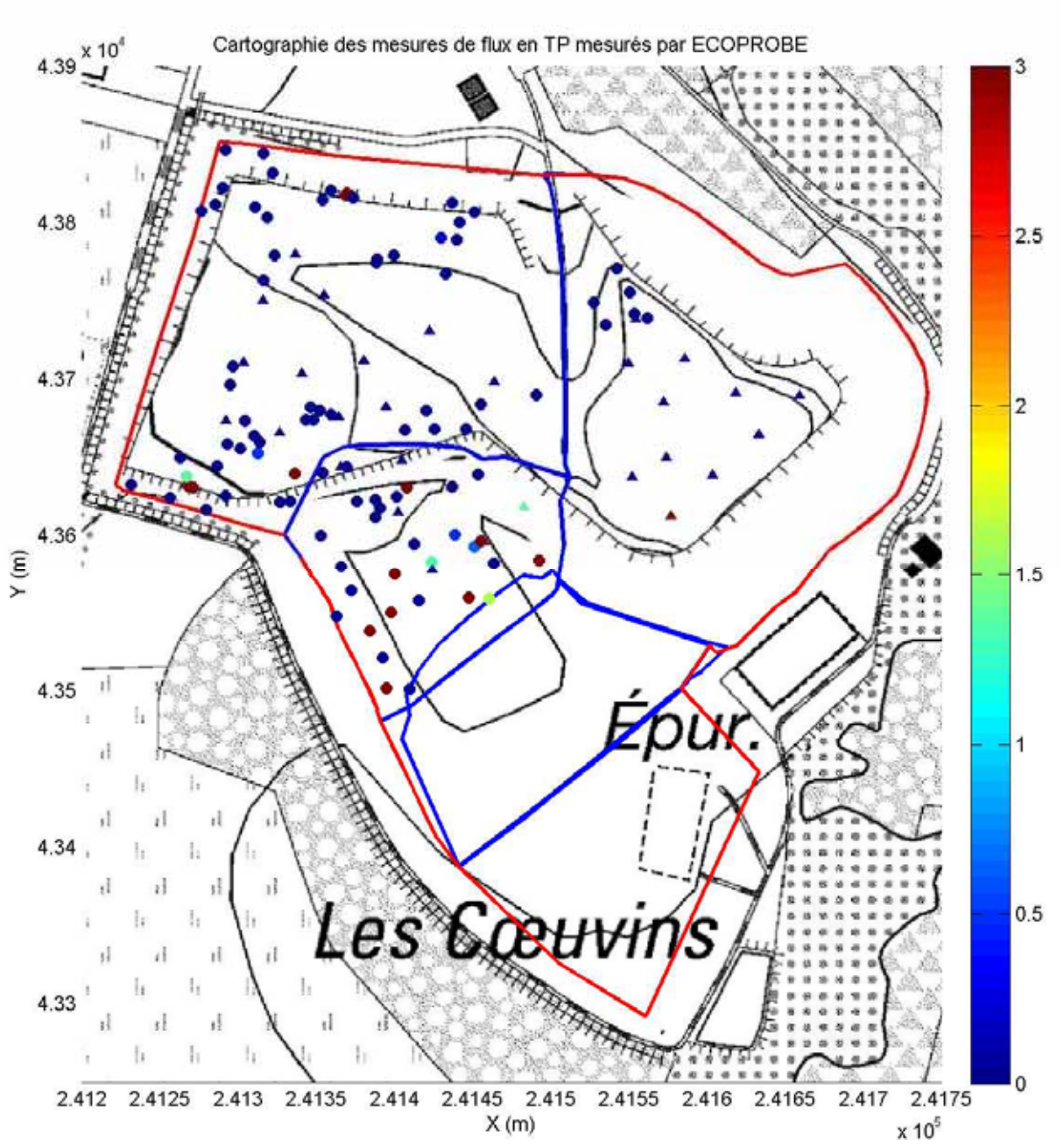


Figure 5 : Cartographie des mesures Ecoprobe de flux en TP. La couleur des points est fonction de la valeur mesurée. Les mesures auprès des puits ont un triangle pour symbole. Flux en ml/m²/sec.

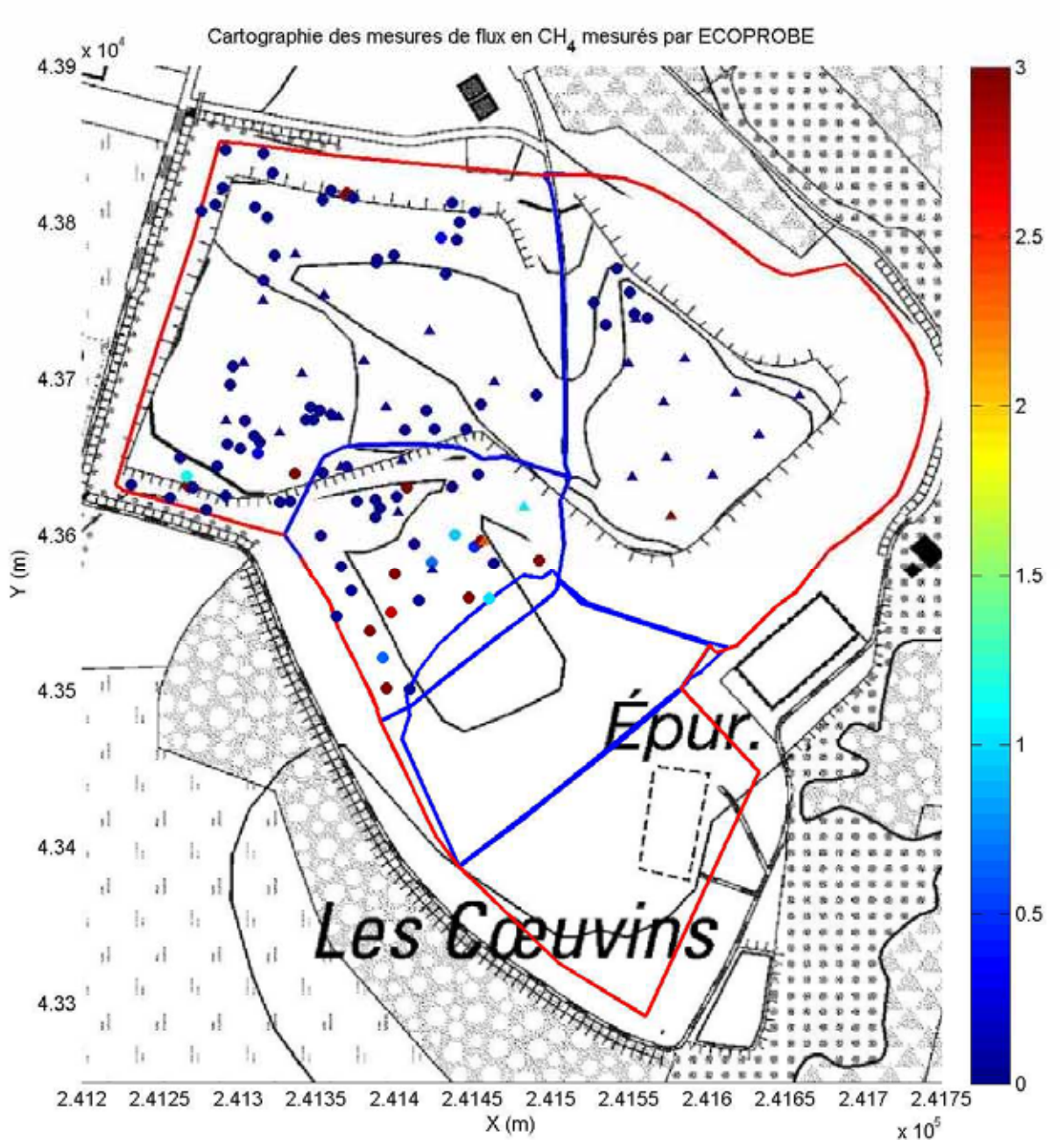


Figure 6 : Cartographie des mesures Ecoprobe de flux en CH_4. La couleur des points est fonction de la valeur mesurée. Les mesures auprès des puits ont un triangle pour symbole. Flux en ml/m²/sec.

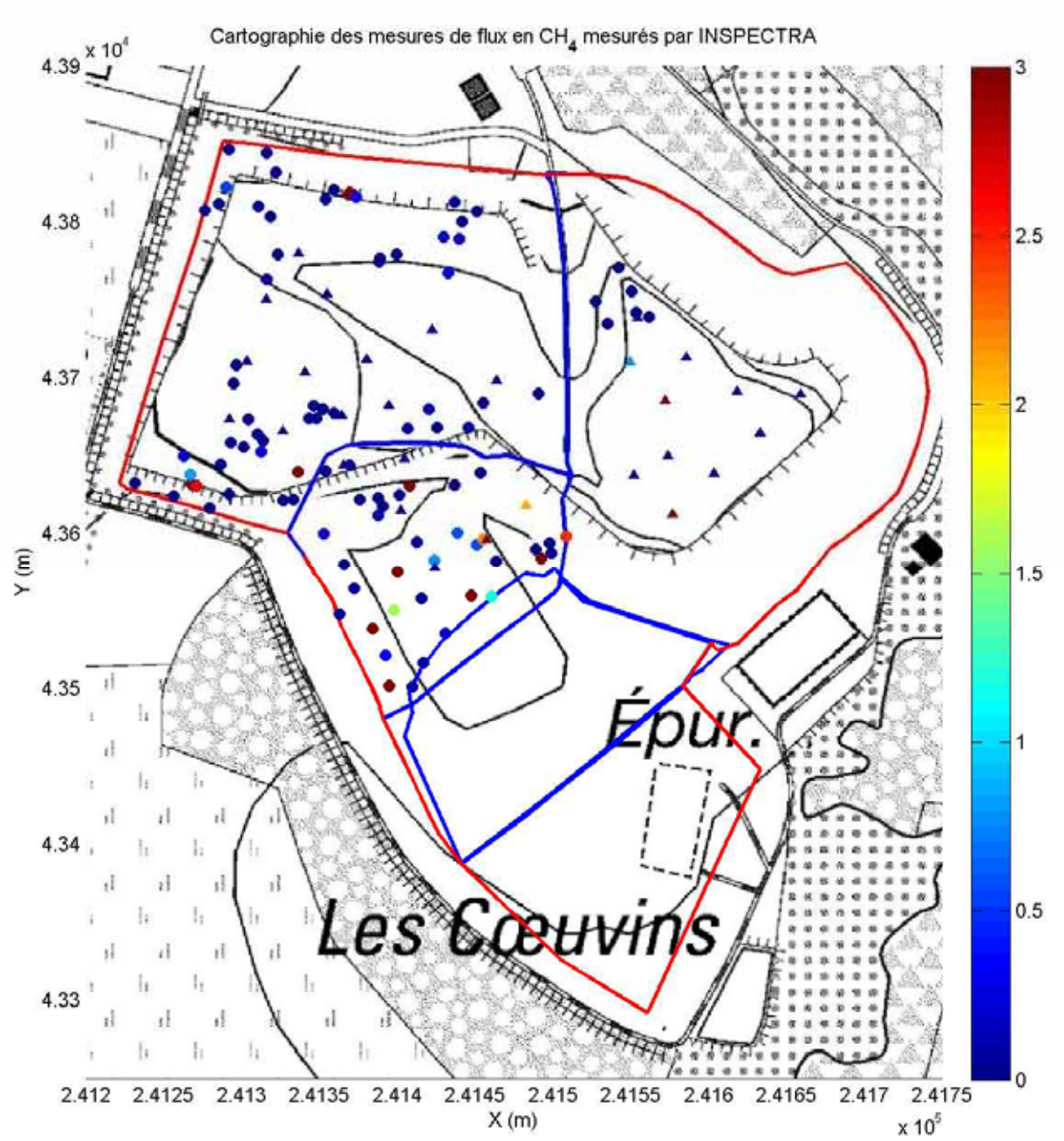


Figure 7 : Cartographie des mesures Inspectra de flux en CH_4. La couleur des points est fonction de la valeur mesurée. Les mesures auprès des puits ont un triangle pour symbole. Flux en ml/m²/sec.

4. MÉTHODOLOGIE D'ESTIMATION DU FLUX GLOBAL MOYEN

La méthodologie appliquée respecte dans les grandes lignes celle établie et développée dans le rapport remis par Ephesia à l'ISSeP en décembre 2009[7] et déjà éprouvée sur diverses études précédentes. Comme cela avait déjà été le cas sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert en 2012, cette procédure a subi quelques modifications lors de sa mise en œuvre sur le C.E.T. de Habay, suite à l'introduction de l'Inspectra comme nouvel appareil de mesure. Les principaux changements, entérinés par l'ISSeP, sont les suivants :

1. La méthode du cokrigeage mise en œuvre dans les précédentes études n'est plus reprise dans ce rapport : les résultats ont clairement montré que les simulations sont mieux adaptées au problème posé et donnent des estimations plus précises et plus réalistes des flux.
2. Les mesures de concentrations à la cloche Odotech n'ayant pas été réalisées, les cosimulations entre flux et pentes de concentrations ne peuvent plus être mises en œuvre. Par contre, comme les trois variables CO_2, CH_4 et TP mesurées par Ecoprobe, ainsi que la variable CH_4 mesurée par Inspectra apparaissent fortement corrélées entre elles, elles sont simulées conjointement afin de reproduire au mieux ces corrélations.
3. Autre conséquence de l'absence de mesures de concentration à l'Ecoprobe, aucune mesure n'est disponible en dehors des zones investiguées (la zone non émissive). Dans ces conditions, afin de contraindre le modèle à prendre des valeurs nulles dans cette zone sans pour autant considérer les limites de zones (définies arbitrairement) comme des limites imperméables, il a été décidé d'ajouter une série de valeurs nulles fictives disposées sur une grille régulière avec une maille de 50 m de côté dans toute la zone non émissive (Figure 8). Ces données sont prises en compte au moment de la simulation uniquement, mais pas pour le calcul des statistiques ni pour le calcul et la modélisation du variogramme.
4. L'utilisation de l'Inspectra en parallèle de l'Ecoprobe permet la comparaison entre les deux appareils à plusieurs niveaux :
    a. Comparaison des courbes temporelles de concentration en CH_4 ;
    b. Comparaison des statistiques sur les flux ;
    c. Comparaison des résultats de simulations des flux (cartographies et statistiques).

Tous ces points sont discutés en détail dans la section suivante.

[7] Rapport KIDOVA/Ephesia pour l'ISSeP de décembre 2009 : Mesure, modélisation et caractérisation des émissions surfaciques sur les C.E.T. en Région Wallonne - 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_KIDOVA_EPHESIA_POUR_ISSeP_2009002-v2.pdf).

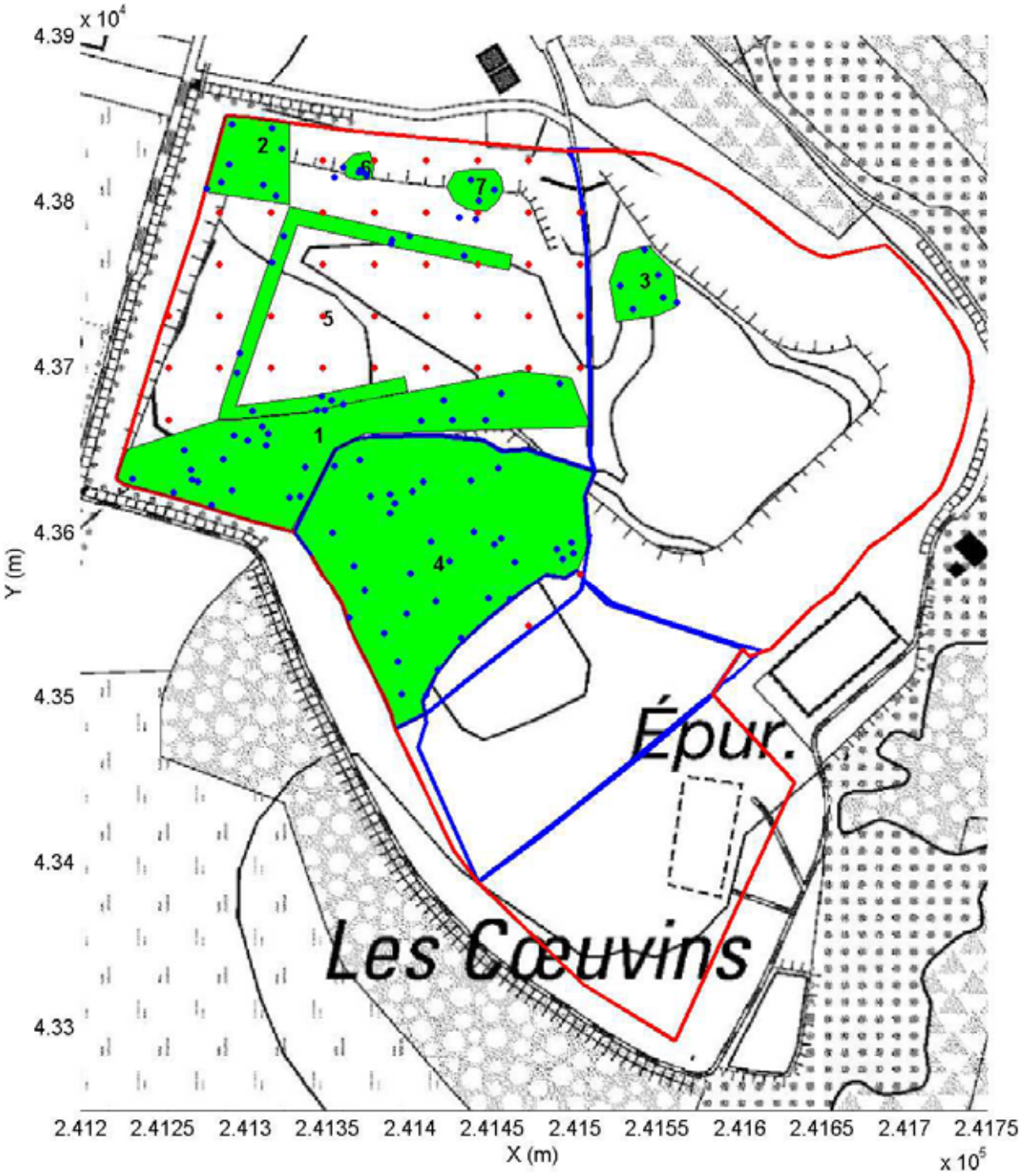


Figure 8 : Position (en rouge) des données fictives à valeur nulle ajoutées dans la zone non émissive. En bleu, les mesures à la chambre de flux.

5. RÉSULTATS

Dans cette section sont repris tous les résultats statistiques et géostatistiques obtenus.

5.1 Comparaison entre les mesures Ecoprobe et Inspectra pour le CH_4

5.1.1 Comparaison des courbes temporelles de concentration

Les appareils de mesures Ecoprobe et Inspectra ont été montés en parallèle sur la chambre de flux INERIS. Les courbes temporelles de concentration des deux appareils sont superposées afin de les comparer. L'opération a été effectuée pour 34 points de mesures de CH_4 disponibles dans les deux jeux de données. Quelques exemples sont présentés à la Figure 9. Les valeurs de flux estimées sur ces courbes sont données dans la légende. Les figures pour tous les points sont disponibles sur le CD fourni en annexe de ce rapport avec un nom du type *ISSeP_10_HAB_Compa_Series_X1Y2.png*.

En général, les courbes montrent des évolutions similaires, même si l'on remarque souvent un décalage temporel entre elles. Celui-ci peut être expliqué par le fait que les mesures ne peuvent être parfois démarrées simultanément sur les deux appareils ou que les deux appareils ne démarrent pas avec la même vitesse.

Les flux estimés sont très proches les uns des autres. Dans certains cas cependant, et principalement lorsque les flux sont faibles, les courbes s'éloignent les unes des autres, reflétant ainsi probablement la difficulté pour l'Ecoprobe de mesurer avec précision des flux plus faibles (limite de détection de +/- 300 ppm, établie expérimentalement).

5.1.2 Comparaison des statistiques sur les flux mesurés

Les statistiques calculées sur les deux jeux de données sont montrées au Tableau 1. La moyenne et les quantiles sont très similaires entre les deux appareils. L'Ecoprobe a un maximum égal à 31.88 ml/m²/s, soit deux fois plus élevé que celui de l'Inspectra, ce qui augmente également considérablement l'écart-type. On peut cependant voir sur l'histogramme en bas à gauche de la Figure 12 que cette valeur est probablement un outlier. Sans cette valeur, les maxima sont du même ordre de grandeur. L'Inspectra a toutefois une proportion plus faible de valeurs nulles (28.5% contre 77%), confirmant ainsi sa capacité à mesurer des flux plus faibles, de l'ordre de quelques ppm.

La Figure 10 montre la relation entre les mesures de flux réalisées avec les deux appareils. La Figure 11 montre un zoom sur les valeurs de flux inférieures à 5 ml/m²/sec. Si l'on exclut le point suspecté d'être un outlier aux coordonnées (35,15), la relation entre les deux types de mesures est très forte, avec un coefficient de corrélation égal à 0.9606 et une droite de régression proche de la bissectrice indiquant une absence de biais d'une méthode par rapport à l'autre.

A l'origine, on peut remarquer une série de points pour lesquels la mesure Ecoprobe est nulle mais pas la mesure Inspectra. Ces points prouvent à nouveau la plus grande sensibilité de l'Inspectra et sa capacité à mesurer des valeurs plus faibles de flux. Ainsi les flux nuls mesurés par Ecoprobe correspondent à des mesures pouvant aller jusqu'à 0.5416 (si l'on exclut la valeur à 2.7 ml/m²/sec., suspectée d'être un outlier) avec l'Inspectra.

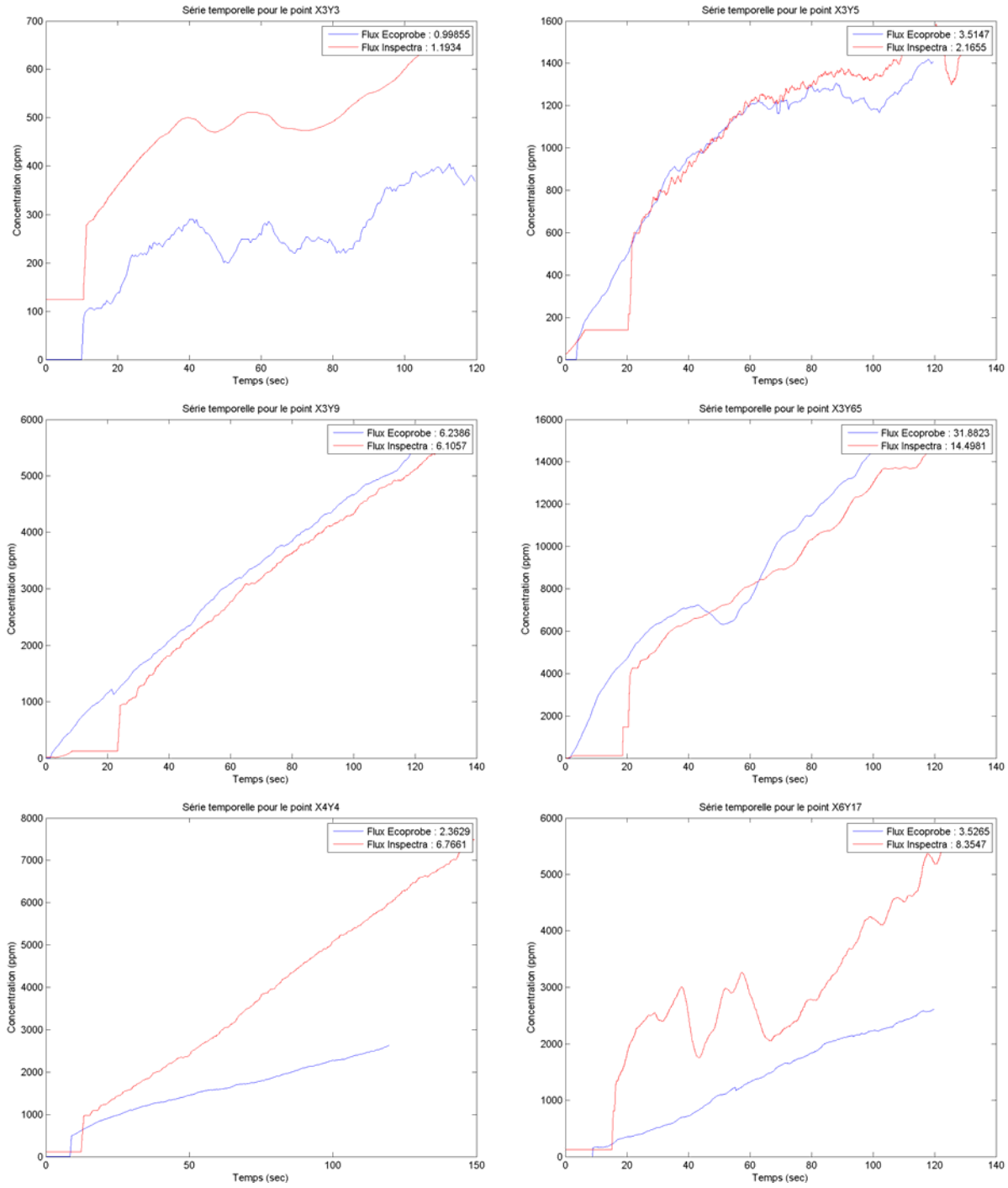


Figure 9 : Comparaison des courbes temporelles de concentration en CH_4 entre l'Ecoprobe et l'Inspectra pour quelques points.

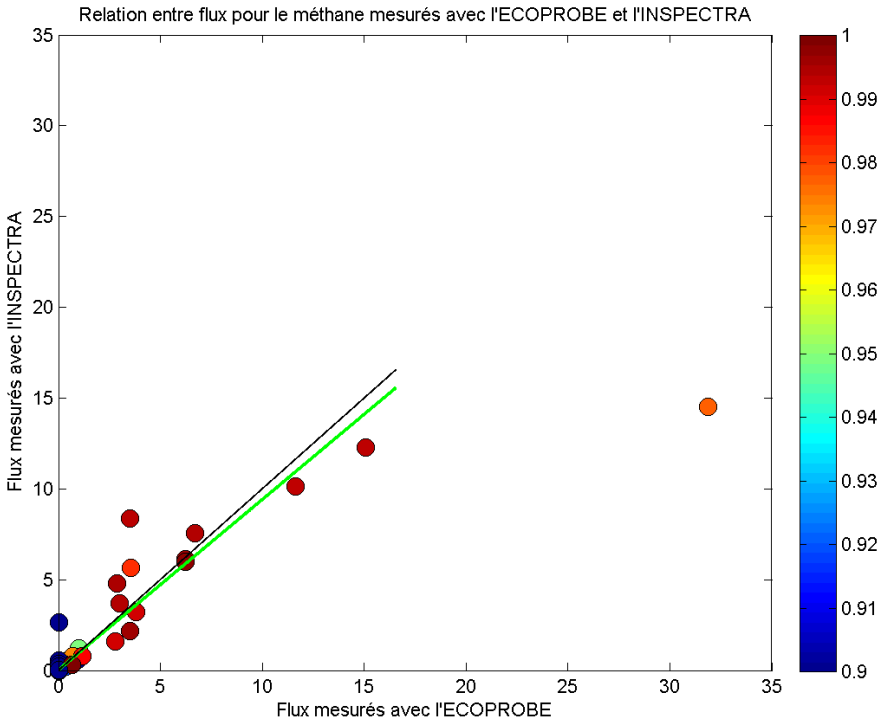


Figure 10 : Relation entre les mesures de flux en CH_4 réalisées avec l'Ecoprobe et l'Inspectra. La couleur est proportionnelle au coefficient R^2 de la droite de régression ayant servi à estimer les flux à partir des courbes temporelles de concentration. La droite noire représente la bissectrice et la droite verte la régression des mesures de flux Inspectra sur les mesures Ecoprobe.

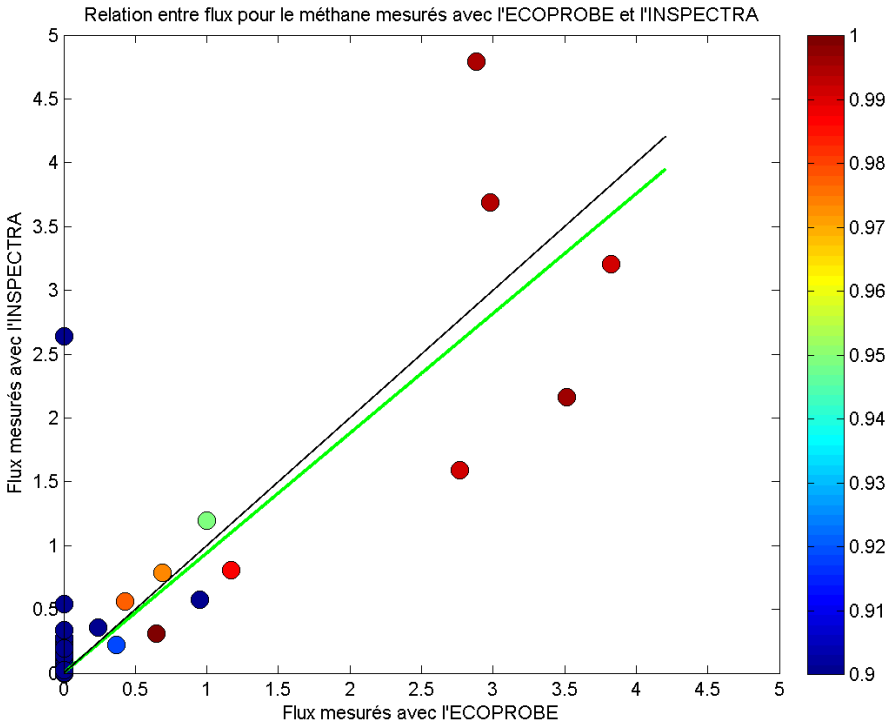


Figure 11 : Relation entre les mesures de flux en CH_4 réalisées avec l'Ecoprobe et l'Inspectra – zoom sur les valeurs de flux inférieures à 5 ml/m²/sec. La couleur est proportionnelle au coefficient R^2 de la droite de régression ayant servi à estimer les flux à partir des courbes temporelles de concentration. La droite noire représente la bissectrice et la droite verte la régression des mesures de flux Inspectra sur les mesures Ecoprobe.

5.2 Statistiques sur les données

Les statistiques sont calculées sur les données situées loin des puits (98 points sur 128) et sont synthétisées dans le Tableau 1. Il est à remarquer les proportions importantes de valeurs nulles : plus de 75% pour les mesures de flux de CH_4 et TP avec l'Ecoprobe et plus de 25% pour les mesures de flux de CH_4 avec l'Inspectra.

Comme le montre le Tableau 2, les trois variables mesurées par Ecoprobe sont assez fortement corrélées entre elles, la corrélation étant la plus forte entre le CH_4 et les TP. Les histogrammes sont montrés à la Figure 12 pour les valeurs non transformées et à la Figure 13 pour les valeurs transformées gaussiennes.

Tableau 1 : Statistiques sur les données de flux pour le CO_2, le CH_4 et le TP mesurés par Ecoprobe ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra. Flux en ml/m²/sec.

Appareil de mesure	Ecoprobe			Inspectra
Statistique	Flux de CO_2	Flux de TP	Flux de CH_4	Flux de CH_4
Nbre de données	92	92	92	98
Moyenne	0.86	0.73	0.78	0.60
Ecart-type	1.88	2.77	3.42	2.00
Coeff. de variation	2.20	3.77	4.38	3.36
minimum	0	0	0	0
Q0.025	0	0	0	0
Q0.050	0.00	0	0	0
Q0.100	0.04	0	0	0
Q0.250	0.10	0	0	0
Q0.500	0.26	0	0	0.01
Q0.750	1.03	0	0	0.27
Q0.900	3.81	3.99	3.52	3.54
Q0.950	5.65	6.23	6.24	6.97
Q0.975	7.66	10.79	12.32	10.22
maximum	13.26	24.29	31.88	14.50

Tableau 2 : Corrélations entre mesures de flux réalisées avec l'Ecoprobe et l'Inspectra.

		Ecoprobe			Inspectra
		CO_2	CH_4	TP	CH_4
Ecoprobe	CO_2	1.00	0.89	0.90	0.90
	CH_4	0.89	1.00	0.98	0.95
	TP	0.90	0.98	1.00	0.96
Inspectra	CH_4	0.90	0.95	0.96	1.00

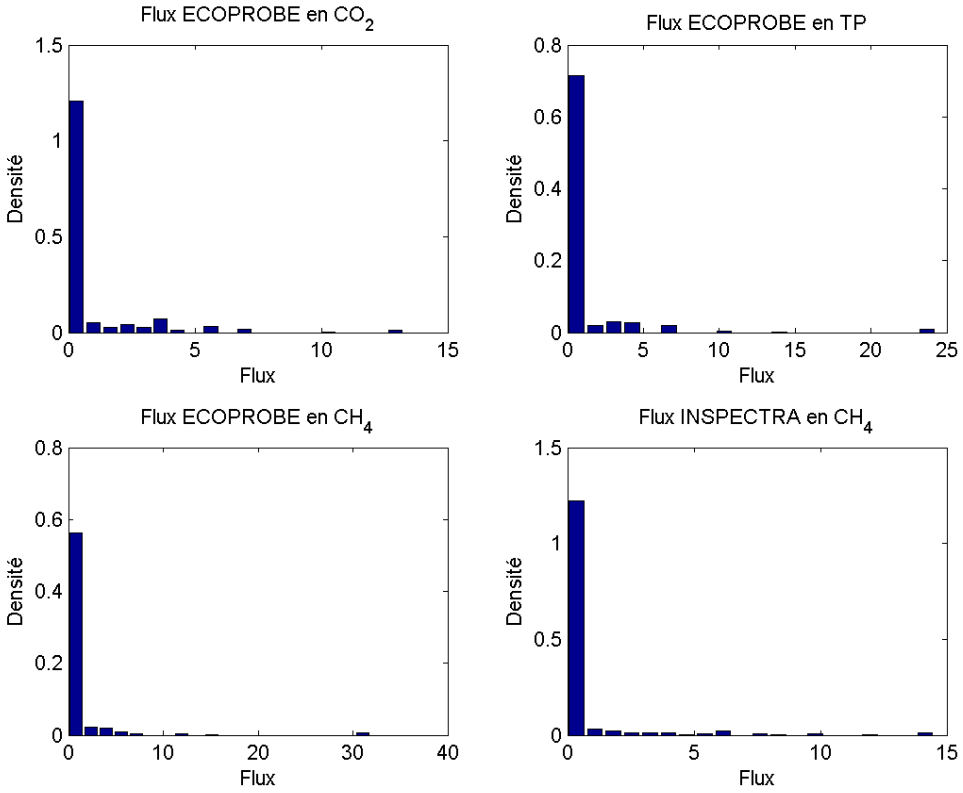


Figure 12 : Histogrammes des valeurs non transformées de flux pour le CO_2, le CH_4 et le TP mesurés par Ecoprobe, ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra. Flux en ml/m²/sec.

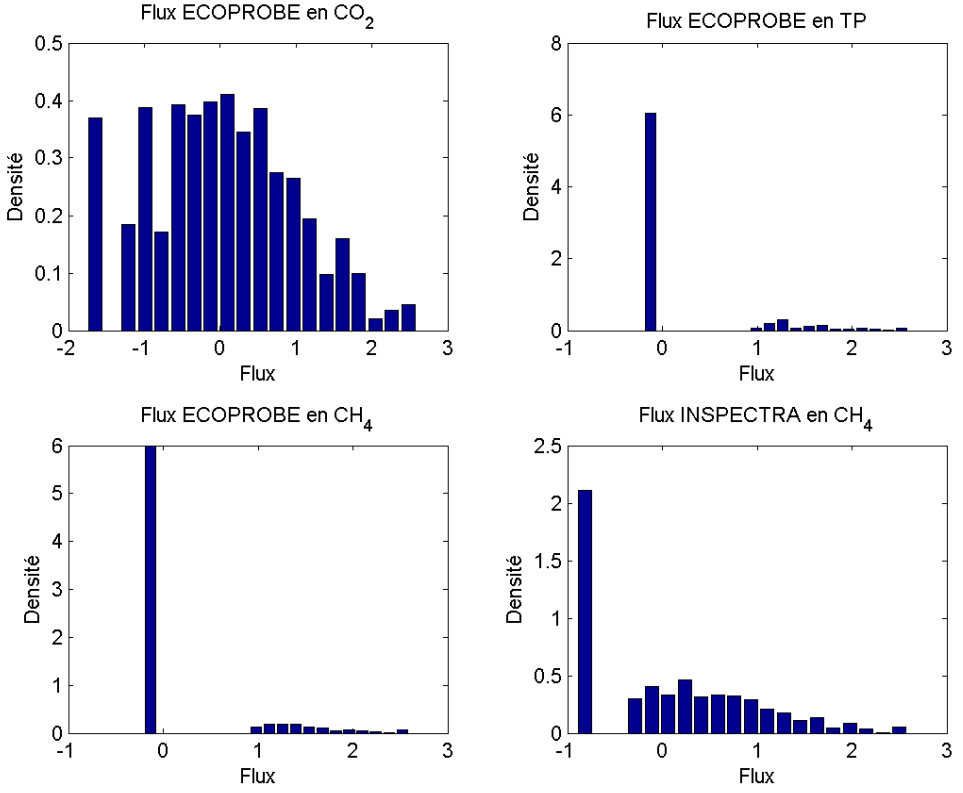


Figure 13 : Histogrammes des valeurs transformées gaussiennes de flux pour le CO_2, le CH_4 et le TP mesurés par Ecoprobe, ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra. Flux en ml/m²/sec.

5.3 Variogrammes

Pour les quatre variables (CO_2, CH_4 et TP mesurées par Ecoprobe ainsi que CH_4 mesuré par Inspectra), les variogrammes expérimentaux directs et croisés sont calculés sur les valeurs transformées gaussiennes. Ils sont montrés à la Figure 14. A cause de la proportion importante de données nulles pour les TP et le CH_4 mesurés par Ecoprobe, il n'est pas aisé de mettre en évidence une structure spatiale, si elle existe. Les variogrammes sont dans ce cas-ci assez peu structurés sauf pour le CO_2 et le CH_4 mesuré par Inspectra.

Dans pareil contexte, les modèles ajustés aux variogrammes expérimentaux sont plus le résultat de choix de modélisation (sur les structures et la valeur des paramètres) que d'un ajustement optimal sur les variogrammes expérimentaux. Dans le cas où les données sont parcellaires ou mal réparties (distributions très asymétriques), cette façon de procéder permet d'incorporer un jugement d'expert dans la modélisation.

Les modèles ainsi construits sont constitués d'un effet de pépite et de deux structures exponentielles. Ces deux structures ont des portées de corrélation de l'ordre de 30 m et 100 m respectivement. Ces valeurs ont été choisies en faisant l'hypothèse que les portées sont du même ordre de grandeur que sur d'autres C.E.T. et en les adaptant au mieux au cas de Habay. Les valeurs des paramètres des différents modèles sont reprises au Tableau 3.

Tableau 3 : Paramètres des modèles de variogrammes. CH_4^E symbolise le CH_4 mesuré par Ecoprobe et CH_4^I, le CH_4 mesuré par Inspectra.

Variogramme
$$\gamma(h) = \begin{bmatrix} CO_2 & CO_2 \text{ vs } CH_4 & CO_2 \text{ vs } TP & CO_2 \text{ vs } CH_4^I \\ & CH_4^E & CH_4^E \text{ vs } TP & CH_4^E \text{ vs } CH_4^I \\ & & TP & \text{TP vs } CH_4^I \\ & & & CH_4^I \end{bmatrix} Nug(\,) + \begin{bmatrix} CO_2 & CO_2 \text{ vs } CH_4 & CO_2 \text{ vs } TP & CO_2 \text{ vs } CH_4^I \\ & CH_4^E & CH_4^E \text{ vs } TP & CH_4^E \text{ vs } CH_4^I \\ & & TP & \text{TP vs } CH_4^I \\ & & & CH_4^I \end{bmatrix} Exp(Portée_2) + \begin{bmatrix} CO_2 & CO_2 \text{ vs } CH_4 & CO_2 \text{ vs } TP & CO_2 \text{ vs } CH_4^I \\ & CH_4^E & CH_4^E \text{ vs } TP & CH_4^E \text{ vs } CH_4^I \\ & & TP & \text{TP vs } CH_4^I \\ & & & CH_4^I \end{bmatrix} Exp(Portée_3)$$
$$\gamma(h) = \begin{bmatrix} 0.17 & 0.20 & 0.22 & 0.23 \\ 0.20 & 0.26 & 0.27 & 0.24 \\ 0.22 & 0.27 & 0.29 & 0.27 \\ 0.23 & 0.24 & 0.27 & 0.31 \end{bmatrix} Nug(0) + \begin{bmatrix} 0.37 & 0.28 & 0.28 & 0.33 \\ 0.28 & 0.25 & 0.25 & 0.28 \\ 0.28 & 0.25 & 0.25 & 0.28 \\ 0.33 & 0.28 & 0.28 & 0.33 \end{bmatrix} Exp(30) + \begin{bmatrix} 0.43 & 0.04 & 0.04 & 0.06 \\ 0.04 & 0.07 & 0.05 & 0.08 \\ 0.04 & 0.05 & 0.05 & 0.07 \\ 0.06 & 0.08 & 0.07 & 0.33 \end{bmatrix} Exp(100)$$

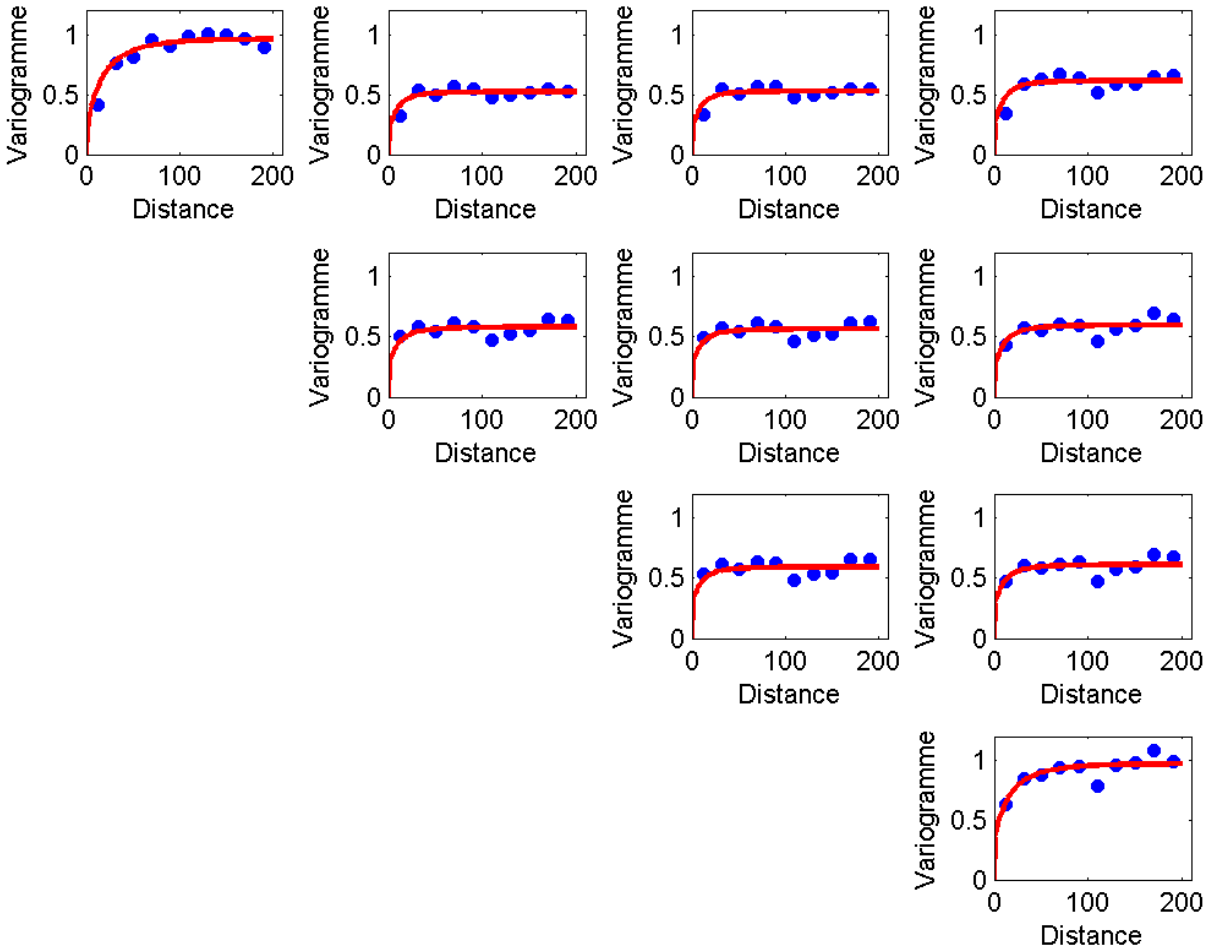


Figure 14 : Variogrammes des valeurs transformées de flux Ecoprobe pour le CO_2 (en haut à gauche), le CH_4 (2ème ligne à gauche), et les TP (3ème ligne à gauche). Le variogramme sur la ligne du bas est celui du CH_4 mesuré par Inspectra. Les variogrammes hors de la diagonale représentent les variogrammes croisés. En bleu, les points expérimentaux. En rouge, le modèle ajusté, constitué d'un effet de pépite et de deux structures exponentielles.

5.4 Cartes de simulation

Les simulations sont réalisées par cosimulation séquentielle gaussienne en utilisant les valeurs transformées des 92 mesures à la chambre de flux réalisées loin des puits (ou 98 données pour le CH_4 mesuré par l'Inspectra) ainsi que les données nulles fictives rajoutées sur une grille régulière dans la zone non émissive. Les variables sont simulées dans l'ordre suivant : CH_4 Inspectra, CH_4 Ecoprobe, CO_2 puis TP. Cent réalisations ont été produites pour chaque variable.

Les cartes présentées ci-dessous sont obtenues en calculant en tout nœud de la grille la moyenne et la variance sur ces 100 réalisations. Dans cette étude, à cause de la présence d'un effet de pépite très important, les cartes des réalisations sont également très pixellisées, signe d'une importante variabilité à très courte distance.

Les cartes issues des cosimulations des mesures Ecoprobe sont présentées à la Figure 15 pour le CO_2, à la Figure 16 pour les TP et à la Figure 17 pour le CH_4 - Ecoprobe. La carte de CH_4 - Inspectra est donnée à la Figure 18. Chaque carte de flux moyen est accompagnée d'une carte de variance. Pour rappel, la variance calculée sur les simulations donne réellement une mesure de la variabilité de l'estimation et donc de l'incertitude locale. Logiquement, celle-ci est plus importante dans les zones où des valeurs élevées côtoient des valeurs nulles, c'est-à-dire aux abords directs des zones identifiées comme étant émissives.

La Figure 19 montre une réalisation pour les quatre variables.

Les flux estimés sont généralement très faibles. La zone présentant les valeurs les plus élevées est située au sud-ouest du C.E.T., en bordure de la zone de versage. Trois petits spots apparaissent aussi à l'ouest et au nord du site, mais ils sont liés chacun à une seule mesure relativement élevée.

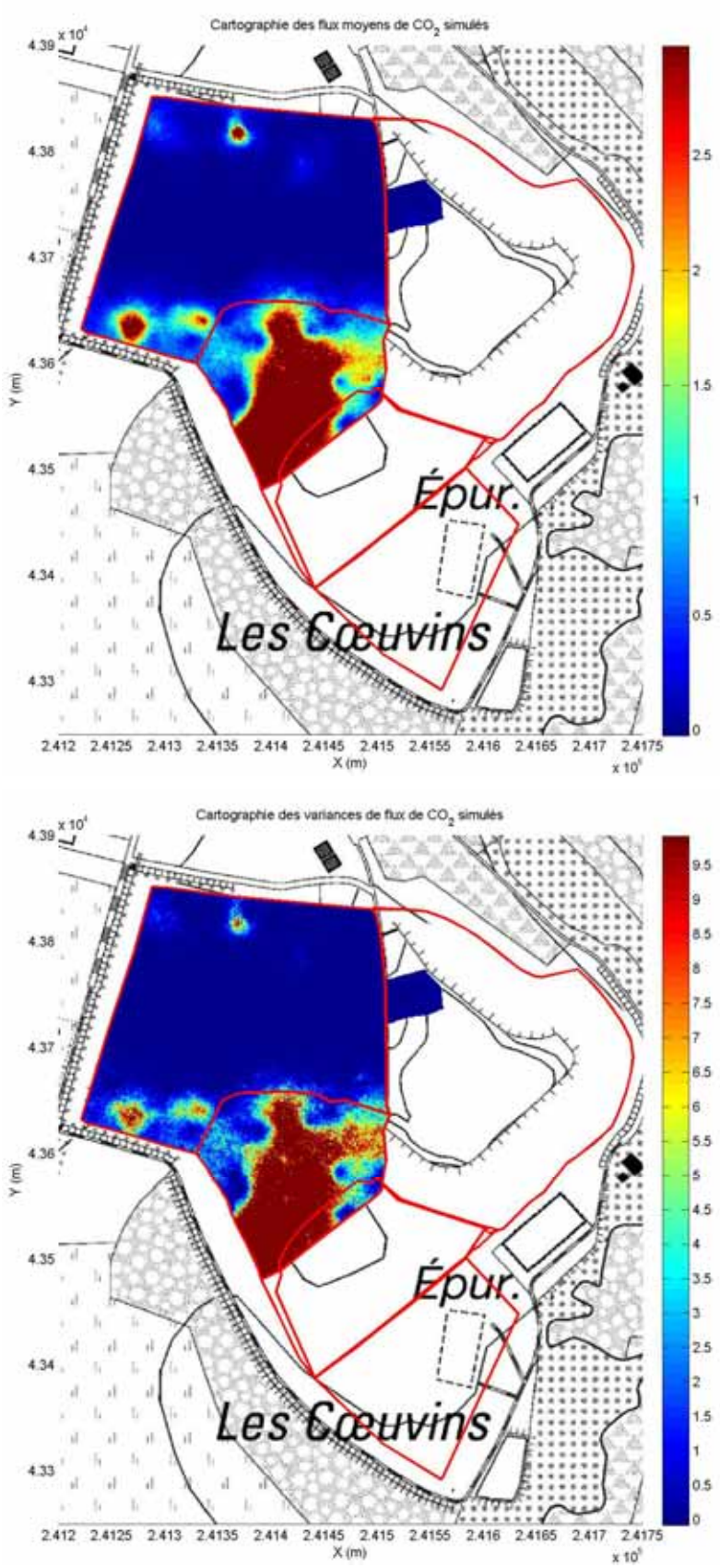


Figure 15 : Cartographie des flux de CO_2 mesurés par Ecoprobe estimés par cosimulation colocalisée. En haut, valeur moyenne sur l'ensemble des réalisations (flux en ml/m²/s); en bas, variance sur l'ensemble des réalisations (en (ml/m²/sec)²).

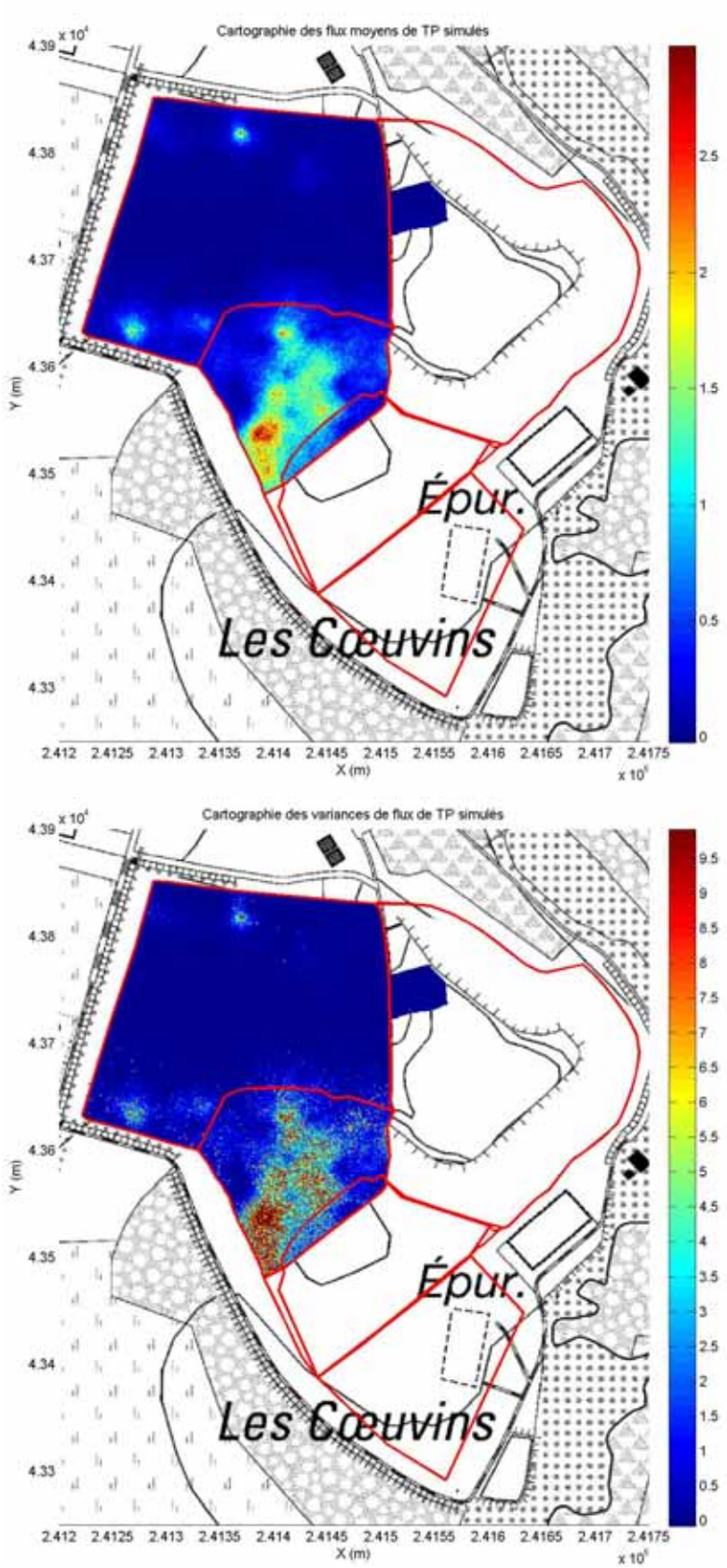


Figure 16 : Cartographie des flux de TP mesurés par Ecoprobe estimés par cosimulation colocalisée. En haut, valeur moyenne sur l'ensemble des réalisations (flux en ml/m²/s); en bas, variance sur l'ensemble des réalisations (en (ml/m²/sec)²).

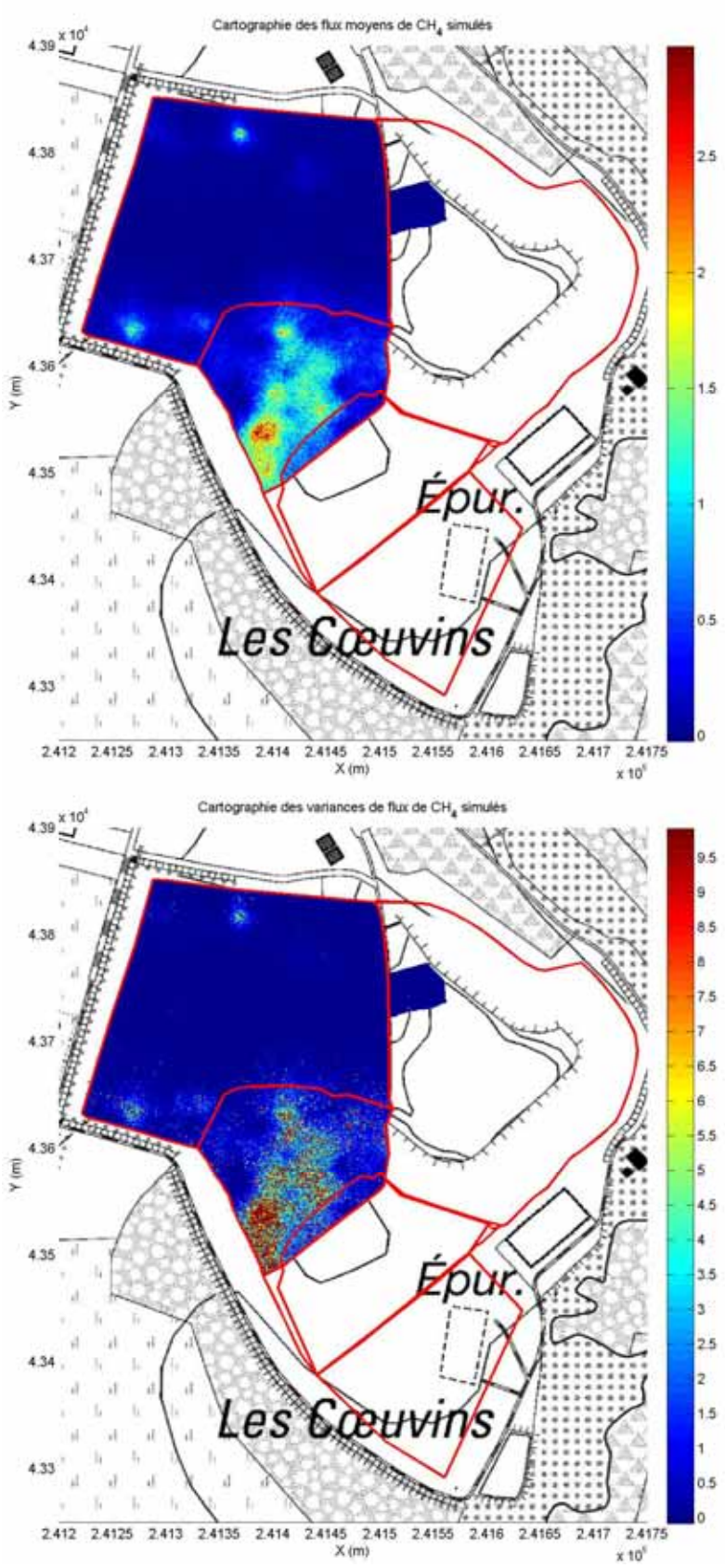


Figure 17 : Cartographie des flux de CH_4 mesurés par Ecoprobe estimés par cosimulation colocalisée. En haut, valeur moyenne sur l'ensemble des réalisations (flux en ml/m²/s); en bas, variance sur l'ensemble des réalisations (en (ml/m²/sec)²).

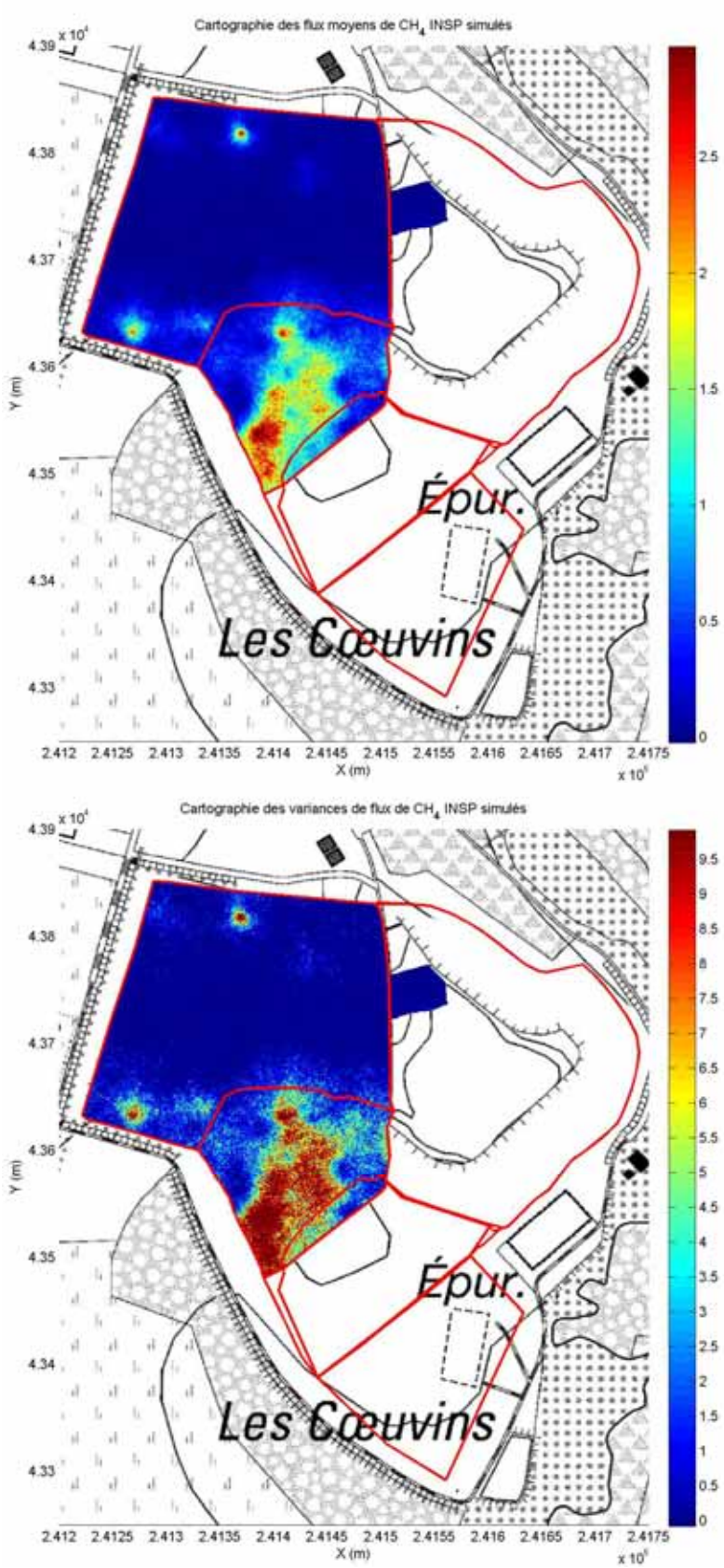


Figure 18 : Cartographie des flux de CH_4 mesurés par Inspectra estimés par cosimulation colocalisée. En haut, valeur moyenne sur l'ensemble des réalisations (flux en ml/m²/s); en bas, variance sur l'ensemble des réalisations (en (ml/m²/sec)²).

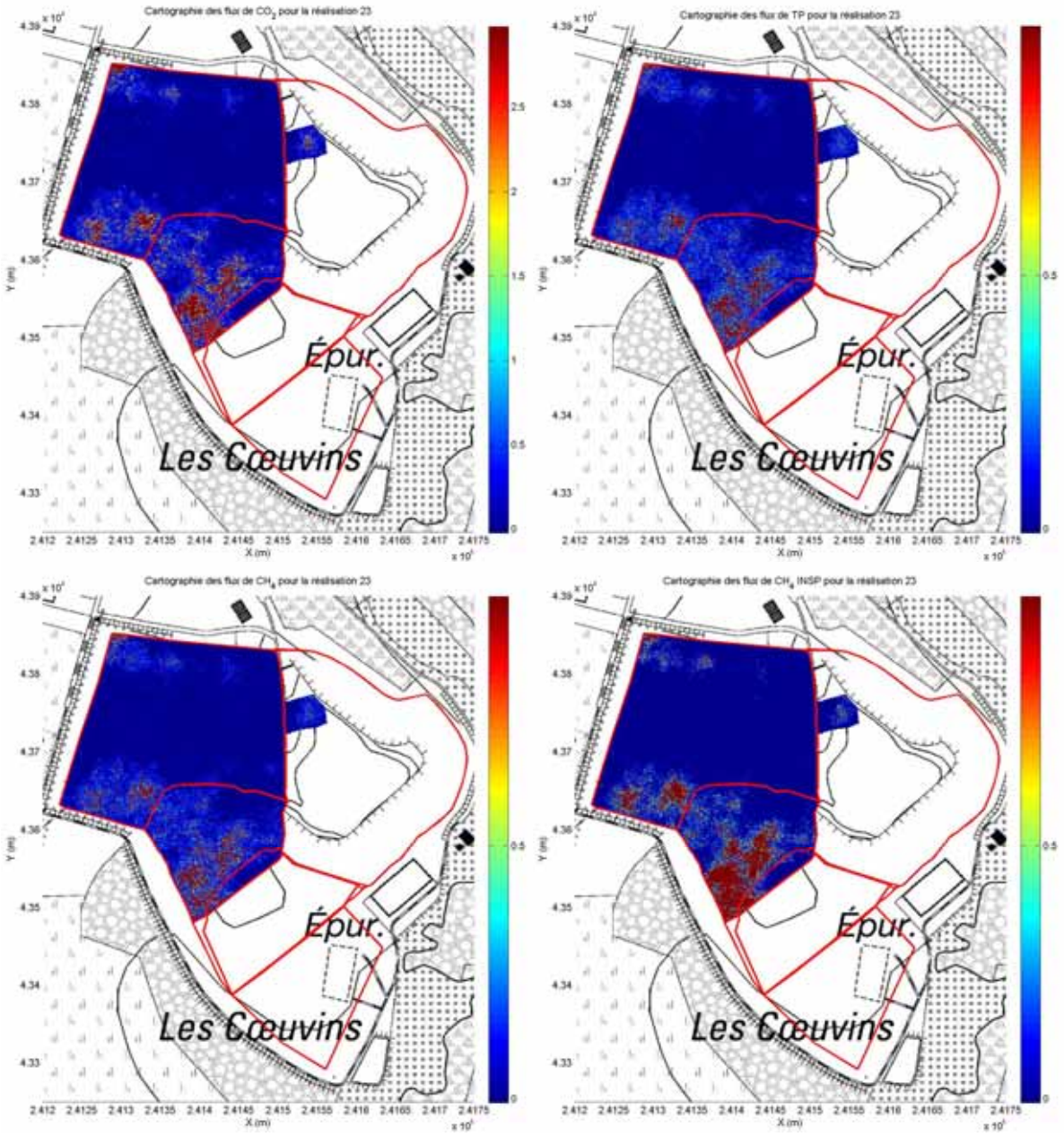


Figure 19 : Cartographie des flux Ecoprobe de CO_2, CH_4 et TP et flux CH_4 Inspectra simulés pour la réalisation 23 (flux en ml/m²/s).

5.5 Incorporation des données de puits

Dans cette section, sont incorporées aux résultats précédents les mesures de flux réalisées à proximité des puits. Les cartographies des flux sont mises à jour.

5.5.1 Cartographie des mesures aux puits

La Figure 20 montre les mesures de flux réalisées près des puits. A l'exception du puits 24 (qui correspond au FD11 de l'exploitant, voir Figure 1), tous les puits situés sur le tumulus réhabilité sont en dehors de la zone d'étude et ne seront pas pris en compte par la suite. Sur les 30 puits mesurés, seuls 20 sont ainsi situés dans la zone d'étude. Il convient cependant de noter que des flux importants ont été mesurés à proximité du puits 30 (ou FD1, voir Figure 1). Un flux de CH_4 a également été mesuré par l'Inspectra à proximité du puits 22 (FD9, voir Figure 1).

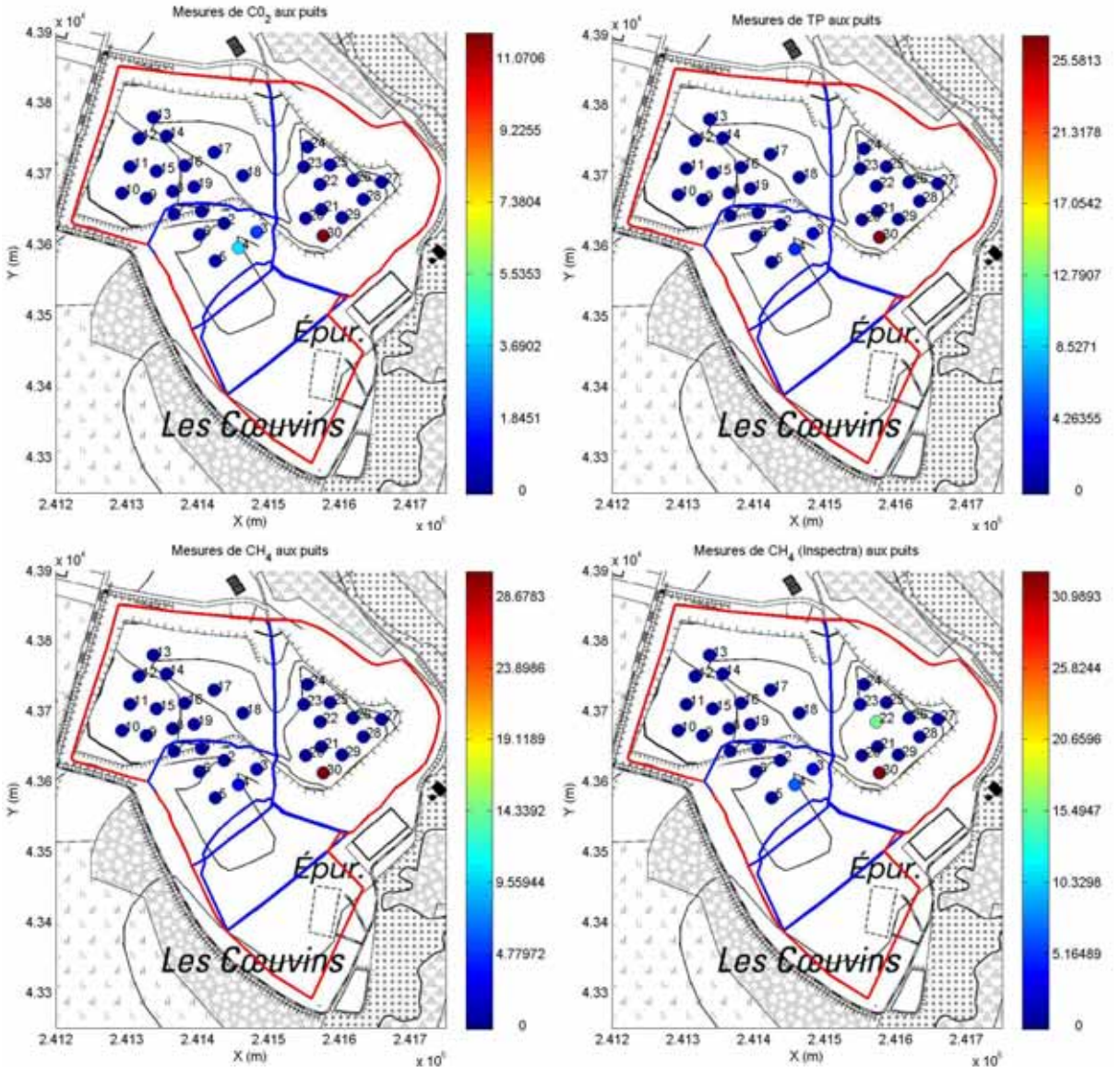


Figure 20 : Cartographie des mesures de flux auprès des puits pour l'Ecoprobe (CO_2, TP et CH_4) et l'Inspectra (CH_4) (flux en ml/m²/s). A côté de chaque puits est indiqué son numéro (référence ISSeP).

5.5.2 Statistiques sur les données de puits

Le Tableau 4 fournit les statistiques des mesures effectuées à proximité immédiate des puits. Par comparaison avec le Tableau 1, les valeurs moyennes et maximum des mesures près des puits sont plus faibles (entre 0.20 et 0.52 fois pour les moyennes, entre 0.17 et 0.51 fois pour les maxima) que celles qui en sont plus éloignées. Même si les écarts-types sont également plus faibles, les coefficients de variation sont du même ordre de grandeur. Ces valeurs plus faibles près des puits peuvent être le signe d'une bonne gestion du pompage dans ceux-ci, ou d'un colmatage efficace autour des puits. En tout cas, ces résultats sont fondamentalement différents de ceux obtenus sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert où les flux près des puits étaient nettement plus importants que sur le reste du C.E.T.

En conséquence, il est décidé de ne pas mettre à jour les cartes simulées pour tenir compte des données près des puits car l'incorporation des mesures proches de puits ne modifierait probablement pas substantiellement les estimations faites sans celles-ci.

Il convient de faire remarquer ici que le rapport entre flux de CH4 et flux de CO2 est différent entre les mesures situées loin des puits (0.91) et celles situées à proximité de ceux-ci (0.42). Les causes de cette différences ne sont pas claires et il peut paraître étonnant que le biogaz apparaisse plus oxydé près des puits que sur le reste du C.E.T.

Tableau 4 : Statistiques sur les données aux puits de flux et de pentes de concentration pour le CO_2, le CH_4 et le TP mesurés par Ecoprobe ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra. Flux en ml/m²/sec.

Appareil de mesure	Ecoprobe			Inspectra
Statistique	Flux de CO2	Flux de TP	Flux de CH4	Flux de CH4
Nbre de données	20	20	20	20
Moyenne	0.41	0.28	0.17	0.44
Ecart-type	0.95	0.97	0.57	1.56
Coeff. de variation	2.31	3.48	3.31	3.51
minimum	0	0	0	0
Q0.025	0.00	0	0	0
Q0.050	0.01	0	0	0
Q0.100	0.03	0	0	0
Q0.250	0.04	0	0	0
Q0.500	0.12	0	0	0.0000
Q0.750	0.22	0	0	0.0018
Q0.900	1.19	0.69	0.54	1.04
Q0.950	3.03	2.77	1.72	4.42
Q0.975	3.99	4.16	2.36	6.77
maximum	3.99	4.16	2.36	6.77

5.6 Estimation du flux global moyen et du flux global total

Le Tableau 5 donne les statistiques des distributions de flux global moyen obtenus par cosimulation pour des quatre variables. Les quantiles à 0.025 et 0.975 définissent l'intervalle de confiance à 95% sur les flux globaux moyens.

Le flux en CO_2 y est significativement plus élevé que le flux en TP ou en CH_4. Le flux global en CH_4 estimé sur base des données Inspectra est environ 40% plus élevé que celui estimé sur base des données Ecoprobe.

Le flux total pour le C.E.T. est calculé en multipliant les valeurs estimées de flux global moyen par la surface totale de la zone d'étude :

$$Flux_{Total} = S.Flux_{Moyen}$$

La surface totale du C.E.T. de Habay est estimée à 15.5 ha. Mais la surface prise en compte dans cette étude exclut la zone de versage et le tumulus réhabilité. Elle vaut donc finalement 74 498 m² (7.5 ha). On obtient ainsi les statistiques sur les flux totaux estimés par simulations reprises dans le Tableau 6.

Tableau 5 : Statistiques des distributions de flux moyen global en CO_2, CH_4 et TP mesurés par Ecoprobe ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra. Unités : ml/m²/sec.

Appareil	Ecoprobe			Inspectra
	CO_2	TP	CH_4	CH_4
Moyenne	0.9920	0.2813	0.2497	0.3479
Ecart-type	0.1722	0.0493	0.0471	0.0611
Coefficient de variation	0.1736	0.1753	0.1887	0.1756
Minimum	0.5876	0.1725	0.1493	0.2083
Q0.025	0.6306	0.1819	0.1574	0.2199
Q0.05	0.7466	0.2134	0.1866	0.2611
Q0.1	0.7900	0.2232	0.1941	0.2691
Q0.25	0.8651	0.2498	0.2183	0.3052
Q0.5	0.9803	0.2776	0.2427	0.3477
Q0.75	1.1047	0.3126	0.2792	0.3840
Q0.9	1.2198	0.3390	0.3062	0.4256
Q0.95	1.2567	0.3674	0.3337	0.4621
Q0.975	1.3502	0.4030	0.3745	0.4854
Maximum	1.4308	0.4242	0.3914	0.5044

Tableau 6 : Statistiques des distributions de flux total pour le C.E.T. en CO_2, CH_4 et TP mesurés par Ecoprobe ainsi que pour le CH_4 mesuré par Inspectra. Unités : ml/sec.

Appareil	Ecoprobe			Inspectra
	CO_2	TP	CH_4	CH_4
Moyenne	73 902	20 956	18 602	25 918
Ecart-type	12 829	3 673	3 509	4 552
Coefficient de variation	0.1736	0.1753	0.1887	0.1756
Minimum	43 775	12 851	11 123	15 518
Q0.025	46 979	13 551	11 726	16 382
Q0.05	55 620	15 898	13 901	19 451
Q0.1	58 854	16 628	14 460	20 047
Q0.25	64 448	18 610	16 263	22 737
Q0.5	73 031	20 681	18 081	25 903
Q0.75	82 298	23 288	20 800	28 607
Q0.9	90 873	25 255	22 811	31 706
Q0.95	93 622	27 371	24 860	34 426
Q0.975	100 587	30 023	27 900	36 161
Maximum	106 592	31 602	29 159	37 577

6. COMMENTAIRES FINAUX

Pour la seconde fois, cette étude a été réalisée sans mesures de pentes de concentration à la cloche Odotech. L'Inspectra a été utilisé à nouveau en parallèle avec l'Ecoprobe pour obtenir des mesures de flux.

La comparaison des mesures de méthane avec les deux appareils confirme les conclusions tirées lors de l'étude sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert :

- Avec seulement 28.5% de valeurs nulles contre 77% pour l'Ecoprobe, l'Inspectra démontre à nouveau sa plus grande sensibilité aux valeurs faibles.
- Les courbes temporelles sont très similaires et les valeurs de flux qui en sont tirées sont très bien corrélées (coefficient de corrélation égal à 0.9606).

En ce qui concerne l'impact des mesures réalisées près des puits, il est à l'opposé de ce qui avait été observé sur Mont-Saint-Guibert. Sur le C.E.T. d'Habay, les mesures près des puits sont en moyenne plus faibles que celles qui en sont plus éloignées. Ce peut être le signe d'une bonne gestion du pompage dans les puits et/ou d'un bon colmatage autour des puits. Considérant que leur influence sera négligeable, ces mesures ne sont donc pas utilisées pour mettre à jour les cartes de flux.

Il convient cependant de noter que les mesures de flux les plus élevées réalisées près des puits ont été obtenues sur le tumulus réhabilité. Il conviendrait de vérifier que le pompage et le colmatage de cette zone ne présentent pas de lacunes. Sur le tumulus réhabilité, seuls trois puits sont opérationnels : FD6, FD7 et FD9 (les plus proches du dispositif de collecte central). Les autres ne sont pas connectés, ce qui peut expliquer ce constat.

En ce qui concerne les estimations de flux totaux, les simulations fournissent un intervalle de confiance à 95% égal à :

- [46 979 ; 100 587] ml/sec. pour le CO_2,
- [13 551 ; 30 023] ml/sec. pour les TP,
- [11 726 ; 27 900] ml/sec. pour le CH_4 Ecoprobe et
- [16 382 ; 36 161] ml/sec. pour le CH_4 Inspectra.

Ces flux sont très faibles. Une zone de flux relativement importants a été identifiée au sud du C.E.T., à proximité de la zone de versage, ce qui est logique vu l'absence de couverture provisoire ou définitive (contrairement au tumulus ou au casier A). A part celle-ci, seuls trois spots de flux plus élevés ont été identifiés, mais leur extension est très limitée.

Pour faire baisser les flux totaux, il peut être recommandé au gestionnaire du site de colmater les zones principales de fuites mises en évidence par cette étude. Pour le reste, la couverture du C.E.T. apparaît comme peu perméable aux gaz ou le C.E.T. est globalement peu émissif en biogaz.

Lors de la prochaine campagne de surveillance, il est recommandé à l'ISSeP de vérifier si les flux ont bien été réduits dans les zones de dégazage identifiées lors de la présente étude. Il pourrait également être proposé aussi à l'exploitant de pomper dans le puits 30 (FD1) pour voir si cela a un impact sur les émissions convectives au droit de cet ouvrage.

Annexe 3 : Etude de la qualité de l'air ambiant à proximité du C.E.T. de Habay (Rapport ISSeP 226/2014)

(38 pages)

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

ISSeP
Institut scientifique de service public
Métrologie environnementale
Recherche - Analyses
Essais - Expertises

Siège social et site de Liège :
Rue du Chéra, 200
B-4000 Liège
Tél : +32(0)4.229.83.11
Fax : +32(0)4.252.46.65
Site web : http://www.issep.be

Site de Colfontaine :
Zoning A. Schweitzer
Rue de la Platinerie
B-7340 Colfontaine
Tél : +32(0)65.61.08.11
Fax : +32(0)65.61.08.08

Liège, le 20 mars 2014

Etude de la qualité de l'air ambiant à proximité du CET de Habay

Campagne 2013

Rapport n°0226/2014

Sébastien FAYS
Attaché,
Cellule Qualité de l'air.

Cédric LUTHERS
Attaché,
Cellule Qualité de l'air.

Wallonie

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Table des matières

1. INTRODUCTION 3

2. METHODE D'ENQUETE 3

3. MATERIEL 6

4. DONNEES METEOROLOGIQUES 8

5. METHANE (CH_4) 11

6. AMMONIAC (NH_3) 14

7. SULFURE D'HYDROGENE (H_2S) 17

8. BENZENE (C_6H_6) 20

9. TOLUENE (C_7H_8) 23

10. LIMONENE ($C_{10}H_{16}$) 26

11. AUTRES POLLUANTS DOSES EN CONTINU 29

ANNEXE 1 : STATIONS DE MESURES

ANNEXE 2 : PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET PARAMETRES DE REGLAGE DES ANALYSEURS

ANNEXE 3 : CALCUL DES ROSES DE POLLUTION

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

1. Introduction

Cette étude sur la qualité de l'air ambiant en bordure du C.E.T. d'Habay-la-Neuve a été réalisée dans le cadre de la convention « Mise en place et exploitation d'un réseau de contrôle des pollutions et nuisances liées aux C.E.T. en Région wallonne » signée entre la D.G.A.R.N.E. et l'ISSeP. Par qualité de l'air ambiant, on entend la concentration de différents polluants dans l'air ambiant, c'est-à-dire la conjonction de la pollution de fond et de la pollution résultant des émissions d'une installation, et dans ce cas-ci, du C.E.T. d'Habay-la-Neuve.

Cette étude a pour objectif de déterminer la pollution maximale engendrée par le C.E.T., et plus précisément de ses différentes unités de traitement, dans son proche environnement.

La campagne de mesures a été réalisée du 23/06/2013 au 03/12/2013.

2. Méthode d'enquête

La méthode d'enquête utilisée pour cette étude est similaire à celle déjà utilisée précédemment par l'ISSeP lors d'études réalisées autour de ce même C.E.T. en 2005 et 2009, ainsi que d'autres C.E.T. en Wallonie.

Cette méthode consiste à évaluer l'apport en polluant engendré par le C.E.T. dans son proche environnement. Celui-ci est évalué en comparant les mesures de la qualité de l'air ambiant, réalisées en continu et en parallèle, en deux points situés directement en bordure du site étudié. Le premier, situé en amont par rapport aux vents dominants (sud-ouest/nord-est), permet de mesurer la pollution de fond pour la région, tandis que le second, situé en aval, permet de mesurer, en plus, la pollution engendrée par le C.E.T. Leurs rôles respectifs s'inversent si le vent est opposé à la direction dominante.

Pour cette étude, deux stations de mesures ont été installées sur les sites « RMHB05 » et « RMHB08 » dans la partie nord du CET, là où se concentrent les différentes unités de traitement (voir Figures 2.1 et 2.2). La station « RMHB05 » a été installée à l'est de la dalle aéraulique de bioséchage des déchets ménagers, en aval par rapport aux vents dominants pour la région. Ce site fut également retenu lors de l'étude précédente en 2009. La station « RMHB08 » a, quant à elle, été installée entre la plate-forme n°1 et le hall de stockage. La station est située à quelques mètres au sud-ouest de l'aire de compostage, et donc en amont de celle-ci par rapport aux vents dominants pour la région.

Les Figures 2.1 et 2.2 montrent les emplacements des stations de mesures concernées. L'Annexe 1 montre les stations de mesures dans leur environnement local.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Figure 2.1 : Localisation des stations de mesures – Vue générale du C.E.T.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

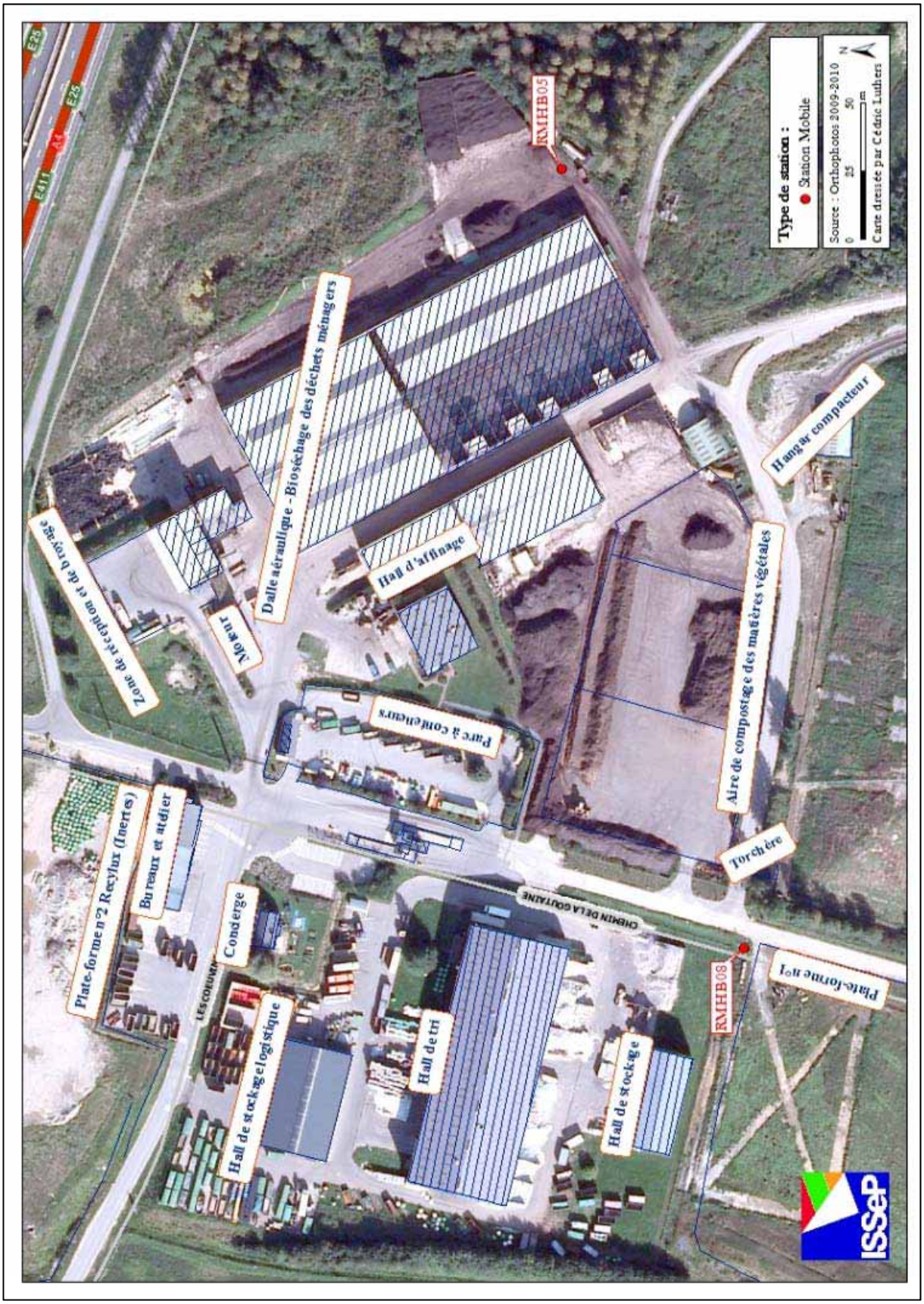


Figure 2.2 : Localisation des stations de mesures – Zone nord du C.E.T.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

3. Matériel

Les stations de mesures se présentent sous la forme de remorques (3m x 2m x 2m) dans lesquelles sont installés les analyseurs. Elles sont raccordées au réseau électrique local.

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 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 l'Annexe 2. Une calibration et un contrôle des paramètres des analyseurs sont périodiquement effectués.

Chaque remorque possède un système d'acquisition des données raccordé, par liaison série, aux différents analyseurs. Il réalise une lecture des canaux de mesures toutes les 10 s et calcule des moyennes semi-horaires. Ces systèmes sont interrogés à distance par GSM deux fois par jour pour récupérer les données.

Dans ce rapport, les résultats sont présentés sous la forme de valeurs semi-horaires**.**

Deux types de mesures complémentaires ont été réalisés au cours de cette étude :

1) Des mesures en continu de polluants gazeux :

Les polluants mesurés sont :

- le méthane (CH_4), qui est un excellent traceur de l'évolution de la biodégradation des déchets organiques en anaérobie, et par conséquent de l'activité d'enfouissement des C.E.T. ;
- l'ammoniac (NH_3), excellent traceur de la biodégradation en aérobie ;
- le sulfure d'hydrogène (H_2S), servant de traceur pour les odeurs ;
- les hydrocarbures aromatiques monocycliques légers (BTEX) et principalement le benzène (C_6H_6) et le toluène (C_7H_8), importants pour l'analyse toxicologique ;
- le limonène ($C_{10}H_{16}$), très souvent cité dans la littérature scientifique sur les C.E.T. comme traceur de l'odeur des déchets « frais » ;
- le pinène ($C_{10}H_{16}$), autre composé présent dans l'odeur des déchets « frais ».

2) Des mesures en continu des paramètres météorologiques :

Les paramètres météorologiques mesurés en continu sont : la direction et la vitesse du vent, la température, la pression atmosphérique et le degré d'humidité. La combinaison des données de la direction et de la vitesse du vent, avec celles des mesures de pollution, permet de tracer des roses de pollution (voir Annexe 3). Celles-ci sont des représentations graphiques de l'apport en polluant pour chaque secteur de vent ; elles indiquent l'origine géographique du polluant.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Le Tableau 3.1 résume les paramètres mesurés sur les différents sites de l'étude.

Stations	Informations concernant la station de mesures	Polluants mesurés en continu	Paramètres météorologiques
RMHB05	Station Aval - Nord-est A proximité de la zone de bioséchage des déchets ménagers	CH_4 NH_3 H_2S BTEX LIMONENE A-PINENE	Direction du vent Vitesse du vent Température Humidité
RMHB08	Station Amont - Sud-ouest A proximité de la zone de compostage des matières végétales	CH_4 NH_3 H_2S BTEX LIMONENE A-PINENE	Direction du vent Vitesse du vent Température Humidité

Tableau 3.1 : Paramètres mesurés sur les différents sites

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

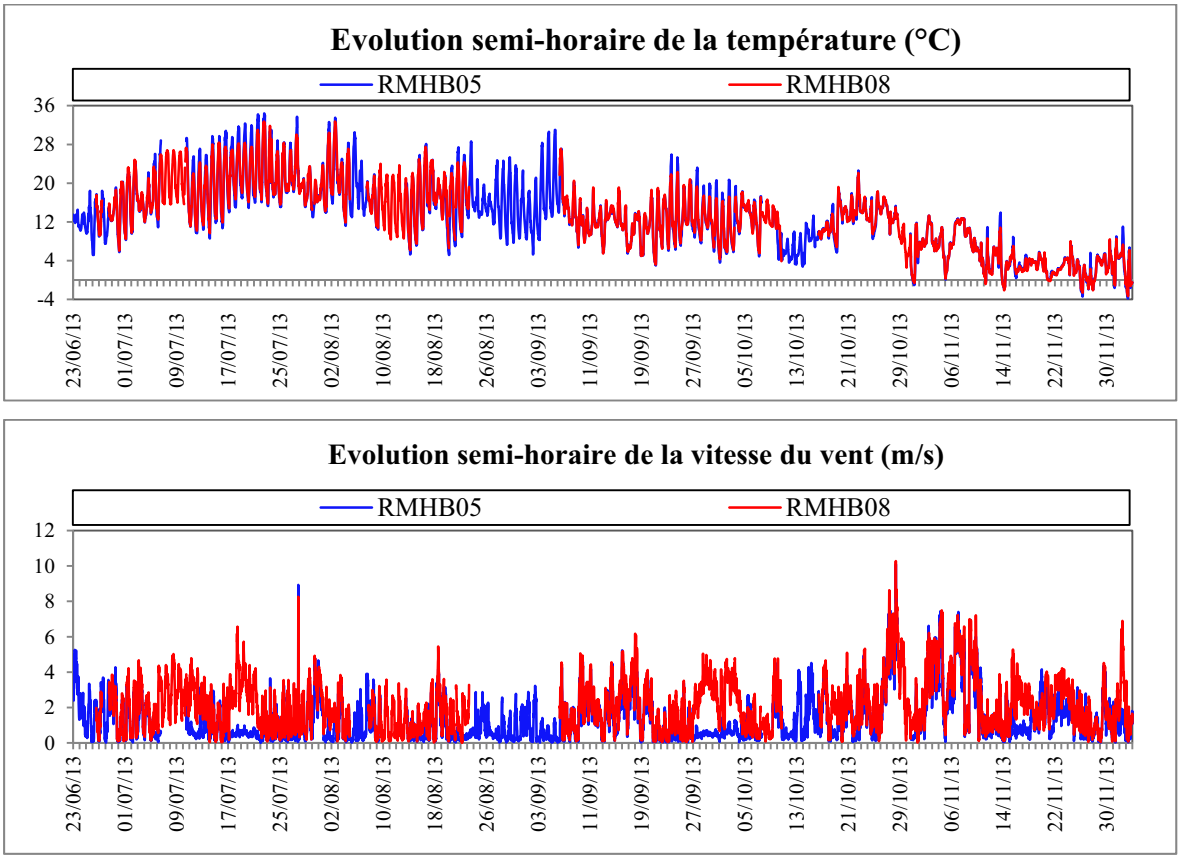
4. Données météorologiques

Les données météorologiques ont été enregistrées du 23/06/13 au 03/12/13 aux deux stations de mesures (RMHB05 et RMHB08). Le Tableau 4.1 reprend quelques paramètres statistiques pour la température. Ceux-ci donnent une première idée des conditions météorologiques rencontrées durant la campagne de mesures.

Station	Nombre de valeurs	Moyenne (°C)	Médiane (°C)	Minimum (°C)	Maximum (°C)
RMHB05	7320	12,7	12,7	-3,8	34,4
RMHB08	6527	12,9	12,8	-3,3	32,7

Tableau 4.1 : Température – Valeurs semi-horaires – (23/06/13 au 03/12/13)

La Figure 4.1 montre l'évolution des principaux paramètres météorologiques mesurés. La vitesse du vent est mesurée à une hauteur de 9 m environ, la température et l'humidité sont mesurées à une hauteur approximative de 2 m.



Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

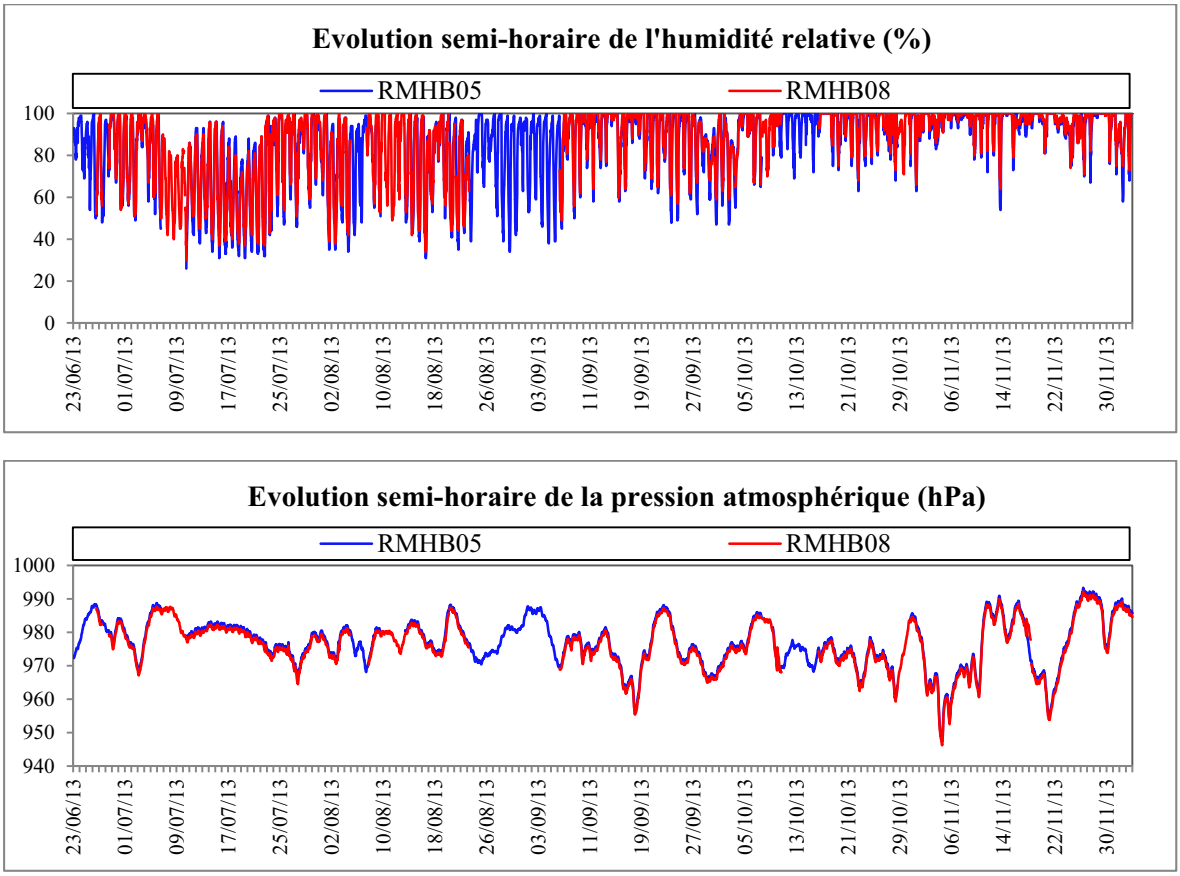


Figure 4.1 : Evolution des paramètres météorologiques – (23/06/13 au 03/12/13)

La Figure 4.2 donne les roses des vents pour la période de mesures concernée, tracée selon la méthode décrite dans l'Annexe 3. La direction du vent est mesurée à une hauteur approximative de 9 m.

La rose des vents de la station RMHB05 renseigne que les vents ont soufflé principalement du secteur sud-ouest (environ 60 % du temps), qui est d'ailleurs la direction des vents dominants pour la région. Ensuite, les vents les plus fréquents ont été ceux du nord-ouest (environ 18 % du temps), du nord-est (environ 17 % du temps) et finalement du sud-est (environ 5 % du temps). La station a été sous l'influence de la zone de traitement des déchets (de 240° à 300°) pendant 42 % du temps et 29 % pour la zone d'enfouissement du CET (de 140° à 240°).

La rose des vents de la station RMHB08 renseigne que les vents ont soufflé principalement du secteur sud-ouest (environ 46 % du temps), qui est d'ailleurs la direction des vents dominants pour la région. Ensuite, les vents les plus fréquents ont été ceux du nord-est (environ 41 % du temps), du nord-ouest (environ 7 % du temps) et finalement du sud-est (environ 6 % du temps). La station a été sous l'influence de la zone de traitement des déchets (de 30° à 100°) pendant 41 % du temps et 4 % pour la zone d'enfouissement du CET (de 100°-190°).

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

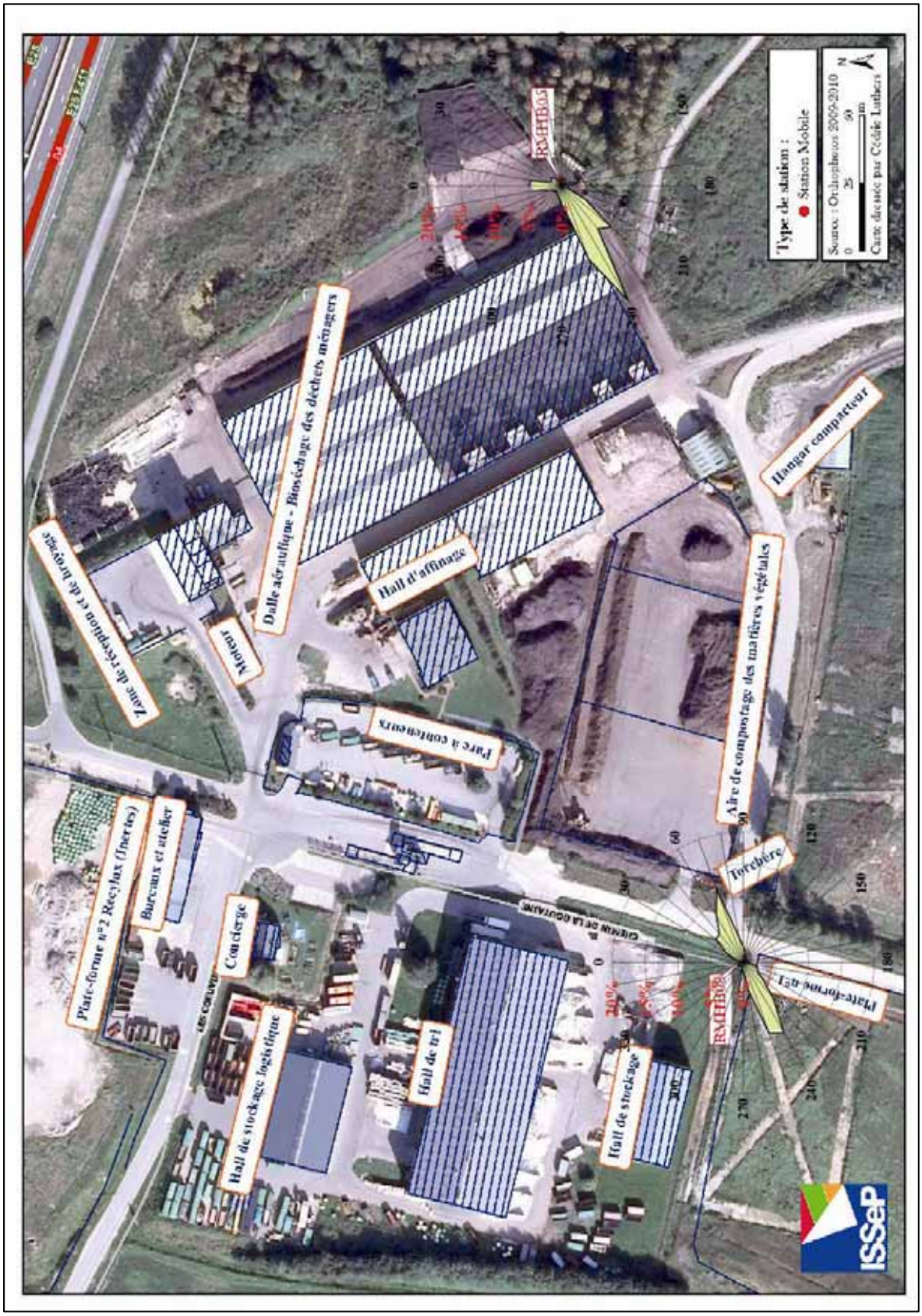


Figure 4.2 : Roses des vents – (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

5. Méthane (CH_4)

5.1. Description, origine et impact sur l'environnement

Le méthane est un hydrocarbure de formule brute CH_4. C'est un gaz que l'on trouve à l'état naturel et qui est produit par des organismes vivants. Il est principalement reconnu comme étant un des principaux gaz à effet de serre. Aux conditions normales de température et de pression, c'est un gaz incolore et inodore. Plus léger que l'air, le méthane en milieu non confiné s'échappe vers la haute atmosphère. Dans le passé, le taux de méthane dans l'atmosphère a varié souvent parallèlement à la température. Le méthane dans l'air a augmenté d'environ 150 % depuis 1750 et atteint aujourd'hui un taux inégalé dans l'histoire, principalement suite aux activités humaines. Le méthane serait responsable d'environ 20 % du réchauffement moyen enregistré depuis le début de la révolution industrielle.

Le méthane est utilisé comme liquide réfrigérant ainsi que comme combustible. Il compose jusqu'à 90 % le gaz naturel et constitue le principal composant du biogaz issu du traitement des déchets organiques. Le méthane est le seul hydrocarbure classique qui peut être obtenu rapidement et facilement grâce à un processus biologique naturel. Il est fabriqué par des bactéries méthanogènes qui vivent dans des milieux anaérobiques, c'est-à-dire sans oxygène.

Les émissions de méthane étaient estimées à 165.325 tonnes en 1998. Les principales sources d'émissions en Wallonie sont l'agriculture (59,8 %), le traitement des déchets (29,7 %) et l'extraction et distribution de carburants (6,2 %) (Corinair DGRNE 1998). Au niveau mondial, les sources principales sont la fermentation anaérobie sous l'eau (32 %), les énergies fossiles et le biogaz (21 %), les ruminants (16 %), les déchets humains (12 %) et la décomposition de biomasse (10 %).

La pollution de fond en méthane dans un environnement exempt de sources importantes se situe aux alentours de 1,35 mg/m³.

5.2. Normes et valeurs-guides

Il n'existe pas de normes ou de valeurs-guides pour le méthane dans l'air ambiant.

5.3. Résultats

Le Tableau 5.3.1 résume les valeurs semi-horaires enregistrées pour le méthane. Les centiles 95 représentent les valeurs telles que 95 % des mesures leur soient inférieurs.

Station	Nombre de valeurs	Moyenne (mg/m³)	Médiane (mg/m³)	Centile 95 (mg/m³)	Maximum (mg/m³)
RMHB05	6582	1,56	1,30	2,67	10,65
RMHB08	5867	1,96	1,27	5,85	23,05

Tableau 5.3.1 : Méthane – Valeurs semi-horaires – (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

La Figure 5.3.1 montre l'évolution des valeurs semi-horaires relative au méthane. Les concentrations en méthane rencontrées à la station RMHB08 sont en moyenne légèrement supérieures à celles rencontrées à l'autre station (RMHB05). La station RMHB08 présente des épisodes de pollution plus fréquents et plus élevés. Les données enregistrées à la station RMHB05 sont du même ordre de grandeur que celles enregistrées à la même station en 2009 (rapport ISSeP référencé 1892/2009).

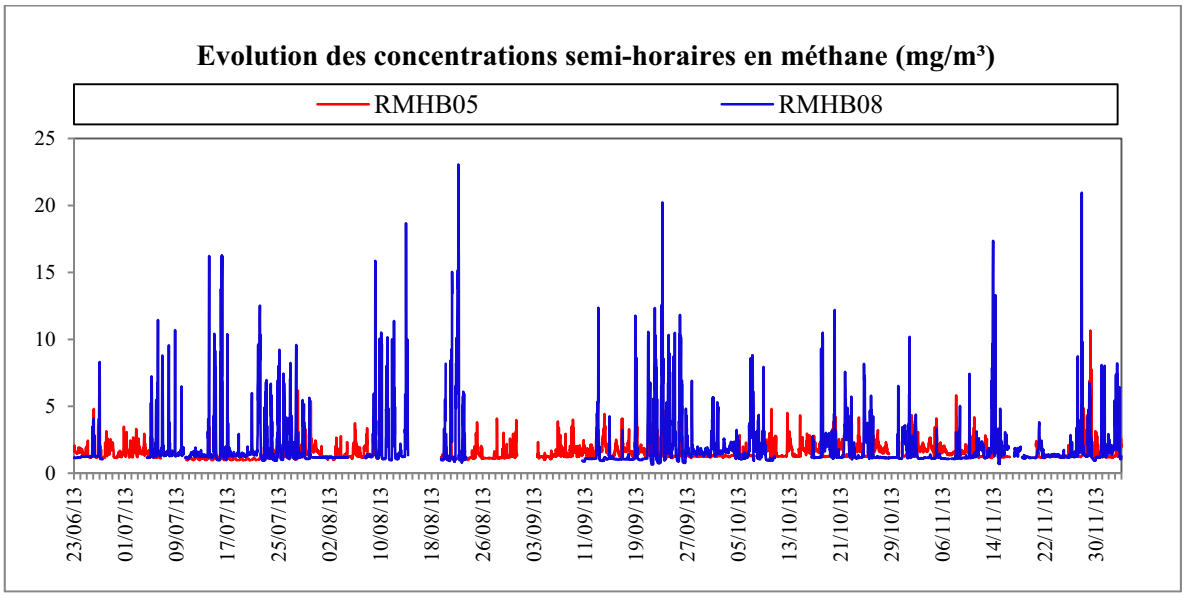


Figure 5.3.1 : Méthane – Evolution des valeurs semi-horaires – (23/06/13 au 03/12/13)

La Figure 5.3.2 reprend les roses de pollution en méthane. Les roses de pollution relatives au méthane pour les deux stations de mesures montrent deux zones distinctes d'émissions. La première zone correspond à l'aire de compostage des matières végétales ; la seconde correspond à la zone d'enfouissement du CET. Lorsque les vents (vitesse supérieure à 1 m/s) proviennent des deux secteurs précédemment cités, les concentrations sont supérieures à la valeur de fond (Tableau 5.3.2). Lorsque les vents proviennent de la zone de traitement des déchets (secteurs 240° à 330° pour RMHB05 et secteurs 30° à 100° pour RMHB08), la moyenne des concentrations mesurées est de 1,64 mg/m³ pour RMHB05 et de 1,81 mg/m³ pour RMHB08. Lorsque les vents proviennent de zone d'enfouissement (secteurs 140° à 240° pour RMHB05 et secteurs 100° à 190° pour RMHB08), la moyenne des concentrations mesurées est de 1,57 mg/m³ pour RMHB05 et de 1,93 mg/m³ pour RMHB08. Lorsque les vents proviennent des autres directions, la moyenne des concentrations mesurées est de 1,23 mg/m³ pour RMHB05 et de 1,17 mg/m³ pour RMHB08.

La rose de pollution en méthane relative à la station RMHB05 indiquait déjà les mêmes apports en provenance du sud-ouest, lors de l'étude réalisée en 2009.

Station	Vents en provenance de la zone de traitement des déchets	Vents en provenance de la zone d'enfouissement des déchets	Vents en provenance des autres directions
RMHB05	1,64	1,57	1,23
RMHB08	1,81	1,93	1,17

Tableau 5.3.2 : Tableau récapitulatif des apports en méthane (mg/m³) – (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

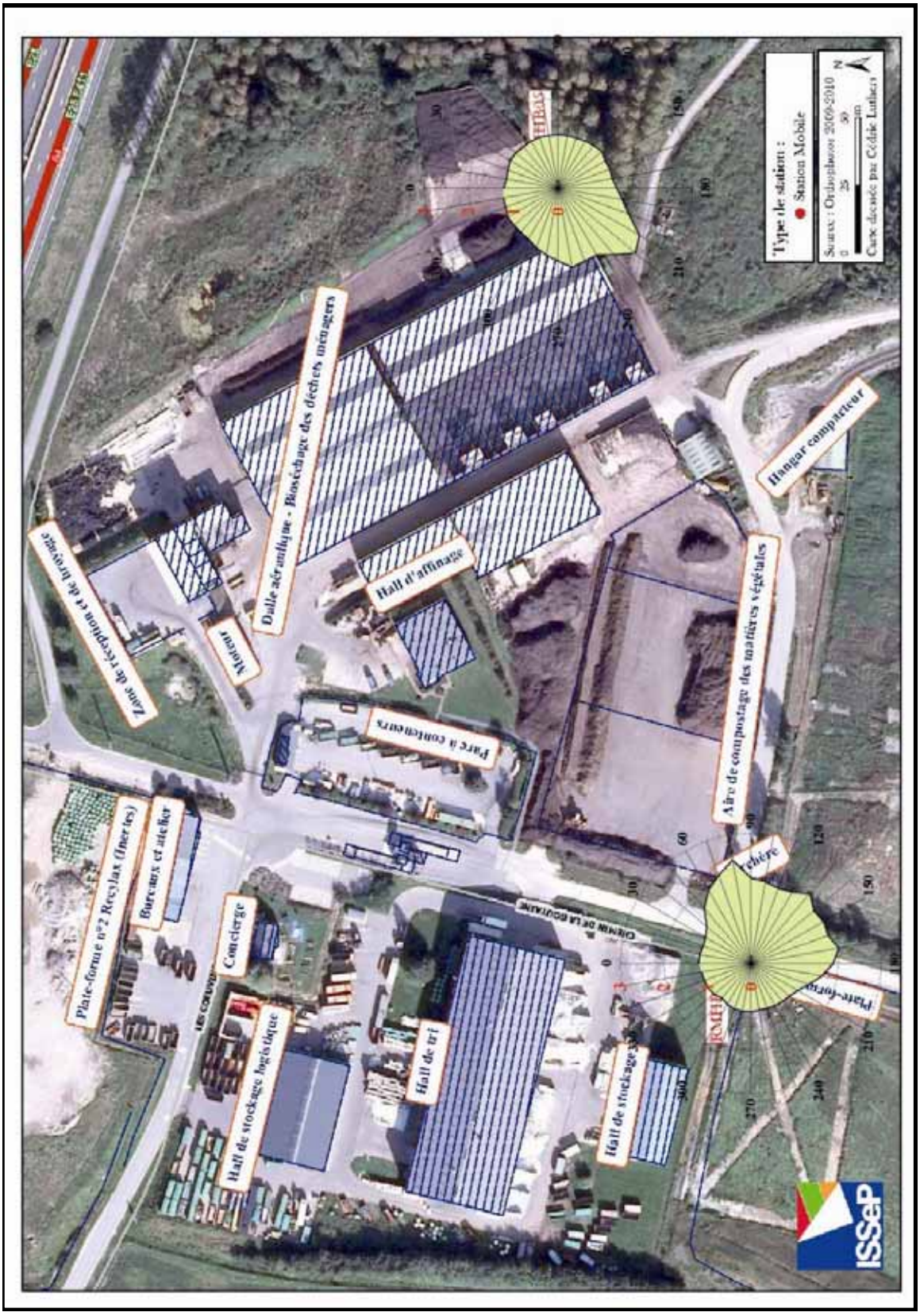


Figure 5.3.2 : Méthane (mg/m³) – Roses de pollution – (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

6. Ammoniac (NH_3)

6.1. Description, origine et impact sur l'environnement

L'ammoniac est un gaz incolore qui dégage une odeur âcre, pénétrante et extrêmement irritante. L'ammoniac est utilisé en tant que tel, mais aussi pour la fabrication de composés d'ammonium dans différents secteurs de la chimie : la fabrication des engrais, la synthèse de l'acide nitrique et dans la fabrication des matières plastiques. Il est également utilisé pour la fabrication de l'hydrazine, des pesticides, des détergents et des produits d'entretien. C'est également un agent inhibiteur de corrosion et un réfrigérant.

Les vapeurs d'ammoniac sont alcalines et très solubles dans l'eau. En présence d'eau, il forme de l'hydroxyde d'ammonium très caustique :

$$NH_3 + H_2O = NH_4OH \text{ (hydroxyde d'ammonium).}$$

Les émissions globales de NH_3 en Wallonie se répartissent approximativement comme suit (année 2004) :

Source émettrice	Proportion
Agriculture	92,0 %
Transport routier	3,3 %
Industrie (procédés)	2,4 %
Déchets	1,1 %
Industrie (combustion)	0,8 %
Autres	0,4 %

Tableau 6.1.1 : Ammoniac (NH_3) - Sources d'émission en Région wallonne (MRW - DGRNE - DPA - Tableau de Bord de l'Environnement Wallon 2006)

Une exposition aux vapeurs d'ammoniac entraîne des brûlures au niveau des muqueuses de la peau, des yeux, du nez, du pharynx et du larynx et de tout l'arbre respiratoire (plus ou moins profond en fonction de la concentration).

Concentration habituelle en ville : 17,5 µg/m³ (OMS, 1986).

6.2. Normes et valeurs-guides

Il n'y a pas de réglementation pour la qualité de l'air extérieur. Il existe néanmoins deux valeurs limite en hygiène industrielle.

	Période considérée	Valeur limite
Valeur limite pour les expositions industrielles	8 h	14000 µg/m^3
Valeur limite pour de courte durée d'exposition	15 min	36000 µg/m^3

Tableau 6.2.1 : NH_3 - Valeurs limites en hygiène industrielle (Arrêté royal du 11/03/02)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Selon l'INERIS, le seuil olfactif de détection de l'ammoniac est très variable (de quelques dixièmes de ppm à plus de 100). Ce seuil est en moyenne de 32,6 mg/m^3 (46,8 ppm) avec une valeur minimale, en général, de 3,7 mg/m^3 (3,9 ppm) pour les individus les plus sensibles.

6.3. Résultats

Le Tableau 6.3.1 résume les valeurs semi-horaires pour l'ammoniac.

Station	Nombre de valeurs	Moyenne (µg/m³)	Médiane (µg/m³)	Centile95 (µg/m³)	Maximum (µg/m³)
RMHB05	6576	4	2	13	34
RMHB08	7221	13	8	41	141

Tableau 6.3.1 : Ammoniac (NH_3) - Valeurs semi-horaires - (23/06/13 au 03/12/13)

Les concentrations enregistrées au cours de cette étude ont été plus importantes à la station RMHB08, à proximité de l'air de compostage des matières végétales. Au cours de cette étude, le seuil olfactif donné pour les individus les plus sensibles n'a jamais été atteint.

La Figure 6.3.1 montre les évolutions des concentrations semi-horaires en ammoniac.

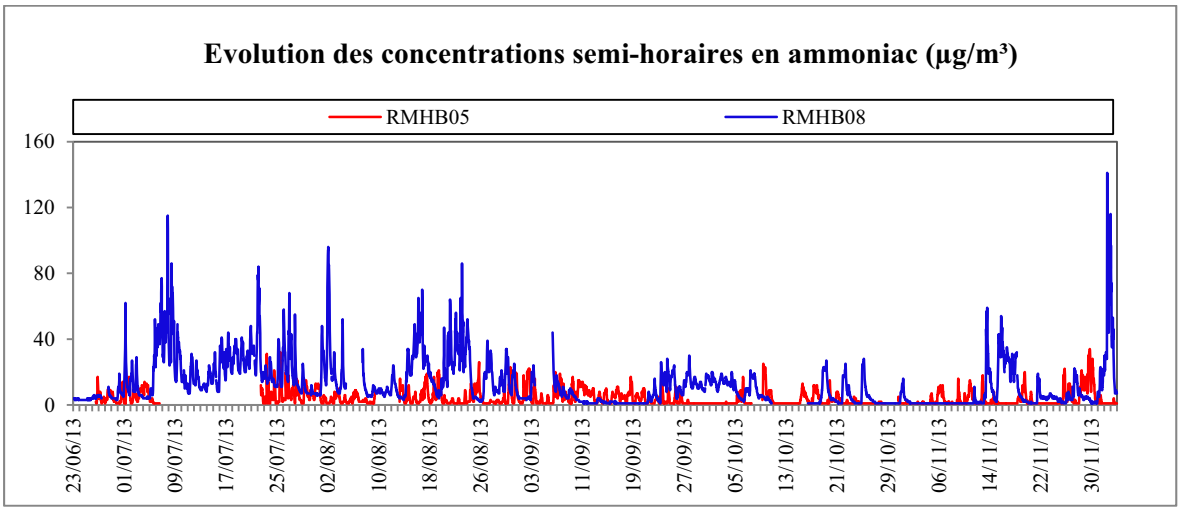


Figure 6.3.1 : Ammoniac (NH_3) - Evolution des concentrations semi-horaires - (23/06/13 au 03/12/13)

La Figure 6.3.2 reprend les roses de pollution en ammoniac. Celles-ci montrent en particulier des apports en provenance de l'aire de compostage des matières végétales située entre les deux stations. La rose de pollution relative à la station RMHB08 indique également des apports en provenance du sud-est, en direction de la zone d'enfouissement du CET. Le Tableau 6.3.3 reprend les apports en ammoniac en fonction de la direction du vent (pour des vitesses de vent supérieures à 1 m/s).

Station	Vents en provenance de la zone de traitement des déchets	Vents en provenance de la zone d'enfouissement des déchets	Vents en provenance des autres directions
RMHB05	9	3	3
RMHB08	20	15	6

Tableau 6.3.2 : Tableau récapitulatif des apports en ammoniac (µg/m³) – (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

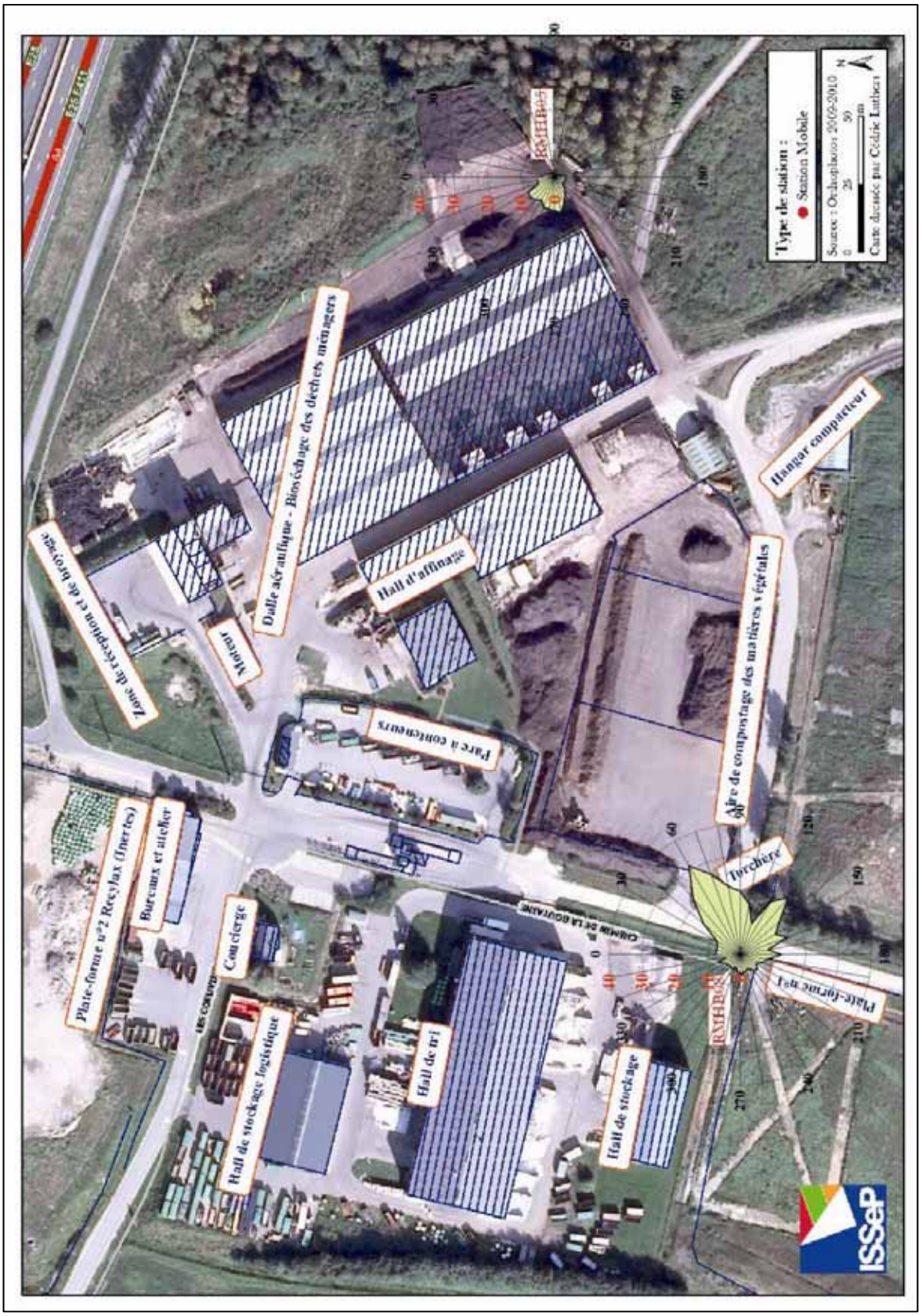


Figure 6.3.2 : Ammoniac (µg/m³) - Roses de pollution - (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

7. Sulfure d'hydrogène (H_2S)

7.1. Description, origine et impact sur l'environnement

Le sulfure d'hydrogène, ou hydrogène sulfuré, se présente sous la forme d'un gaz incolore, plus lourd que l'air, d'odeur repoussante très caractéristique. La sensation olfactive n'augmente pas en proportion de la concentration dans l'air ; il peut même arriver que l'odeur particulière, décelable à de faibles concentrations, s'atténue ou même disparaisse à fortes concentrations. Il peut être formé en présence de matières organiques et de sulfates, dans des conditions anaérobies. La plus grosse partie du sulfure d'hydrogène dans l'atmosphère provient de sources naturelles : eaux sulfurées, marais salins et zones d'activités géothermiques.

Le sulfure d'hydrogène est un composé toxique, provoquant des troubles respiratoires, des contractures musculaires, des pertes de connaissance, et même des œdèmes en cas d'intoxication aiguë. Il peut également provoquer à plus faible dose des irritations oculaires, des troubles nerveux (céphalées, vertiges, …), pulmonaires ou gastro-intestinaux. Cependant, le sulfure d'hydrogène pose plus de problèmes de nuisances olfactives que de réels problèmes de santé publique.

7.2. Normes et valeurs-guides

En ce qui concerne les problèmes de santé publique, les premiers effets du sulfure d'hydrogène (irritations oculaires) commencent à des concentrations de l'ordre de 15 mg/m³ et les premiers dommages sérieux ont lieu à des concentrations de 70 mg/m³. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande un facteur de sécurité égal à 100 par rapport aux premiers effets sur la santé et donne une valeur-guide de 150 µg/m³ (sur 24 h).

En ce qui concerne les problèmes de nuisances olfactives, les valeurs citées dans la littérature scientifique pour le seuil de perception du sulfure d'hydrogène varient fortement suivant les sources. L'OMS recommande de ne pas dépasser les 7 µg/m³ sur une demi-heure, afin d'éviter ces problèmes d'odeur caractéristique. Notre choix s'est porté sur cette valeur de 7 µg/m³, en gardant à l'esprit que certaines tranches de la population pourront percevoir le sulfure d'hydrogène à des teneurs plus faibles, alors que d'autres ne sentiront rien.

7.3. Résultats

Le Tableau 7.3.1 résume les valeurs semi-horaires enregistrées pour le sulfure d'hydrogène. La valeur de 1 µg/m^3 correspond à la limite de détection. Les valeurs rencontrées au cours de cette étude à la station RMHB05 sont du même ordre de grandeur que celles rencontrées lors de l'étude de 2009.

Station	Nombre de valeurs	Moyenne (µg/m³)	Médiane (µg/m³)	Centile 95 (µg/m³)	Maximum (µg/m³)
RMHB05	6752	2	1	5	29
RMHB08	7235	2	1	6	98

Tableau 7.3.1 : Sulfure d'hydrogène (H_2S) – Valeurs semi-horaires – (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Durant la campagne de mesures, la valeur semi-horaire de 7 µg/m³ donnée par l'OMS (seuil olfactif) a été dépassée 145 fois à la station RMHB05 (2,1 % du temps) et 261 fois à la station RMHB08 (3,6 % du temps). Les valeurs journalières enregistrées au cours de cette étude sont nettement inférieures à la valeur-guide de 150 µg/m³ donnée par l'OMS.

La Figure 7.3.1 montre l'évolution des valeurs semi-horaires relatives au sulfure d'hydrogène.

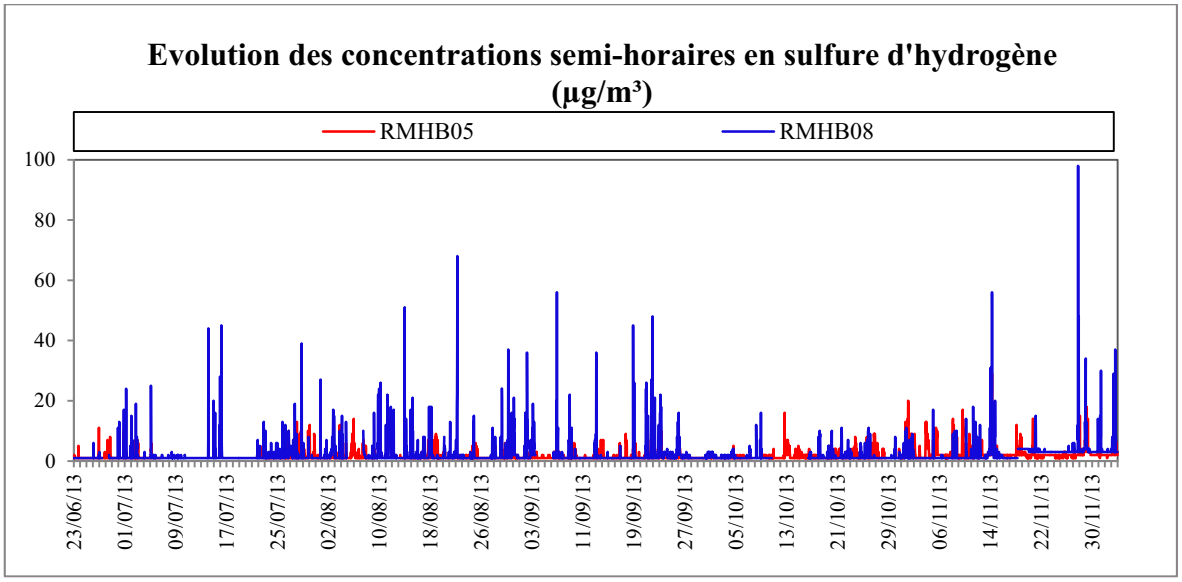


Figure 7.3.1 : Sulfure d'hydrogène – Evolution des valeurs semi-horaires (23/06/13 au 03/12/13)

La Figure 7.3.2 reprend les roses de pollution du sulfure d'hydrogène pour les stations RMHB05 et RMHB08. Les roses de pollution indiquent respectivement des apports en provenance du sud-ouest et du sud-est, direction de la zone d'enfouissement du CET.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

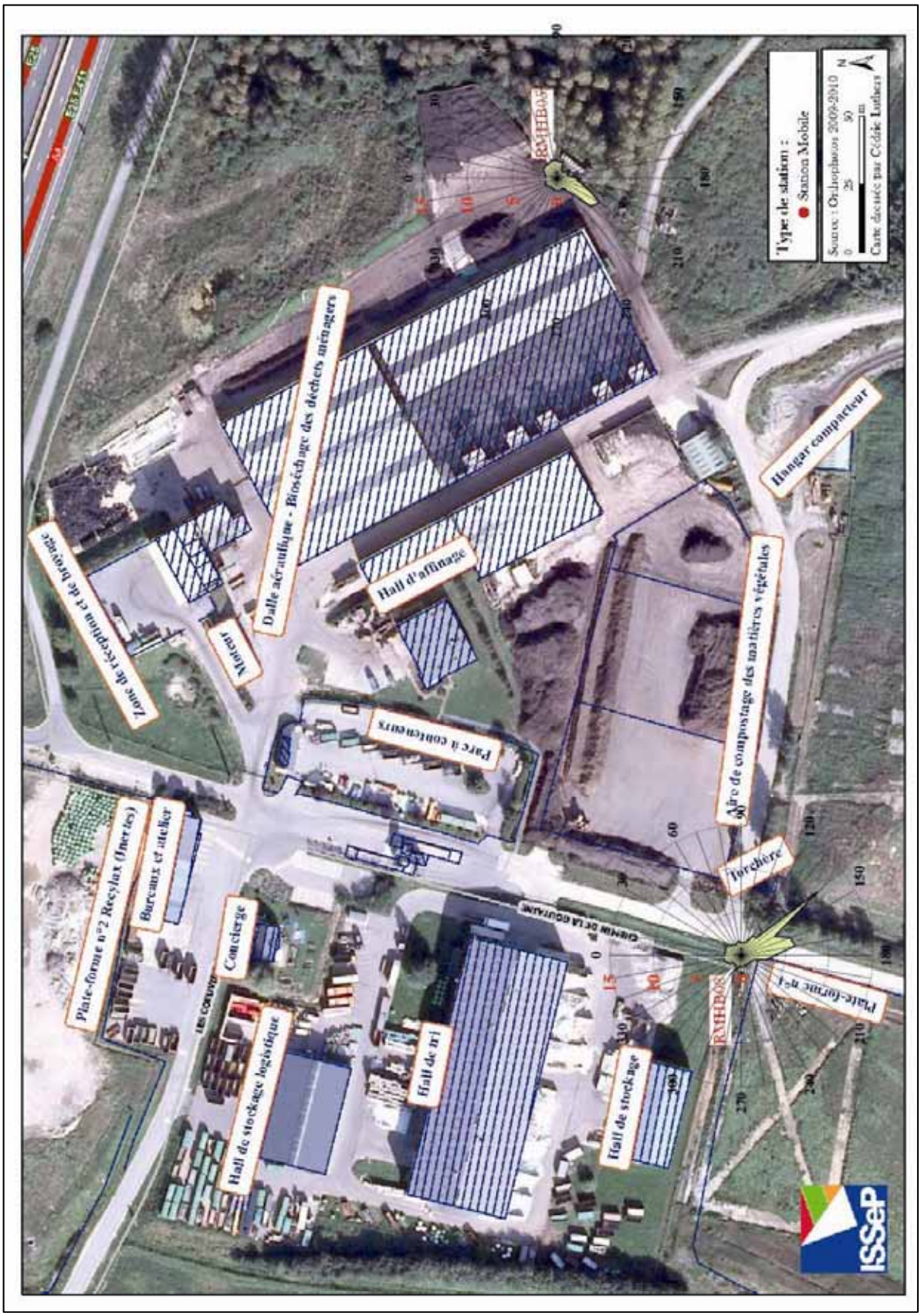


Figure 7.3.2 : Sulfure d'hydrogène (µg/m³) – Roses de pollution (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

8. Benzène (C_6H_6)

8.1. Description, origine et impact sur l'environnement

Le benzène (C_6H_6) est un composé organique volatil (COV) faisant partie de la famille des hydrocarbures aromatiques monocycliques. Le benzène est uniquement présent de manière naturelle dans l'environnement à de très faibles niveaux, principalement dans les pétroles. L'essence contient du benzène. Il est utilisé comme solvant pour une grande gamme de substances et peut également être formé par la combustion incomplète de bois, de charbon, ou de composés organiques.

Le benzène présente un intérêt particulier vu sa toxicité élevée et ses effets cancérigènes. Les effets sont : irritations des yeux, irritations des organes respiratoires, troubles cardiaques, affections du foie et des reins, problèmes sanguins, maux de tête, troubles du système nerveux. Généralement, ces effets ont lieu à des concentrations bien supérieures à celles rencontrées dans l'environnement. A des concentrations plus faibles, mais sur de longues périodes, le benzène est cancérigène. La principale source d'ingestion du benzène dans le corps se fait par la respiration. 50 % du benzène inhalé est absorbé par le corps. A cause de sa grande solubilité dans les graisses et sa faible solubilité dans l'eau, le benzène se distribue dans les tissus riches en graisse, comme les tissus adipeux ou la moelle osseuse ce qui peut provoquer des leucémies. Dans l'organisme, le benzène est métabolisé en d'autres substances (catéchol, phénols, hydroquinones, …), métabolites qui sont toxiques pour l'organisme. Une fois absorbé, le benzène peut être éliminé tel quel par la respiration ou sous forme de métabolites dans l'urine.

8.2. Normes et valeurs-guides

Au niveau européen, la Directive européenne 2008/50/CE, transcrite en Arrêté du Gouvernement wallon le 15/07/2010, définit la norme pour le benzène.

Période de calcul de la moyenne	Valeur limite pour la protection de la santé humaine
Année civile	5 µg/m³

Tableau 8.2.1 : Benzène – Valeur limite (Directive 2008/50/CE)

Pour l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le benzène étant cancérigène, il n'y a pas de concentration en dessous de laquelle il n'y a aucun risque.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

8.3. Résultats

Le Tableau 8.3.1 résume les valeurs semi-horaires enregistrées pour le benzène.

Station	Nombre de valeurs	Moyenne (µg/m³)	Médiane (µg/m³)	Centile 95 (µg/m³)	Maximum (µg/m³)
RMHB05	*5894**	*0,5*	*0,4*	*1,5*	*3,8*
RMHB08	7043	0,2	0,2	0,6	2,3

**Nombre de données < 75 %*

Tableau 8.3.1 : Benzène – Valeurs semi-horaires (23/06/13 au 03/12/13)

Si le respect formel de la valeur limite de la Directive ne peut être évalué que sur la base d'une série annuelle de données, une extrapolation linéaire permettrait néanmoins de conclure que ces valeurs respecteraient largement la valeur limite (5 µg/m³). Les concentrations rencontrées au cours de cette étude à la station RMHB05 sont du même ordre de grandeur que celles observées en 2009 à cette même station.

La Figure 8.3.1 montre les évolutions des valeurs semi-horaires relatives au benzène. Les concentrations mesurées sont fréquemment supérieures à la station RMHB05, en particulier en fin de campagne.

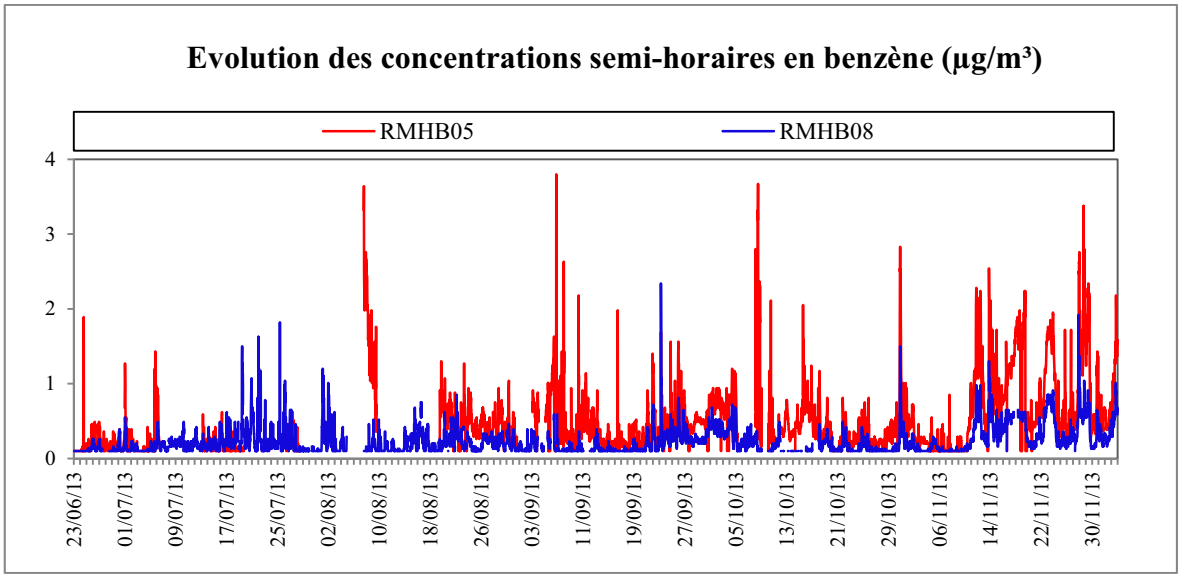


Figure 8.3.1 : Benzène – Evolution des valeurs semi-horaires (23/06/13 au 03/12/13)

La Figure 8.3.2 reprend les roses de pollution pour le benzène. La rose relative à la station RMHB05 montre un apport majoritaire en provenance du nord-est. La rose relative à la station RMHB08 montre, quant à elle, des apports légèrement plus importants en provenance de l'est.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

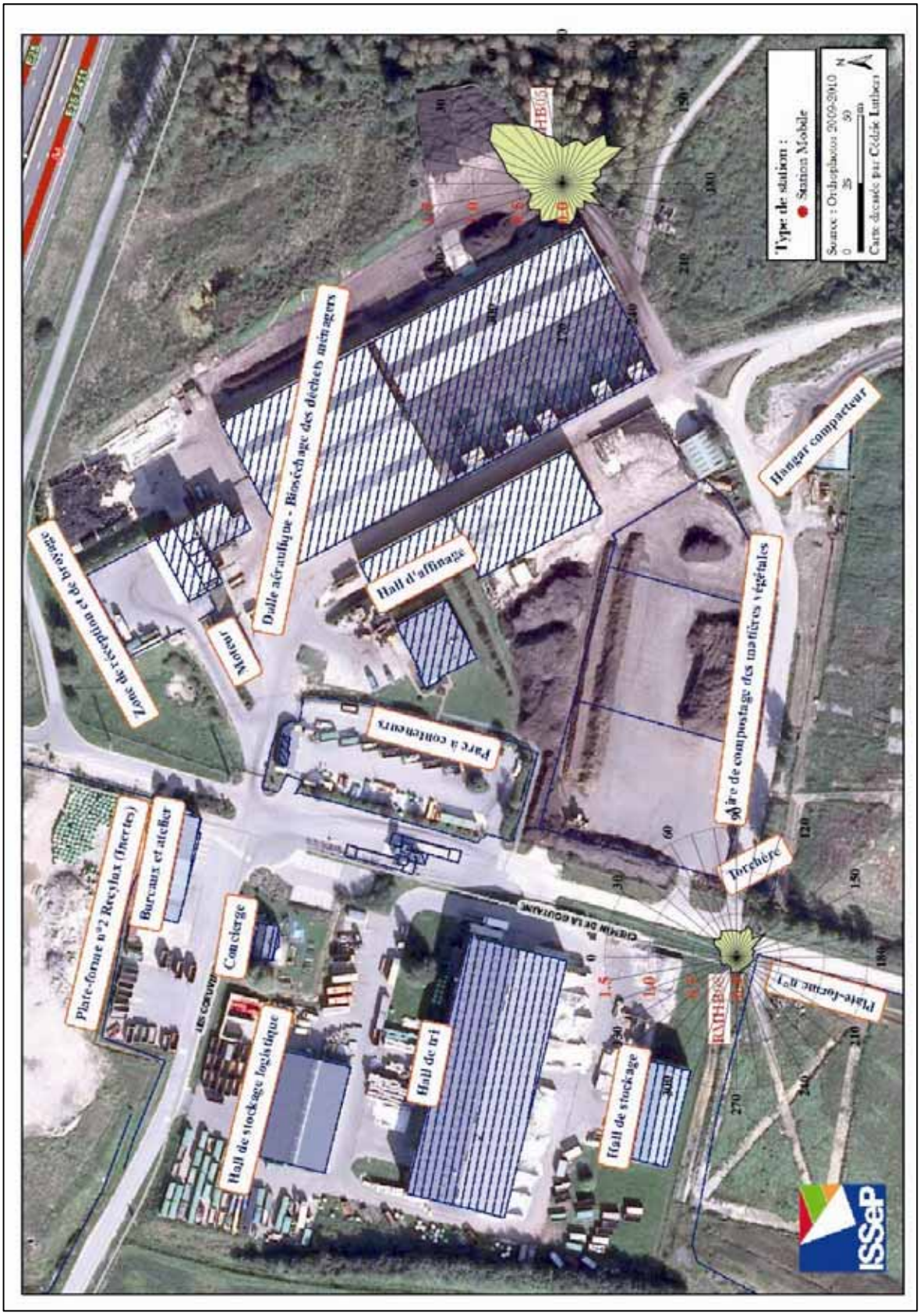


Figure 8.3.2 : Benzène (µg/m³) – Roses de pollution (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

9. Toluène (C_7H_8)

9.1. Description, origine et impact sur l'environnement

Le toluène est un hydrocarbure aromatique monocyclique. Les principales sources industrielles de toluène sont les raffineries de pétrole, les cokeries et la production d'autres produits chimiques comme le styrène. Le toluène est également utilisé, mélangé au benzène et aux xylènes, pour augmenter le taux d'octane des produits pétroliers et le trafic routier constitue une source importante de libération de toluène dans l'air. Le toluène peut également être émis par l'utilisation du charbon et, enfin, certains végétaux peuvent rejeter du toluène. Il est employé comme solvant pour les peintures, encres ou colles, ou entre dans la fabrication de produits cosmétiques.

Dans la troposphère, le toluène est éliminé par réaction avec les radicaux hydroxyles et son temps de vie dépend largement de leur concentration dans l'air, et donc de l'activité photochimique. Ainsi, en hiver, le temps de vie peut s'élever jusqu'à quelques mois, contre quelques jours seulement en été. Le toluène contribue donc à la formation de SMOG photochimique, d'ozone et de formaldéhyde.

Les niveaux de toluène peuvent être plus élevés à l'intérieur des bâtiments qu'en plein air, à cause de l'utilisation de peintures ou l'usage du tabac. L'air constitue la principale voie d'exposition : entre 40 et 60 % du toluène inhalé est absorbé par le corps humain. Dans le corps, on retrouve le toluène dans les tissus adipeux, les reins, le foie et le cerveau. 20 % du toluène ingéré est éliminé par les voies respiratoires, le reste étant rapidement métabolisé par le foie et éliminé via les urines. Contrairement au benzène, on n'a pas pu mettre en évidence d'effet cancérigène pour le toluène. Il se révèle néanmoins toxique, à haute concentration, pour le système nerveux central, l'intoxication se traduisant par de la fatigue, de la confusion, une perte de la coordination, une détérioration du temps de réaction et de la vitesse de perception.

Aux très fortes concentrations, le toluène peut être irritant pour les yeux. Il est en général difficile d'étudier les effets d'une exposition à long terme au toluène, car l'exposition s'accompagne souvent d'une exposition à d'autres substances, comme le benzène.

9.2. Normes et valeurs-guides

L'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS) a défini des valeurs-guides ("Air Quality Guidelines for Europe" (1987)) pour le toluène.

Composé	Valeurs-guides
Toluène	260 µg/m³ (1 semaine) 1000 µg/m³ (30 min), seuil d'odeur

Tableau 9.2.1 : Toluène – Valeurs-guides OMS

Ce composé est moins toxique que le benzène. Si on se réfère aux valeurs admissibles en hygiène industrielle, sa toxicité est environ 60 fois moindre.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

9.3. Résultats

Le Tableau 9.3.1 résume les valeurs semi-horaires enregistrées pour le toluène. Les concentrations moyennes rencontrées aux deux stations sont faibles et du même ordre de grandeur.

Station	Nombre de valeurs	Moyenne (µg/m³)	Médiane (µg/m³)	Centile 95 (µg/m³)	Maximum (µg/m³)
RMHB05	*5520**	*0,6*	*0,3*	*1,7*	*12,0*
RMHB08	7171	0,5	0,3	1,0	64,6

**Nombre de données < 75 %*

Tableau 9.3.1 : Toluène – Valeurs semi-horaires (23/06/13 au 03/12/13)

Toutes ces valeurs sont largement inférieures aux valeurs-guides de l'Organisation Mondiale de la Santé. Les concentrations observées au cours de cette étude à la station RMHB05 sont du même ordre de grandeur que celles rencontrées en 2009 à cette même station.

La Figure 9.3.1 montre les évolutions des valeurs semi-horaires relatives au toluène. Remarque : au cours de la nuit du 13/11 au 14/11, un pic de pollution en toluène est enregistré à la station RMHB08. Ce pic peut s'expliquer par des mauvaises conditions de dispersion des polluants. Le même épisode de pollution est observé pour d'autres composés organiques comme les m+p-xylènes et l'éthylbenzène. On le retrouve également, mais dans une moindre mesure, pour le méthane, le sulfure d'hydrogène et l'ammoniac.

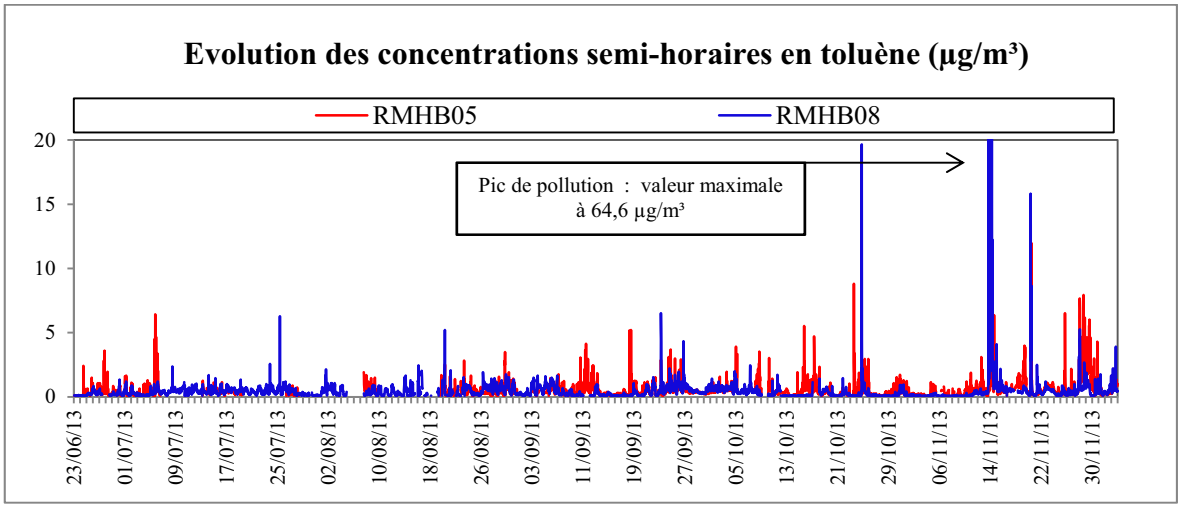


Figure 9.3.1 : Toluène – Evolution des concentrations semi-horaires (23/06/13 au 03/12/13)

La Figure 9.3.2 reprend les roses de pollution pour le toluène. La rose relative à la station RMHB05 montre des apports en provenance de la zone de bioséchage des déchets ménagers. La rose de pollution de la station RMHB08 indique des apports légèrement plus importants en provenance du nord-est, direction dans laquelle on retrouve également cette zone de bioséchage des déchets ménagers.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Figure 9.3.2 : Toluène (µg/m³) – Roses de pollution (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

10. Limonène ($C_{10}H_{16}$)

10.1. Description, origine et impact sur l'environnement

Le limonène $C_{10}H_{16}$ est un hydrocarbure mono-terpénique présent dans de nombreuses huiles essentielles à partir desquelles il peut être obtenu par distillation. Le limonène tire son nom du citron qui, comme les autres agrumes, contient des quantités considérables de ce composé chimique, responsable en grande partie de leur parfum.

Comme l'odeur principale qui constitue les agrumes, le limonène est utilisé dans l'industrie agroalimentaire ainsi que dans l'industrie pharmaceutique pour parfumer les médicaments. Il est également utilisé dans les produits nettoyants pour son odeur rafraîchissante orange-citron et son effet dissolvant. Le limonène est également de plus en plus utilisé comme solvant, notamment le dégraissage des machines, puisqu'il est produit depuis une source renouvelable, l'huile de citrus, comme un sous-produit de la fabrication de jus d'orange. Le limonène fonctionne comme solvant à peinture lorsqu'elle est appliquée sur du bois.

Les déchets frais produisent des substances gazeuses qui ont la principale caractéristique d'être extrêmement odorante. Une étude spécifique menée par le laboratoire DCMS sur une large période de temps, a permis de distinguer des traceurs chimiques caractéristiques des odeurs provenant des déchets frais. L'odeur des déchets frais peut être ainsi corrélée principalement à la présence d'hydrocarbures mono-terpéniques dont le limonène est le composé le plus représentatif.

Le limonène peut être absorbé par l'organisme par inhalation d'aérosols, par la peau et par ingestion. Le limonène et ses produits d'oxydation en grande concentration sont irritants pour la peau. La plupart des cas d'irritation ont été signalés chez des personnes exposées à long terme en milieu industriel au composé pur (par exemple, lors d'opération de dégraissage avant mise en peinture). Un contact répété ou prolongé peut causer une sensibilisation cutanée si la substance a été oxydée.

10.2. Résultats

Le Tableau 10.2.1 résume les valeurs semi-horaires enregistrées pour le limonène. La valeur de 0,1 µg/m^3 correspond à la limite de détection. Les concentrations enregistrées à la station RMHB08 sont largement supérieures à celles relatives à la station RMHB05. Les concentrations rencontrées au cours de cette étude à la station RMHB05 sont du même ordre de grandeur que celles observées en 2009 à cette même station.

Station	Nombre de valeurs	Moyenne (µg/m³)	Médiane (µg/m³)	Centile 95 (µg/m³)	Maximum (µg/m³)
RMHB05	*4197**	*1,0*	*0,1*	*2,2*	*77,4*
RMHB08	*4919**	*15,5*	*2,1*	*75,9*	*399,4*

**Nombre de données < 75 %*

Tableau 10.2.1 : Limonène – Valeurs semi-horaires (23/06/13 au 03/12/13)

L'American Industrial Hygiene Association fixe le seuil de perception olfactive du limonène à 10 µg/m³. Durant la campagne de mesures, ce seuil a été dépassé 109 fois à la station RMHB05 (2 % du temps) et 1528 fois à la station RMHB08 (31 % du temps).

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

La Figure 10.2.1 montre les évolutions des valeurs semi-horaires relatives au limonène pour les stations RMHB05 et RMHB08. La ligne verte symbolise le seuil de perception olfactive du limonène.

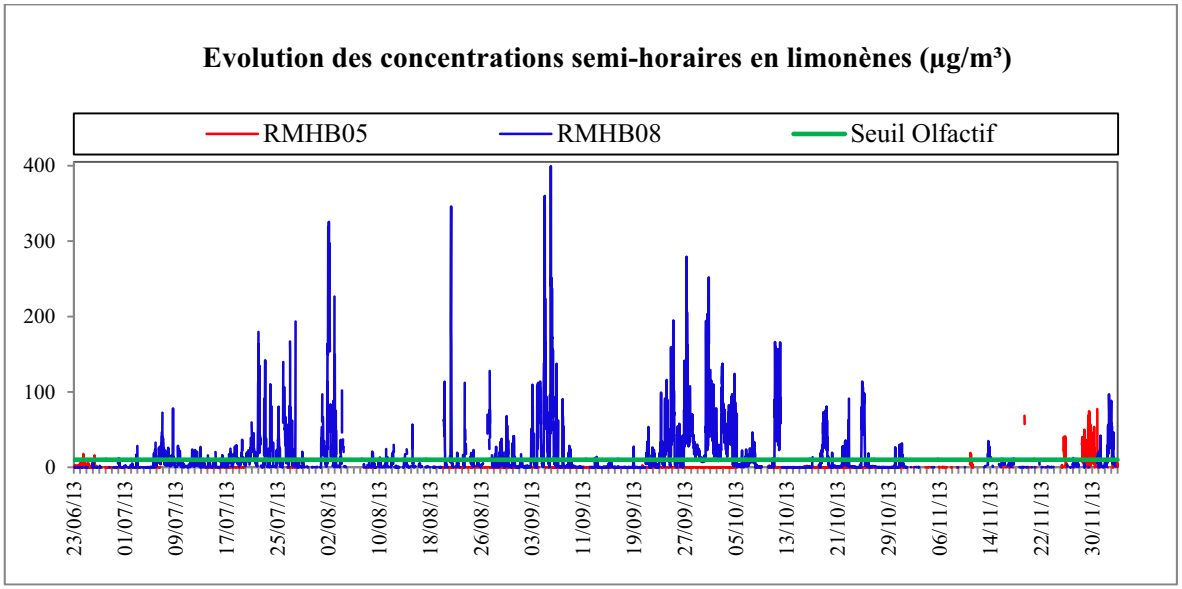


Figure 10.2.1 : Limonène – Evolution des concentrations semi-horaires (23/06/13 au 03/12/13)

La Figure 10.2.2 reprend les roses de pollution pour le limonène. Pour une question de lisibilité, l'échelle des roses a été adaptée. La rose de pollution pour la station RMHB08 indique des apports clairs et importants en provenance de la zone de compostage des matières végétales. Pour la station RMHB05, la rose indique des apports en provenance de l'ouest, en direction de la zone de traitement du C.E.T.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

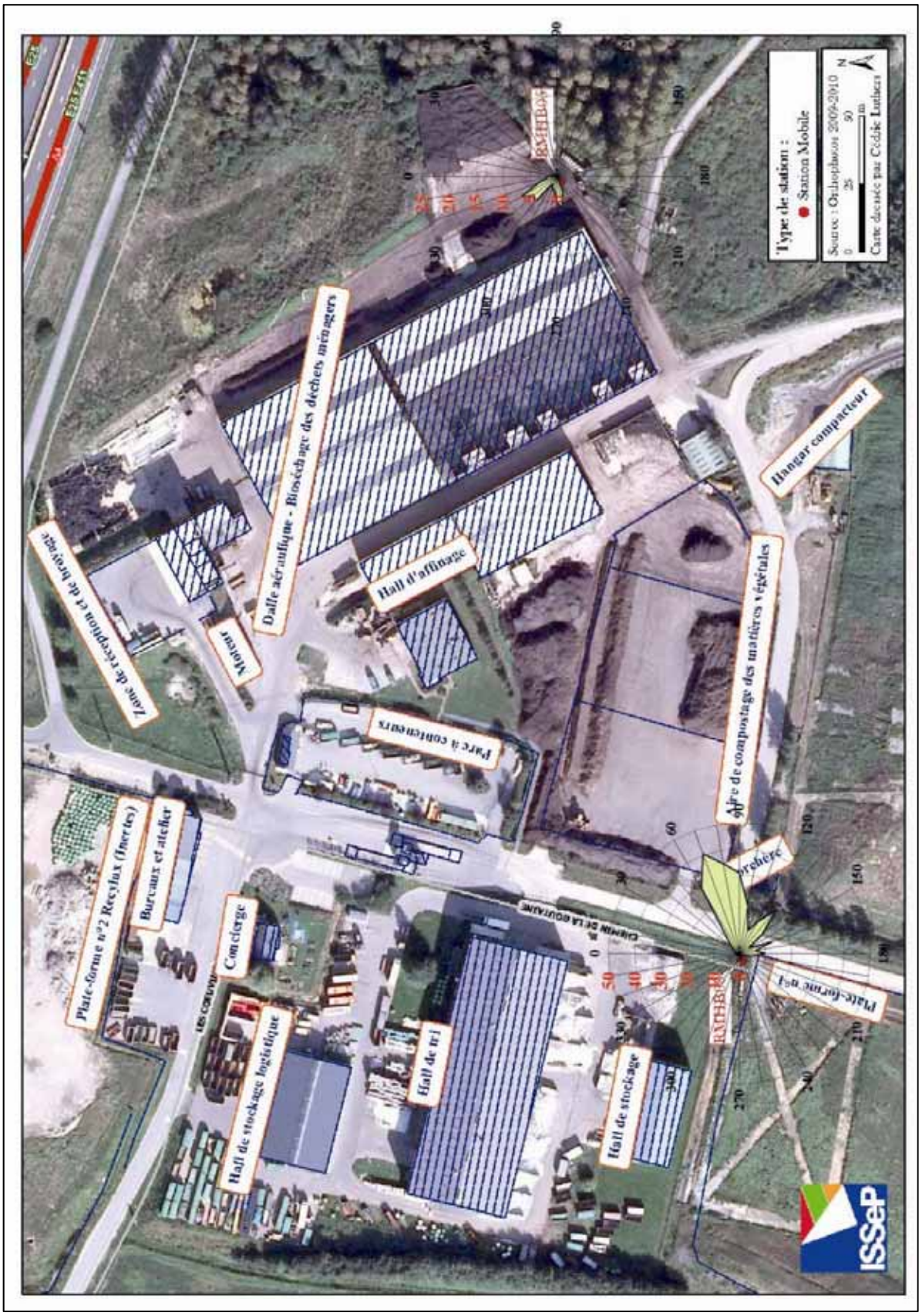


Figure 10.2.2 : Limonène (µg/m³) – Roses de pollution (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

11. Autres polluants dosés en continu

11.1. Résultats

Les Tableaux 11.1.1 et 11.1.2 reprennent quelques paramètres statistiques résumant les valeurs semi-horaires enregistrées pour l'éthylbenzène, les m+p-xylènes et l'α-pinène mesurés en continu pour les deux stations. La valeur de 0,1 µg/m³ correspond à la limite de détection.

RMHB05	Nombre de valeurs	Moyenne (µg/m³)	Médiane (µg/m³)	Centile 95 (µg/m³)	Maximum (µg/m³)
éthylbenzène	*4002**	*0,2*	*0,1*	*0,3*	*16,9*
m+p-xylènes	*4109**	*0,4*	*0,1*	*1,3*	*77,4*
α-pinène	*5314**	*0,7*	*0,1*	*3,1*	*21,0*

**Nombre de données < 75 %*

Tableau 11.1.1 : Autres polluants – Valeurs semi-horaires RMHB05 – (23/06/13 au 03/12/13)

RMHB08	Nombre de valeurs	Moyenne (µg/m³)	Médiane (µg/m³)	Centile 95 (µg/m³)	Maximum (µg/m³)
éthylbenzène	*6764**	0,2	0,1	0,6	38,3
m+p-xylènes	*6693**	0,4	0,1	0,8	112,4
α-pinène	*4810**	0,3	0,2	15,4	49,7

**Nombre de données < 75 %*

Tableau 11.1.2 : Autres polluants – Valeurs semi-horaires RMHB08 – (23/06/13 au 03/12/13)

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 moins toxiques que le benzène et le toluène. A titre de comparaison, la valeur limite admissible en hygiène industrielle pour les xylènes est 100 fois plus élevée que celle du benzène. Les concentrations observées au cours de cette étude à la station RMHB05 sont du même ordre de grandeur que celles rencontrées en 2009 à cette même station.

Pour l'α-pinène, l'American Industrial Hygiene Association fixe le seuil de perception olfactive à 16 µg/m³. Durant la campagne de mesures, ce seuil a été dépassé 5 fois à la station RMHB05 (0,1 % du temps) et 216 fois à la station RMHB08 (4,5 % du temps).

La Figure 11.1.1 montre les évolutions des valeurs semi-horaires relatives à l'éthylbenzène, aux m+p-xylènes et à l'α-pinène pour les deux stations. Comme pour le toluène, un pic de pollution pour ces composés est enregistré à la station RMHB08 à la mi-novembre. On observe également une similitude entre l'évolution des concentrations en α-pinène et celle relative au limonène.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

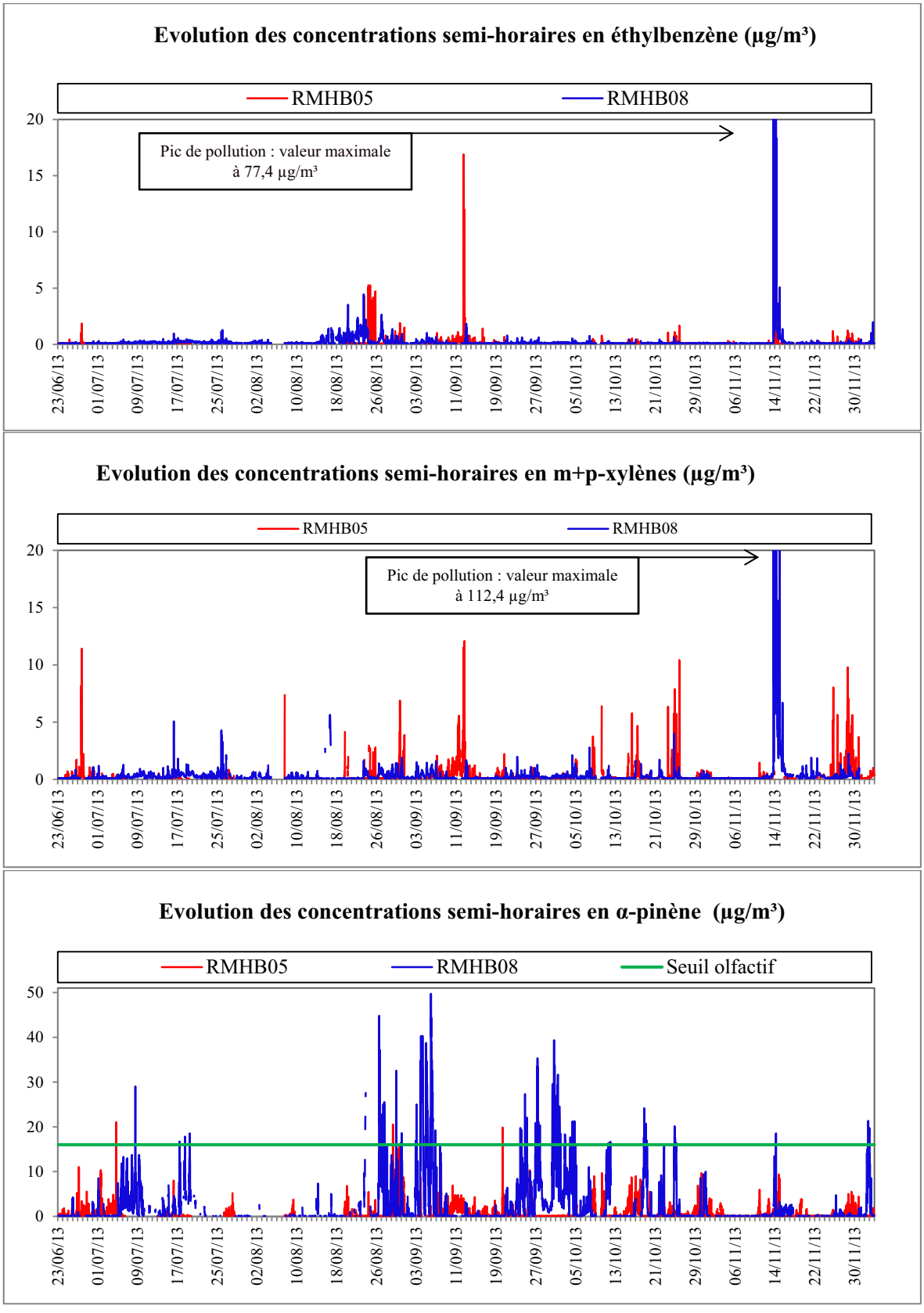


Figure 11.1.1 : Autres polluants – Evolution des concentrations semi-horaires (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

Les Figures 11.1.2 à 11.1.4 montrent les roses relatives à l'éthylbenzène, aux m+p-xylènes et à l'α-pinène. Pour une question de lisibilité, les différentes roses de pollution ne présentent pas la même échelle.

Les roses de pollution pour l'éthylbenzène et les m+p-xylènes à la station RMHB05 montrent des apports en provenance du nord-ouest, en direction de la dalle aéraulique de bioséchage des déchets ménagers.

Les roses de pollution pour l'α-pinène indiquent, quant à elles, clairement des apports en provenance de la zone de compostage des matières végétales.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

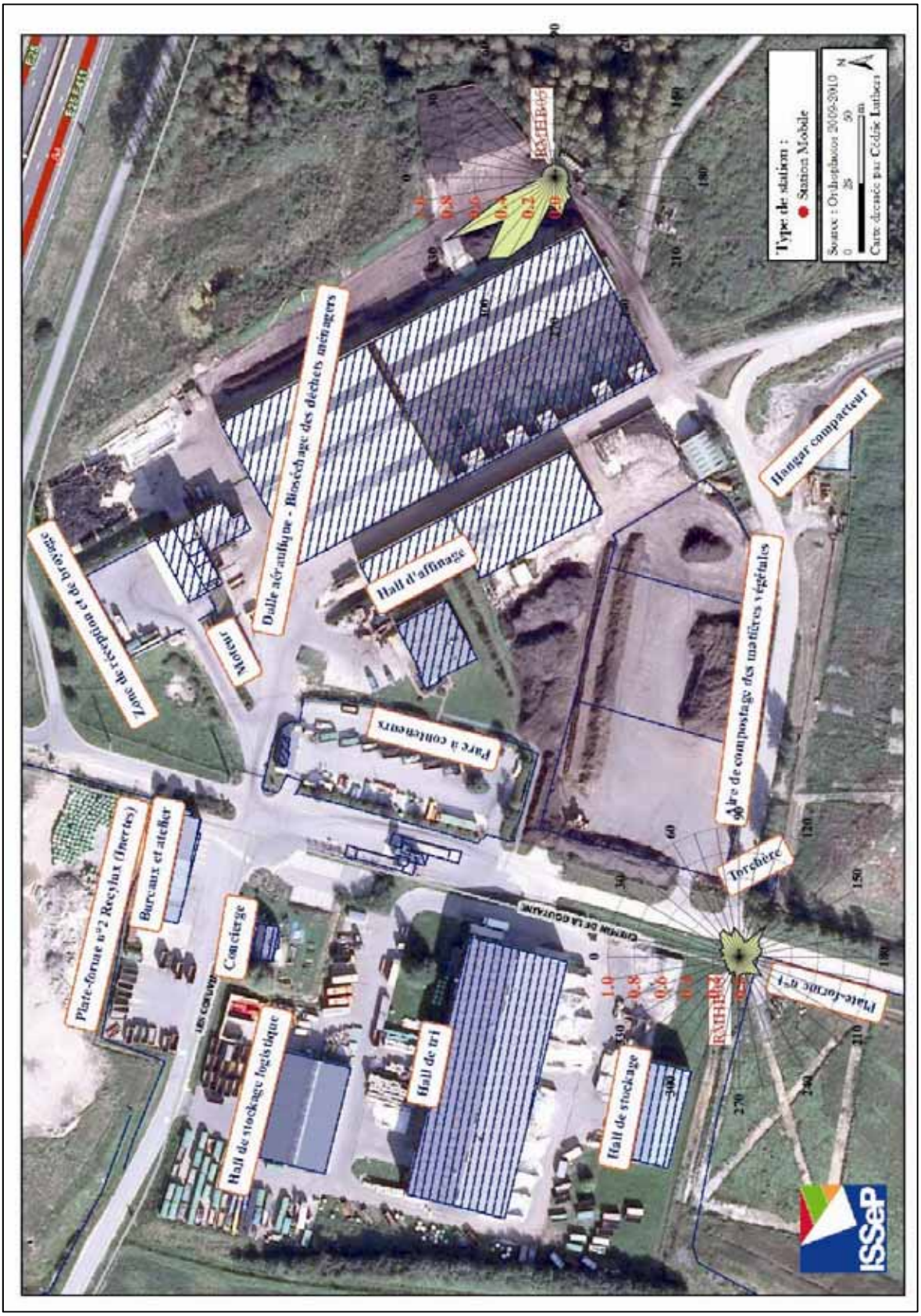


Figure 11.1.2 : Ethylbenzène (µg/m³) – Roses de pollution (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

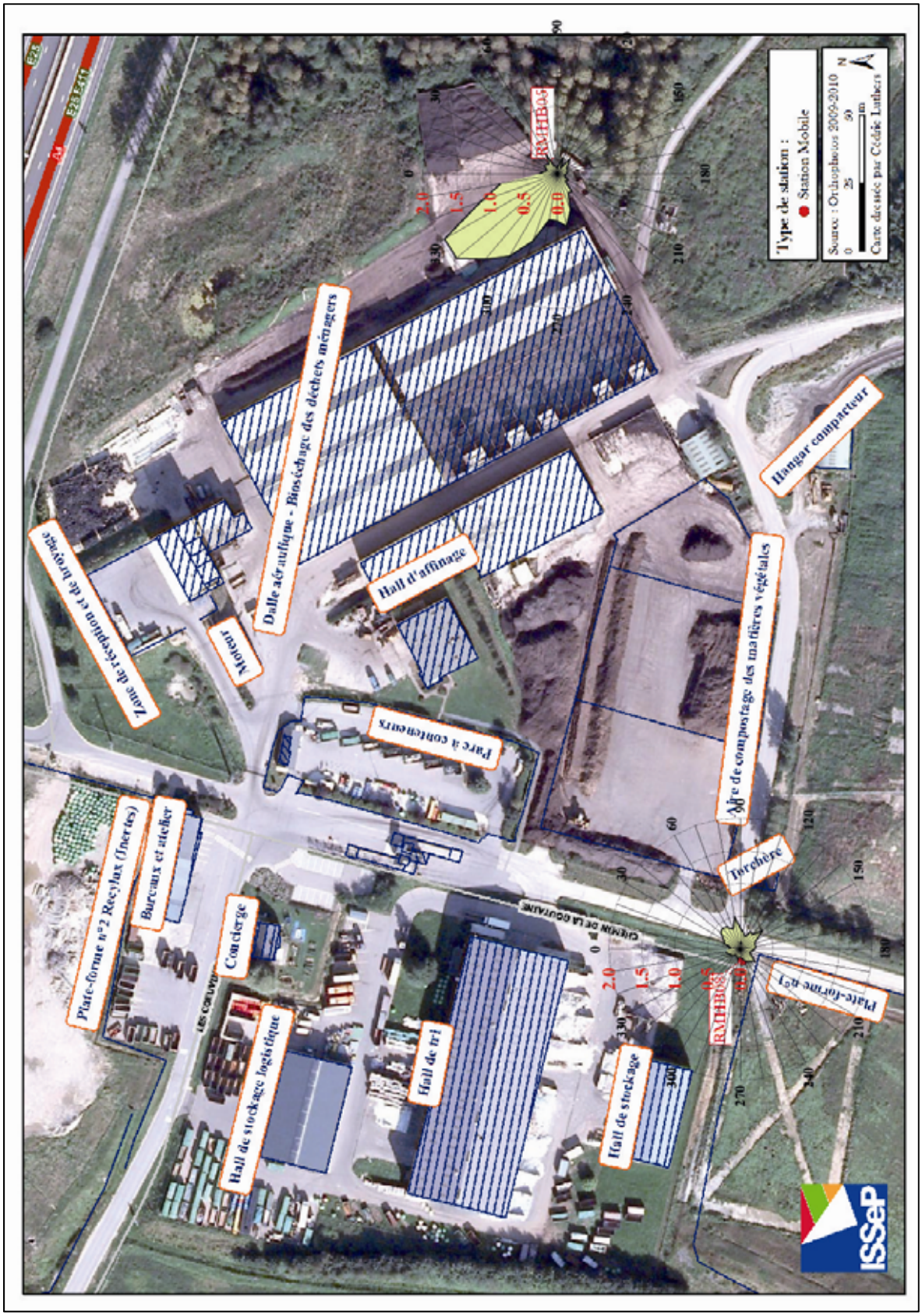


Figure 11.1.3 : m+p-xylènes (µg/m³) – Roses de pollution (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

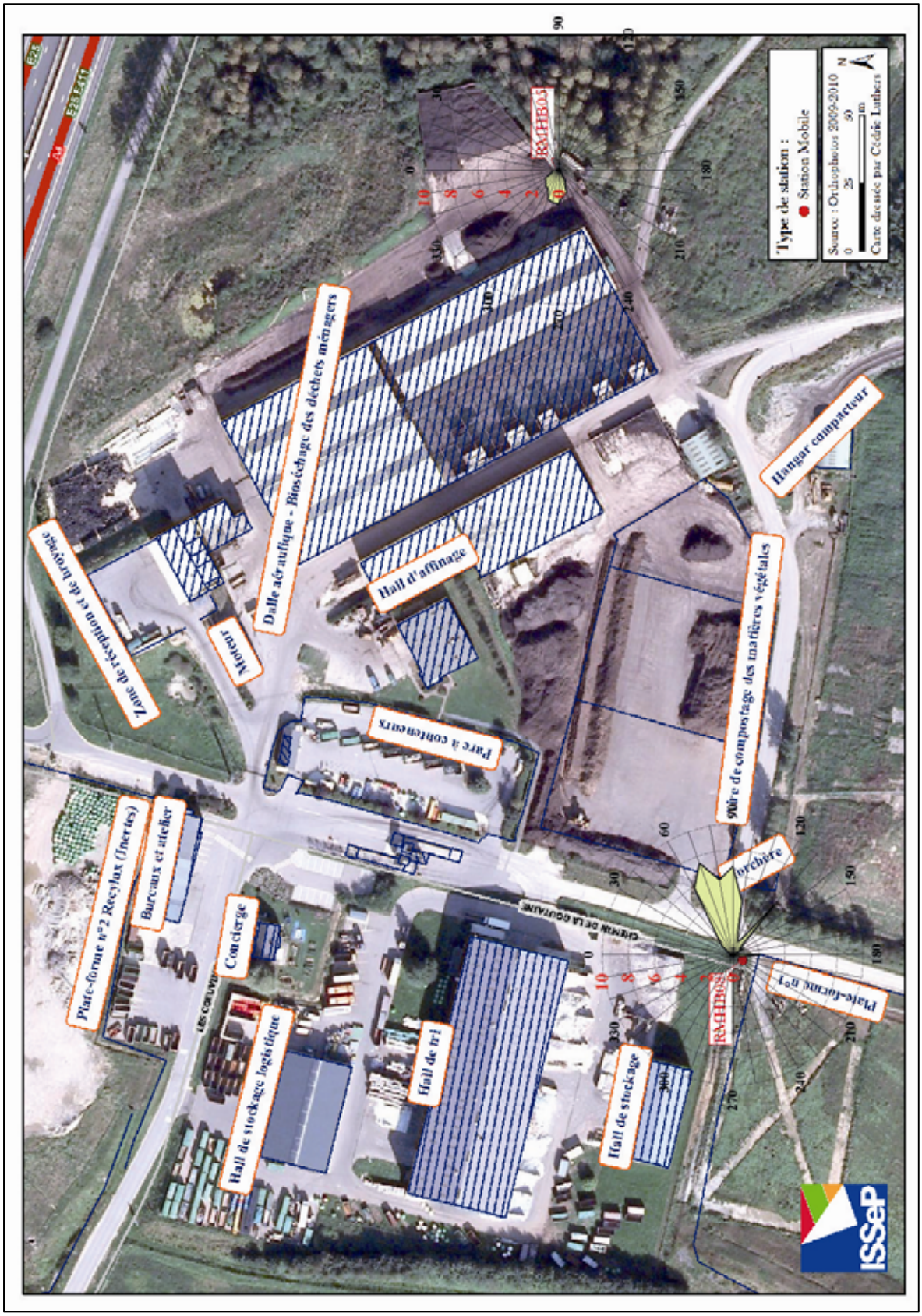


Figure 11.1.4 : α-pinène (µg/m³) – Roses de pollution (23/06/13 au 03/12/13)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

ANNEXE 1 : STATIONS DE MESURES

RMHB05

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

RMHB08

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

ANNEXE 2 : PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET PARAMETRES DE REGLAGE DES ANALYSEURS

Les caractéristiques techniques des analyseurs, les principes de mesures et les paramètres de réglage utilisés durant cette étude sont les suivants :

CH_4 : analyseur HC51M (Environnement S.A.)

- détection par ionisation de flamme d'hydrogène
- mesure du méthane après élimination des hydrocarbures non méthane par conversion catalytique sur hopcalite à 190 ºC
- gamme : 100 ppm
- temps de réponse : automatique
- limite de détection : 50 ppb
- débit échantillon : 1,3 l/min
- calibration multipoint : dilution d'un mélange haute concentration en CH_4 et C_3H_8 dans l'air synthétique
- l'air pur, pour le contrôle du zéro et l'alimentation de la flamme, est produit à partir d'air comprimé et séché en passant par un scrubber d'hopcalite chauffé à 400 ºC

NH_3/NO/NO_2 : analyseur HORIBA APNA370N avec convertisseur NH_3

- réaction de chimiluminescence du NO en présence d'ozone.
- convertisseur du NH_3 en NO
- gammes : 0 – 0,1 / 0,2 / 0,5 / 1 ppm
- temps de réponse : < 120 s.
- débit d'échantillon : approx. 800 ml/min.
- calibration : bouteille de NO dans l'azote et tube de perméation NO2 ou calibrateur multipoint.

H_2S : APSA-H370 (HORIBA) avec convertisseur H_2S

- détection par fluorescence dans l'ultraviolet après élimination des hydrocarbures aromatiques
- convertisseur du H_2S en SO_2 par oxydation
- gammes : 0 – 0,05 / 0,1 / 0,2 / 0,5 ppm
- temps de réponse : < 180 s.
- débit échantillon : approx. 700 ml/min.
- calibration multipoint : tubes de perméation et air de dilution filtré sur silicagel et charbon actif

BTEX / LIMONENE / α-PINENE : analyseur Syntech Spectras

- détection par chromatographie avec une préconcentration préalable
- temps d'échantillonnage : 30 min
- détecteur PID
- gamme : 300 ppb
- limite de détection 0,1 µg/m3

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut

ANNEXE 3 : CALCUL DES ROSES DE POLLUTION

Une rose de pollution est une représentation, pour une station et un polluant donnés, de la concentration moyenne de ce polluant associée à chaque direction du vent.

On calcule donc la moyenne des valeurs mesurées pour une direction de vent correspondant à un secteur particulier. On obtient alors une répartition par secteur, dont la longueur est proportionnelle à la concentration de la pollution arrivant au point de mesure, lorsque le vent provient de la direction du secteur.

On utilise la formule simplifiée suivante, en éliminant les valeurs associées à une vitesse du vent inférieure à 1 m/s :

$$Cd = \frac{\sum_i Ci \times nd,i}{\sum_i nd,i}$$

où : Cd = concentration moyenne associée à la direction d
Ci = concentration moyenne mesurée pour la demi-heure i
nd,i = 0, si le vent de direction d pendant la demi-heure i a une vitesse inférieure à 1 m/s
= 1, dans le cas contraire

Pour la rose de fréquence des vents, la longueur d'un secteur est proportionnelle au nombre de demi-heures pour lesquelles le vent soufflait de cette direction.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut