

Liège, le 27 novembre 2017

Département de la Police et des Contrôles (DGO3)
Campagne de mesures des émissions surfaciques
C.E.T. de Morialmé

- Rapport de prélèvements n°2927/2017 -

Dates des mesures : le 10 mai et le 23 août 2017

Adresse complète	Lieu-dit « Le Fayat », Rue Fort Jaco à 5621 Morialmé
Visite et mesures effectuées par	Sophie Herzet , Attachée, Cellule Déchets et Sites à risques Cécile Lacroix , Stagiaire, Cellule Déchets et Sites à risques
Sous la supervision de	Sophie Herzet , Attachée, Cellule Déchets et Sites à risques
A la demande de	SPW – Département de la Police et des Contrôles (DPC)
Propriétaire du site	BEP environnement
Contexte de la visite	DPC – Réseau de contrôle des C.E.T.
Auteur	Sophie Herzet , Attachée, Cellule Déchets et Sites à risques
Ce document comporte 18 pages et 3 plans	



Wallonie

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 de biogaz au travers des couvertures, sur les C.E.T. du réseau.

Le C.E.T. de Morialmé a fait l'objet de deux précédentes campagnes de mesures des émissions surfaciques :

- La première en juin 2006 (rapport ISSeP n°274/2007) ;
- La seconde en décembre 2009 (rapport ISSeP n°2927/2017).

La méthodologie utilisée par l'ISSeP s'est progressivement adaptée en fonction des objectifs visés lors des campagnes successives sur chaque C.E.T. Lors des deux précédentes campagnes réalisées sur le C.E.T. de Morialmé, les mesures ont été réalisées au moyen d'un appareil FID portatif pour la mesure des concentrations en méthane. Elles ont été combinées à des mesures par Ecoprobe (mesures de CH₄, CO₂ et HC_{tot}).

En 2017, la campagne réalisée à Morialmé s'est inspirée du protocole défini pour la campagne de mesure et de quantification des émissions surfaciques du C.E.T. de Cour au Bois (2015,[1]). Ce protocole s'inspire des recommandations de l'Agence Environnementale anglaise (UK-EPA, [2]) et est composé de deux phases successives d'investigation.

La campagne réalisée en 2017 s'est donc déroulée suivant ces deux étapes :

- Première phase (mai 2017) : **mesure en continu des concentrations** en méthane dans l'air au moyen de l'Inspectra Laser connecté à une canne de prélèvement embarquée sur un chariot.
- Deuxième phase (août 2017) : **mesure et quantification des flux de biogaz** (CH₄ et CO₂) dans les zones émissives identifiées lors de la première phase, réalisée à l'aide d'une chambre de flux connectée simultanément à l'Inspectra Laser (CH₄) et à l'Ecoprobe 5 (CH₄, CO₂ et TP).

Les objectifs de cette campagne étaient de :

- Vérifier l'étanchéité de la couverture définitive vis-à-vis des émissions diffuses de biogaz ;
- Localiser les éventuels points de passage préférentiel du biogaz au travers de la couverture ;
- Quantifier les flux surfaciques de biogaz, étant donné l'absence de collecte et de traitement de celui-ci.

2 GESTION DU BIOGAZ EN WALLONIE

Les conditions sectorielles relatives aux C.E.T. (AGW du 27 février 2003 et son arrêté modificatif du 7 octobre 2010) précisent que « l'exploitant prévient la migration de biogaz dans l'air et dans les sols environnant le site et assure le traitement de ceux-ci ». Par contre, aucune limite d'émission surfacique de méthane, tant en concentration qu'en flux, n'est fixée pour les C.E.T. en Wallonie. La gestion des installations de traitement du biogaz est donc généralement conditionnée par les limites techniques des outils installés, relativement aux quantité et composition du biogaz produit.

A Morialmé, la collecte et le traitement du biogaz sont rendus impossibles par le trop faible débit produit pour faire fonctionner correctement une unité de traitement. Des mesures de la SPAQuE, réalisées en 2014, ont montré par ailleurs une proportion de 30 % de méthane dans le biogaz produit.

Le cas de Morialmé n'est pas isolé. Dans le cadre de la subvention accordée à l'ISSEP sur la postgestion [3], la nécessité de fixer des critères relatifs à la valorisation du biogaz et au monitoring des émissions surfaciques a été mise en évidence. La définition de seuils de référence devrait permettre de dresser des recommandations adaptées, pour permettre la prise en charge des émissions surfaciques, le passage progressif à des techniques passives de traitement et d'éviter l'apparition de problèmes tels que la mise en surpression du massif ou les migrations latérales en l'absence de traitement sur les sites anciens.

Dans d'autres pays européens, des valeurs de référence pour les concentrations et les flux surfaciques de biogaz sont déjà utilisées pour valider la fin de collecte du biogaz et la fin du monitoring des couvertures.

P. Kjeldsen et C. Scheutz [4] ont inventorié les critères existants, utilisés pour la gestion et l'arrêt de la valorisation du biogaz, de même que pour l'arrêt du monitoring des émissions. Des valeurs indicatives sont citées en Allemagne, en Autriche et au Royaume-Uni.

En Allemagne, Stegmann (2006) est l'un des premiers à proposer des critères concrets pour la poursuite du monitoring des émissions de biogaz ou l'arrêt de ce monitoring. Des mesures actives de collecte et de traitement doivent être mises en œuvre si la production de biogaz est supérieure à 25 m³ de CH₄/h ou 5 m³ de CH₄/(h.ha) (respectivement équivalent en masse à 16 kg CH₄/h et 3,2 kg CH₄/(h.ha) ou 7,7 g CH₄/(m².jour)). Si la production de gaz est inférieure aux valeurs susmentionnées, la viabilité des installations de traitement du biogaz doit être évaluée. Le cas échéant, il est proposé que des méthodes d'abattement par oxydation du méthane au niveau de la couverture soient mises en place. Elles doivent assurer que la charge en méthane soit en moyenne inférieure à 7,7 g CH₄/(m².jour) et que la concentration en méthane mesurée sur la couverture soit inférieure à 25 ppm (P80 des concentrations de surface). Lorsque ce seuil est atteint, la production de méthane restante est suffisamment faible pour être intégralement oxydée au passage de la couverture définitive. Si ce critère est respecté pendant 10 ans, le monitoring peut être arrêté.

En Autriche, la même philosophie d'évaluation a été suivie (Fellner *et al.*, 2008). Le critère sur les émissions surfaciques est toutefois plus strict qu'en Allemagne. Pour un arrêt du monitoring en l'absence de mesures actives de postgestion, les émissions de méthane ne peuvent excéder 0,5 m³ CH₄/(h.ha), soit 0,32 kg CH₄/(h.ha) ou encore 0,77 g CH₄/(m².jour). C'est 10 fois moins que la valeur limite adoptée en Allemagne.

En Angleterre, l'UK-EPA (2010, [2]) a fixé des exigences spécifiques au niveau du monitoring et des valeurs limites pour les émissions de méthane provenant des sites d'enfouissement. Elles s'appliquent tant pour les sites en exploitation que réhabilités provisoirement ou définitivement. Le monitoring des émissions de méthane prescrit par l'UK-EPA est celui sur lequel les études de l'ISSEP se basent pour mener ses campagnes d'investigations. Il est divisé en deux phases, qui sont celles décrites dans le point 3.3.

A l'issue de la phase I (cartographie des concentrations), deux objectifs doivent être atteints :

- La concentration maximale en CH₄ dans l'air au niveau de la couverture est < 100 ppm ;

- La concentration en méthane dans l'air à proximité des installations de collecte est < 1000 ppm.

À l'issue de la phase II (mesure des flux), les exigences suivantes sont requises pour que les émissions soient acceptables en l'absence de toute intervention humaine :

- Zones avec couvertures finales : 0,001 mg CH₄/(m².s), soit 0,09 g CH₄/(m².jour) ;
- Zones avec couvertures temporaires : 0,1 mg CH₄/(m².s), soit 8,6 g CH₄/(m².jour).

L'ensemble des valeurs fixées dans ces trois pays sont rassemblées au Tableau 1 et serviront de base à la discussion pour les flux estimés à Morialmé.

Tableau 1 : Synthèse des critères de fin de gestion du biogaz et du monitoring existant dans d'autres pays européens

	Allemagne	Autriche	Royaume-Uni
Concentration dans l'air	< 25 ppm (P80)	-	< 100 ppm (< 1000 ppm près des puits)
Flux surfacique de méthane	Fin des mesures actives < 25 m ³ /h ou 5 m ³ /(h.ha) (soit 16 kg/h ou 3,2 kg/(h.ha))	< 0,5 m ³ /(h.ha) (soit 0,32 kg/(h.ha))	avec couverture définitive : 0,001 mg/(m ² .s) (soit 0,036 kg/(h.ha))
			avec couverture provisoire : 0,1 mg/(m ² .s) (soit 0,36 kg/(h.ha))

3 PHASE PRÉPARATOIRE

3.1 Données relatives aux campagnes précédentes

Le C.E.T. de Morialmé est réhabilité depuis 2008. Un système de collecte du biogaz est installé (15 puits de collecte), mais le biogaz n'est ni valorisé ni éliminé compte tenu de la composition de celui-ci et des faibles volumes produits.

Précédemment, le C.E.T. de Morialmé a fait l'objet de deux campagnes de mesures des émissions surfaciques.

La campagne de 2006 (rapport ISSeP n°274/2007) a été réalisée alors que le site était toujours en exploitation. Seules certaines parties du site étaient déjà couvertes provisoirement. Malgré l'absence de couverture définitive, les valeurs d'émissions mesurées étaient très faibles et indiquaient une production de biogaz insuffisante pour sa valorisation.

En 2009, le dégazage au travers de la couverture provisoire était inexistant sur la majeure partie de la surface. Seuls le puits de récolte des percolats et une ravine au nord généraient des fuites de méthane très locales et d'intensité modérée. La couverture pouvait dès lors être considérée comme suffisante et correctement mise en œuvre. Même après réhabilitation provisoire, la quantité de biogaz produite était insuffisante pour permettre le fonctionnement correct de la torchère présente sur le site. La Figure 1 présente les résultats obtenus durant cette campagne.

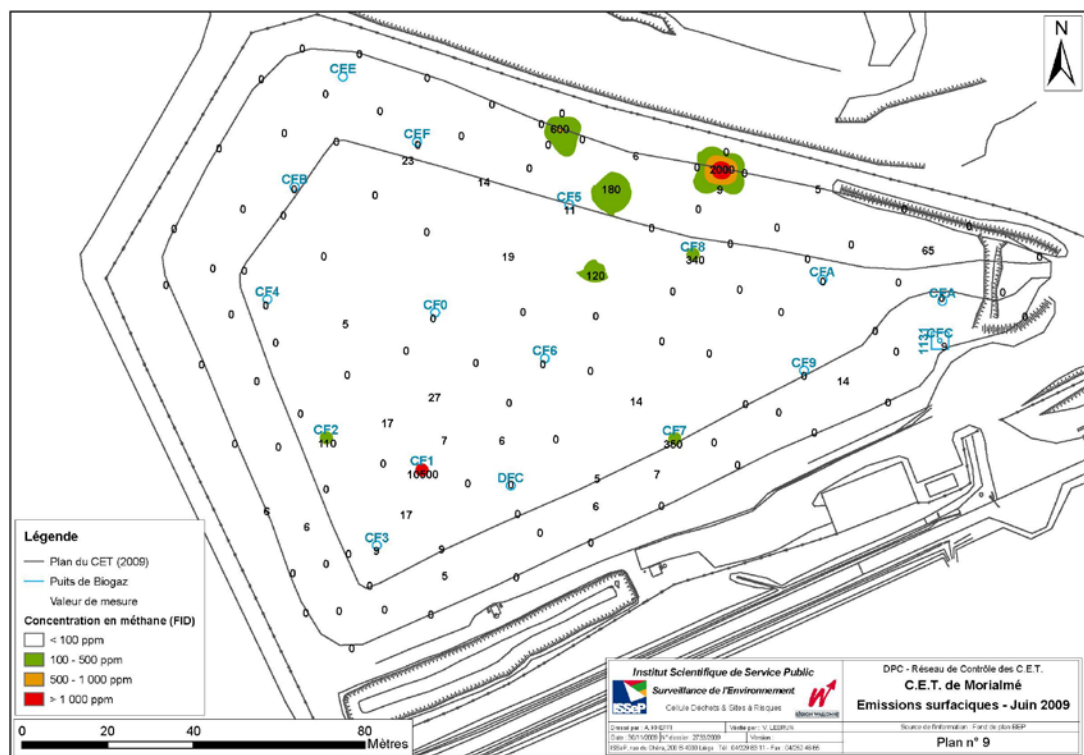


Figure 1 : Cartographie des mesures de concentrations obtenues en 2009
(source : rapport ISSeP n°2733/2009)

3.2 Observations de terrain

Lors des journées de mesures de terrain du 10 mai et du 23 août 2017, les informations et observations suivantes ont été collectées par l'ISSeP :

- Le site étant réhabilité, son relief n'a pas changé depuis la dernière campagne ISSeP réalisée sur les eaux souterraines (2014). Par contre, par rapport aux précédentes campagnes de mesure des émissions surfaciques, la pose de la couverture étanche définitive a été réalisée. Cela devrait induire une diminution des concentrations de biogaz mesurées en surface du dôme par rapport aux deux campagnes antérieures.

- Le C.E.T. de Morialmé se compose uniquement d'un dôme enherbé. Un réseau de 15 puits de gaz est toujours présent, mais n'est raccordé à aucun système de traitement du biogaz. Des points de contrôle du drain périphérique (tubage pvc) sont disposés sur le pourtour du dôme.
- Le site est correctement entretenu et clôturé. Entre les deux journées de terrain, une clôture électrique a été placée sur le pourtour du dôme pour permettre l'installation de moutons pour un essai d'écopâturage.
- La journée du 10 mai était marquée par un temps sec et doux (~20°C) avec peu de vent. L'absence de précipitations importantes durant les deux semaines précédentes explique que le sol de l'ensemble du site était sec.
- La journée du 23 août était caractérisée par un temps sec et une température moyenne de 25°C. La vitesse du vent était le plus souvent inférieure à la vitesse limite (3 m/s) pour permettre la bonne réalisation des mesures de flux (vitesse moyenne 1,6 m/s).

La Figure 2 donne le plan des installations telles que rencontrées au moment de la visite de l'ISSeP.

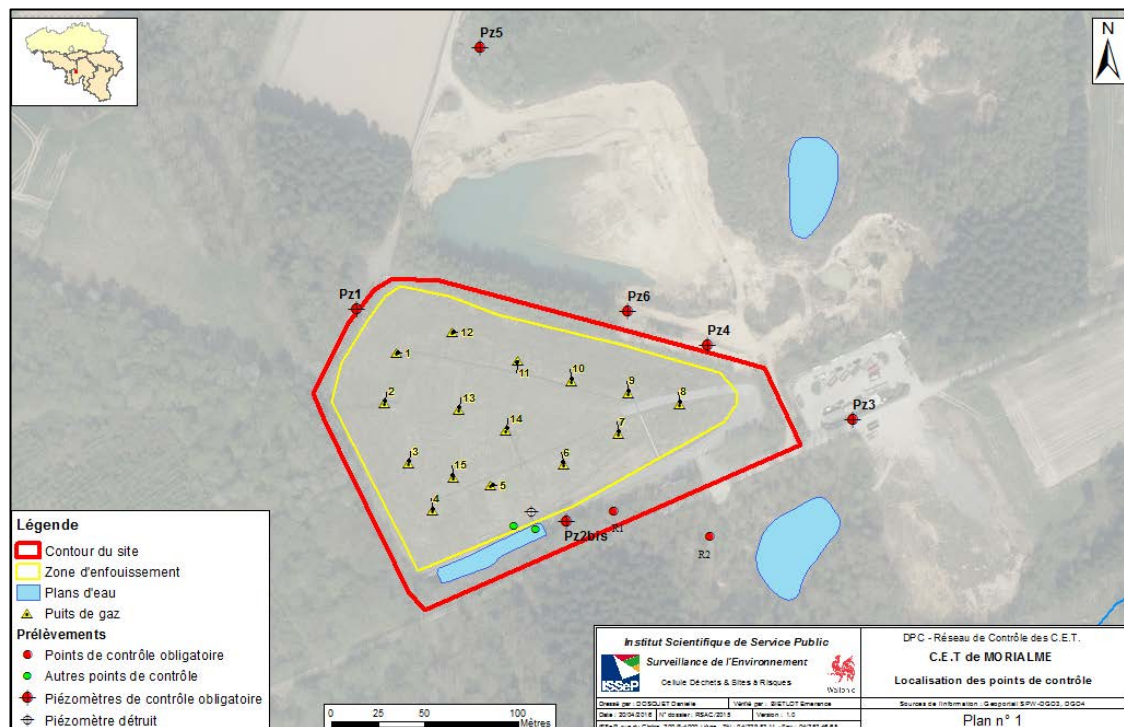


Figure 2 : Plan des installations et du réseau de collecte du biogaz

3.3 Méthodologie utilisée

La campagne réalisée en 2017 s'est déroulée suivant deux étapes dans le but de réaliser :

- Une cartographie des concentrations surfaciques de biogaz pour l'ensemble du C.E.T. Cette première phase est réalisée grâce à la mesure en continu des concentrations en méthane dans l'air (à 5 cm du sol) au moyen de l'Inspectra Laser connecté à une canne de prélèvement embarquée sur un chariot. Cet analyseur permet de détecter le méthane de façon spécifique et pour la gamme complète de concentrations (de 1 ppm jusqu'à 100% volumique). L'entièreté du C.E.T. a été investiguée, selon des transects (parcours géoréférencés de mesure, effectués au pas et à distance régulière sur le site). En complément, dans la mesure où le biogaz n'est pas pompé, le pourtour des puits constitue une zone de fuite préférentielle. Les puits ont donc fait l'objet d'une mesure de la concentration maximale dans leur zone annulaire (max 3m). Pour les puits présentant les concentrations surfaciques les plus élevées, l'enregistrement en continu de la mesure des concentrations dans un rayon de 1 et 3 m a été réalisé.

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

Le traitement de l'ensemble de ces données permet la localisation des zones présentant une concentration surfacique en méthane plus élevée. Ces valeurs indiquent généralement l'existence de fuites au travers de la couverture de surface.

- Une ***estimation des flux de biogaz*** à l'échelle du site.
Cette deuxième phase consiste en la réalisation de séries temporelles de concentrations pour plusieurs gaz (CH₄, CO₂, et TP, Total Petroleum) dans les zones émissives détectées lors de la première phase. Ces séries sont réalisées à l'aide d'une chambre de flux connectée simultanément à l'Inspectra Laser (CH₄) et à l'Ecoprobe 5 (CH₄, CO₂ et TP). La mesure de la concentration dans la chambre de flux est réalisée en continu sur un laps de temps de 2 minutes avec une fréquence de mesure de deux enregistrements par seconde et un débit de pompage de 0,5 l/min. Le traitement des séries temporelles permet d'estimer un flux local pour chaque point de mesure. La division du site en zones émissives et non émissives permet ensuite d'interpoler les flux locaux pour obtenir une valeur à l'échelle du site.

Lors des deux phases d'investigation, l'implantation des points est assurée par un GPS Trimble 5700 dont la précision peut, en conditions de couverture satellitaire optimale, atteindre le centimètre.

4 PHASE I : MESURE DES CONCENTRATIONS

4.1 Description des données

Les transects de mesure des concentrations en CH₄ ont été réalisés le 10 mai 2017 à l'aide de l'Inspectra Laser sur l'entièreté du dôme. Le traitement des données a permis de synchroniser le signal GPS et les mesures de concentration et de supprimer les valeurs enregistrées lors des phases d'arrêt et redémarrage de l'appareil. Au total, 7215 mesures de concentration de méthane ont été enregistrées sur le site à l'aide de l'Inspectra. De plus, trois puits ont fait l'objet d'une mesure en continu (P4, P5 et P15).

La localisation des transects de mesures est présentée à la Figure 3.

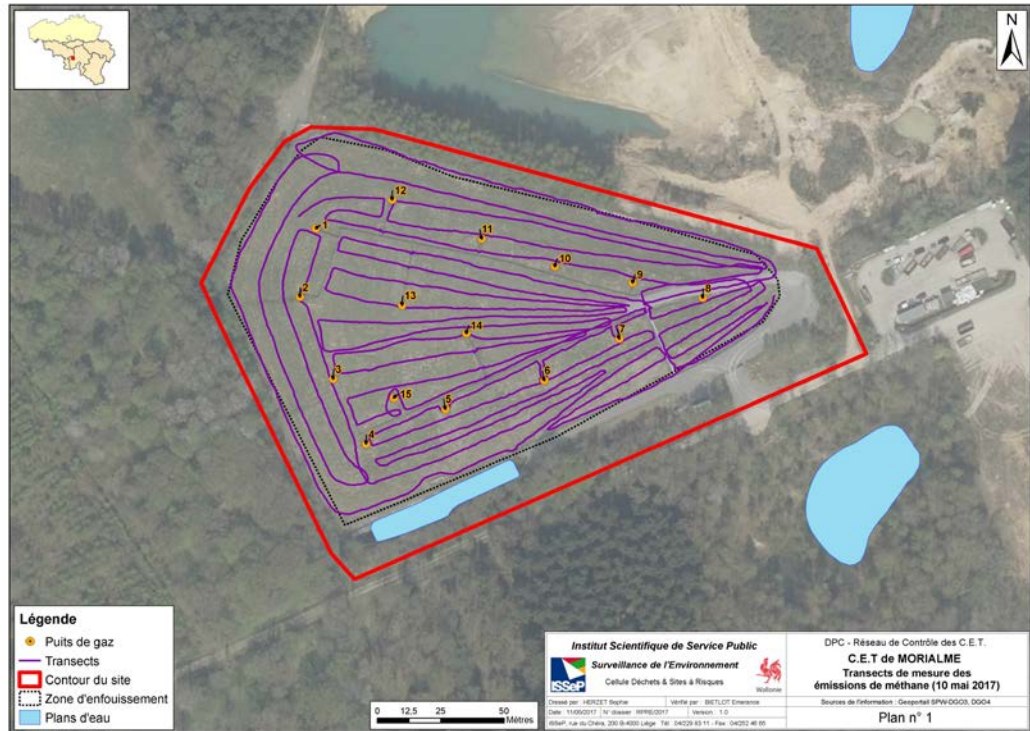


Figure 3 : Localisation des transects de mesure réalisés le 10 mai 2017

4.2 Statistiques sur les données

Le Tableau 2 présente séparément pour le dôme et le contour des 3 puits investigués les statistiques établies sur le set de données disponibles.

Tableau 2 : Statistiques calculées sur les données de concentrations en méthane dans l'air (en ppm)

Zone de mesures	Dôme	3 Puits	Ensemble des données
Nbre données	7215	265	7480
Moyenne	4,4	41,1	6
Ecart-type	9,6	63,9	17
Min	1,1	2,9	1,1
P25	2	7	2
Médiane	2,5	17,3	2,6
P75	3,0	46,4	3,1
P90	5,6	85,2	7,5
P95	13,4	160	20,7
Max	160	431,1	431,1

Les résultats de mesures indiquent une proportion importante de concentrations extrêmement faibles. Ainsi, pour l'ensemble des données, 25 % des concentrations sont inférieures ou égales au bruit de fond standard (2 ppm, cf. étude INERIS [1]) et moins de 25 % des concentrations

mesurées correspondent à un signal positif (2,5 x bruit de fond standard, *ibid.*). Ainsi, 75 % de la surface du site peut être qualifiée de non émissive.

Les valeurs mesurées autour des 3 puits indiquent des concentrations plus élevées que pour l'ensemble du dôme. Plus de 75 % des concentrations mesurées à leur pourtour indiquent un signal émissif positif, avec 5 % des points enregistrés montrant des concentrations supérieures à 160 ppm. Ces 3 puits constituent donc bien des zones (limitées) de passage préférentiel du biogaz au travers de la couverture définitive.

Les valeurs statistiques de 2017 confirment les concentrations surfaciques très basses observées lors des campagnes précédentes. Cela s'explique d'autant plus que, depuis la campagne précédente, la couverture définitive du site a été mise en place. Ainsi, malgré la présence de déchets fermentescibles enfouis, les émissions surfaciques de biogaz mesurées sont très réduites.

4.3 Cartographie des mesures de concentration

Le Plan 1 présente les résultats bruts de mesure des concentrations enregistrées le 10 mai 2017.

Le Plan 2 rassemble les données de concentrations enregistrées aux alentours des 3 puits PG4, PG5 et PG15, et les autres puits classés suivant la valeur maximale de concentration enregistrée à leur abord.

Le Plan 3 présente le résultat d'interpolation des valeurs de concentrations de méthane mesurées dans l'air. La cartographie est réalisée après interpolation spatiale des mesures (par la méthode des moindres carrés). Elle permet d'obtenir une image globale des émissions de biogaz sur l'ensemble de la surface du C.E.T.

La lecture de ces plans permet de confirmer les statistiques établies au Tableau 2, à savoir que la majorité de la surface du dôme peut être considérée comme **non émissive**.

Une zone de concentrations plus élevées est repérée du côté sud-ouest du sommet du dôme, avec une concentration maximum d'environ 430 ppm rencontrée à proximité du PG4. Les 3 puits qui ont été considérés comme émissifs sont localisés dans cette zone (PG4, PG5 et PG15).

Cette zone de concentrations plus élevées est qualifiée d'émissive. Elle résulte probablement de points de rupture ou de faiblesse de la couverture finale. Les puits de gaz constituent également des points de passage préférentiel pour le biogaz et probablement l'exutoire principal du biogaz encore produit au sein du massif.

Par rapport à la campagne précédente, les zones émissives sont localisées différemment. On ne retrouve pas les points émissifs repérés au nord du dôme précédemment, et la zone détectée en 2017 n'était pas mise en évidence jusqu'à présent.

De manière globale, les émissions de biogaz du site de Morialmé au travers de la couverture sont très faibles. Mais il n'est pas à exclure des migrations latérales en dehors des limites du site (passages préférentiels...). Toutefois, vu le contexte géologique du site (comblement d'une ancienne argillère), ces migrations doivent probablement être limitées. Par ailleurs, la localisation du site, éloigné de toute habitation, rend le risque relatif aux migrations latérales négligeable voire nul.

En l'absence de système de traitement du biogaz, il est inapproprié de recommander le colmatage de la zone émissive détectée lors de la phase I, qui pourrait induire soit des migrations latérales de biogaz, soit une mise en surpression du massif avec risque éventuel d'explosion ou de combustion interne.

Il s'avère donc intéressant de réaliser une estimation des flux de biogaz s'échappant journellement au travers de la couverture pour l'ensemble du site. En cas de flux élevé, le recours à des techniques alternatives, comme l'utilisation de fenêtres oxydantes, pourrait être suggéré.

5 PHASE II : QUANTIFICATION DES FLUX

5.1 Description des données

5.1.1 Séries temporelles de concentrations

Lors de la deuxième phase d'investigation de l'ISSEP, des mesures du flux de biogaz au travers des couvertures ont été réalisées le 23 août 2017. Les limites de la zone émissive identifiée lors de la phase I ont été utilisées pour choisir l'implantation des points de mesure de flux de la phase II. C'est dans cette zone, d'une superficie d'environ 16 ares, que la majorité des mesures de flux ont donc été réalisées. Quelques autres mesures ont été réalisées en dehors de cette zone pour permettre la comparaison avec les données de concentration de surface. La Figure 4 montre l'emplacement des points où ont été réalisées les mesures de flux.

En totalité, 39 séries temporelles de concentrations ont été réalisées lors de la journée du 23 août 2017. Sur l'ensemble de ces données, 29 ont été réalisées avec l'Ecoprobe5 et 10 avec l'Inspectra laser. Suite à un souci technique, pour les flux 7, 8, 10, 13 et 14, les mesures Inspectra et Ecoprobe ont été réalisées sur les mêmes points, mais pas simultanément. Les mesures Ecoprobe ont été réalisées le matin entre 9h30 et 12h30, tandis que les mesures Inspectra ont été enregistrées entre 13 et 15h. Chaque série temporelle a une durée de 2 minutes, le débit de pompage est de 0,5 l/min et la fréquence d'enregistrement est de 0,5 s.

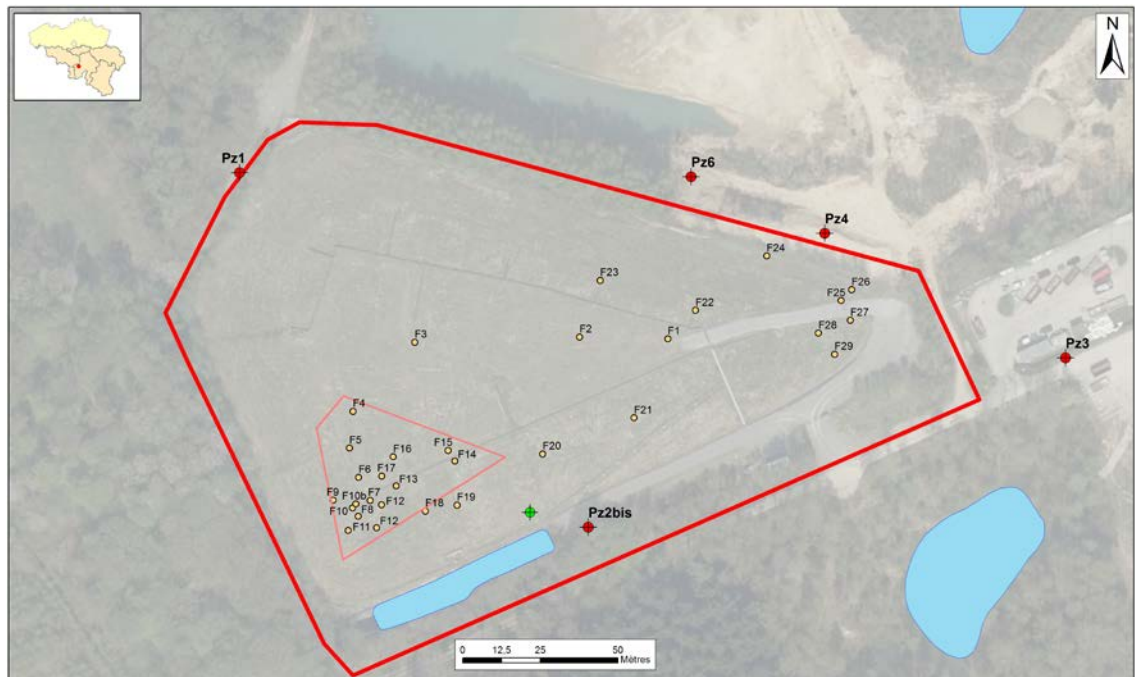


Figure 4 : Localisation des contours de la zone émissive (phase I) et des mesures de flux (phase II)

5.1.2 Données météorologiques

La Figure 5 et la Figure 6 présentent les paramètres météorologiques mesurés durant la journée du 23 août 2017. Ces paramètres ont été enregistrés à la fréquence d'une minute à l'aide d'une station météorologique Watchdog 2550. La station météo a été placée au sommet du dôme.

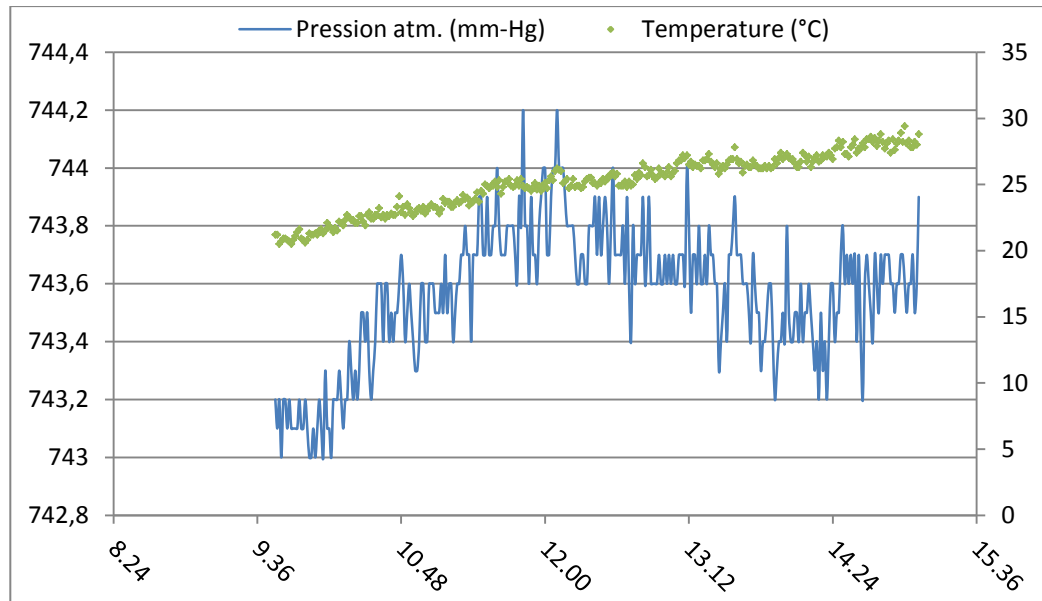


Figure 5 : Evolution de la température et de la pression atmosphérique lors de la journée du 23 août 2017

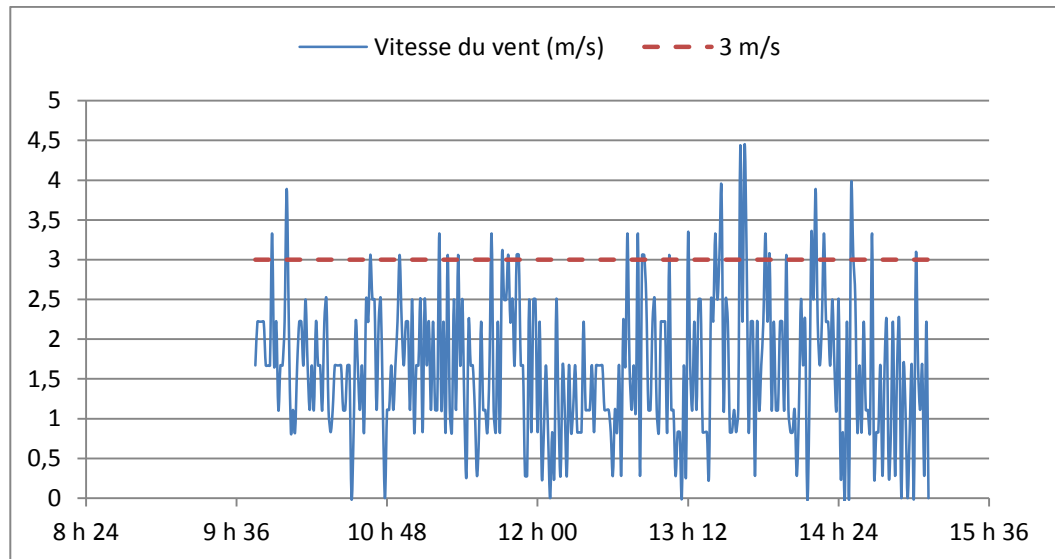


Figure 6 : Variation de la vitesse du vent lors de la journée du 23 août 2017

Lorsque la vitesse du vent dépasse 3 m/s, la dispersion est trop importante pour obtenir une mesure de flux acceptable. En l’occurrence, la vitesse du vent étant le plus souvent restée inférieure à 3 m/s, toutes les mesures de flux réalisées ont pu être conservées.

Par contre, l’évolution de la température et les fluctuations de pression (en croissance jusque midi, puis décroissantes durant le début d’après-midi) induisent une variabilité qui ne permet pas de mettre strictement en parallèle les mesures Ecoprobe du matin avec les mesures Inspectra de l’après-midi.

5.2 Estimation des flux

5.2.1 Calcul du flux local

Le calcul du flux au niveau de chaque point de mesure se base sur le principe d’accumulation du gaz dans la chambre. L’augmentation de la concentration se faisant de manière globalement linéaire, le flux local (F_x) est calculé, à partir d’une série temporelle, d’après la formule :

$$F_x = \frac{Cch}{k} \times \frac{\Delta C}{\Delta t} \quad \text{où :}$$

C_{ch} est le coefficient lié à la géométrie de la chambre utilisée. Il correspond au volume V compris dans la chambre par rapport à S , la surface au sol couverte.

Pour la chambre Ineris utilisée dans le cadre de cette étude, $C_{ch} = \frac{0,029 \text{ m}^3}{0,25 \text{ m}^2}$

k est le facteur de correction dépendant de la nature du sol et de son humidité, déterminé expérimentalement. Ici, il s'agit d'un sol peu perméable de type argileux. Le facteur utilisé est de 0,90.

$\frac{\Delta C}{\Delta t}$ est le gradient de concentration observé au cours de la partie linéaire de la mesure. Il correspond à la pente de la droite de régression qui peut être calculée sur la série temporelle de concentration enregistrée [5].

Le flux local a été calculé pour toutes les séries temporelles avec un nombre suffisant de concentrations non nulles et pour lesquelles le coefficient de détermination de la droite de régression était supérieur à 0,95.

La Figure 7 montre, comme exemple, la série temporelle correspondant au Flux 7, avec l'équation de la droite de régression permettant de calculer le flux.

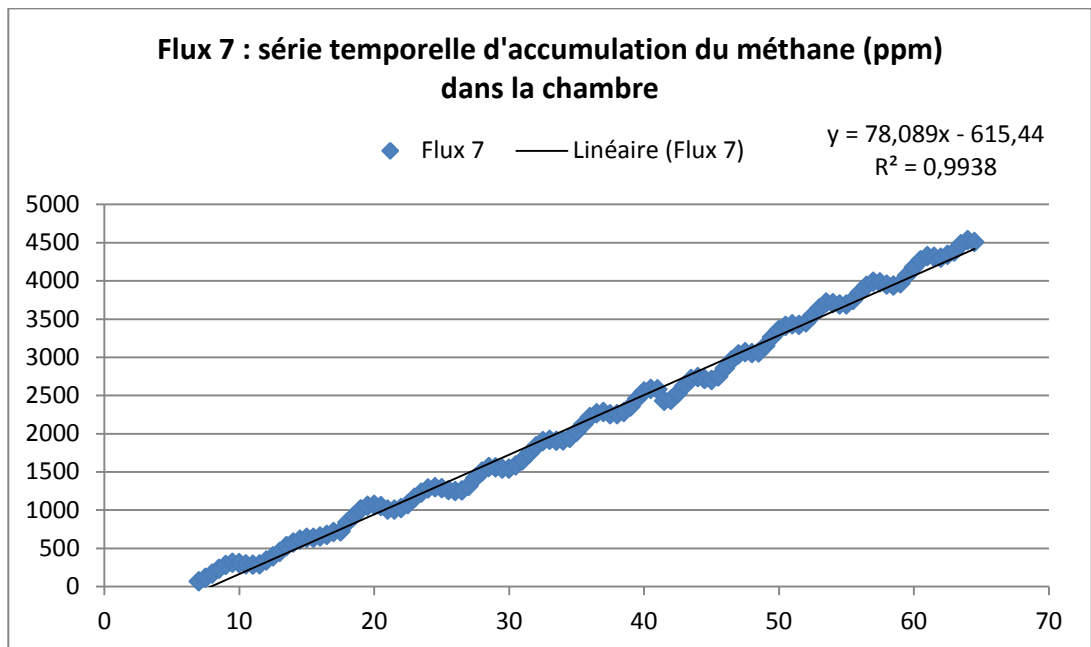


Figure 7 : Flux 7 - Série temporelle d'accumulation du méthane dans la chambre

Le Tableau 3 synthétise les résultats obtenus pour le méthane, le dioxyde de carbone et les hydrocarbonés totaux.

Tableau 3 : Valeurs de flux de CH₄ et CO₂ (ml/(m².s)) et TP (ppm/(m².s)) calculées sur base des séries temporelles de concentrations mesurées avec l'Ecoprobe

Zone émissive				Hors zone émissive			
Point	Flux CH ₄	Flux CO ₂	Flux TP	Point	Flux CH ₄	Flux CO ₂	Flux TP
Flux 4	-	0,16	4,3	Flux 1	- (0)	-	0,36
Flux 5	-	-	-	Flux 2	0 (0)	-	0
Flux 6	0	-	0	Flux 3	0 (0)	0,05	0
Flux 7	7,1 (1,11)	8,17	10,64	Flux 19	-	-	0
Flux 8	3,23 (29,73)	5,56	5,24	Flux 20	0	0,36	0
Flux 9	0	0,2	0	Flux 21	0	-	0
Flux 10	0,73 (0,05)	2,17	1,11	Flux 22	0	-	0
Flux 10b	0,9	2,13	1,37	Flux 23	0	-	0
Flux 11	0	0,02	0	Flux 24	0	0,11	0
Flux 12	0	0,02	0	Flux 25	-	0,11	-
Flux 13	0,69 (0,17)	1,84	1,11	Flux 26	0	0,06	0
Flux 14	0 (0,006)	-	0	Flux 27	0	0,11	0
Flux 15	2,77	6,62	4,38	Flux 28	0	-	0
Flux 16	-	0,13	0	Flux 29	(0)		
Flux 17	0	-	-	Flux 30	(0)		
Flux 18	0	0,15	0				

Pour le CH₄, les valeurs entre () sont issues des mesures Inspectra
0 indique un ΔC/Δt nul, donc l'absence de flux
- indique l'impossibilité de calculer un flux (R<0,95)

Toutes les séries temporelles réalisées en dehors de la zone émissive ont confirmé l'absence de dégazage de méthane repéré lors de la réalisation du transect au mois de mai. Un flux très réduit de CO₂ y est parfois mesuré. Il pourrait s'agir d'un flux réduit de CH₄ oxydé dans les couches supérieures de la couverture. Le flux de CH₄ du site de Morialmé est donc considéré comme nul en dehors de la zone émissive délimitée.

Au sein de la zone émissive :

- 1 série temporelle (F5) ne permet l'estimation d'aucun flux (coefficient de régression $R \ll 0,95$) ;
- 1 série temporelle (F4) ne permet pas le calcul du flux de CH₄ ($R < 0,95$), mais indique un flux élevé de TP, ce qui peut être indicateur d'un flux significatif de méthane ;
- 8 séries temporelles enregistrées (F6, F9, F11, F12, F14, F16, F17 et F18) montrent un flux nul en méthane et un flux très réduit de CO₂, de manière similaire aux séries enregistrées en dehors de la zone émissive ;
- 6 séries temporelles (F7, F8, F10, F10b, F13 et F15) permettent de calculer un flux local significatif de méthane et de dioxyde de carbone.

5.2.2 Estimation du flux global du site

Pour pouvoir comparer les émissions de biogaz sur le site de Morialmé avec les valeurs recensées au point 2, il est nécessaire d'avoir une estimation du flux global sur l'entièreté du dôme. Cette estimation est réalisée à partir de l'interpolation des mesures du flux local, en considérant qu'en dehors des zones émissives, le dégazage est nul (Cette généralisation a été confirmée lors des mesures de flux).

Deux méthodes d'estimation du flux ont été utilisées et comparées :

1. La détermination de polygones d'influence pour chaque point de mesure des flux. Etant donné la faible taille de la zone émissive et le nombre de mesures de flux réalisées, on peut estimer que le flux est similaire dans un rayon autour du point de mesure. La valeur du flux est donc assimilée à toute la surface du polygone. La Figure 7 présente les polygones d'influence délimités à partir des points de mesure de flux.

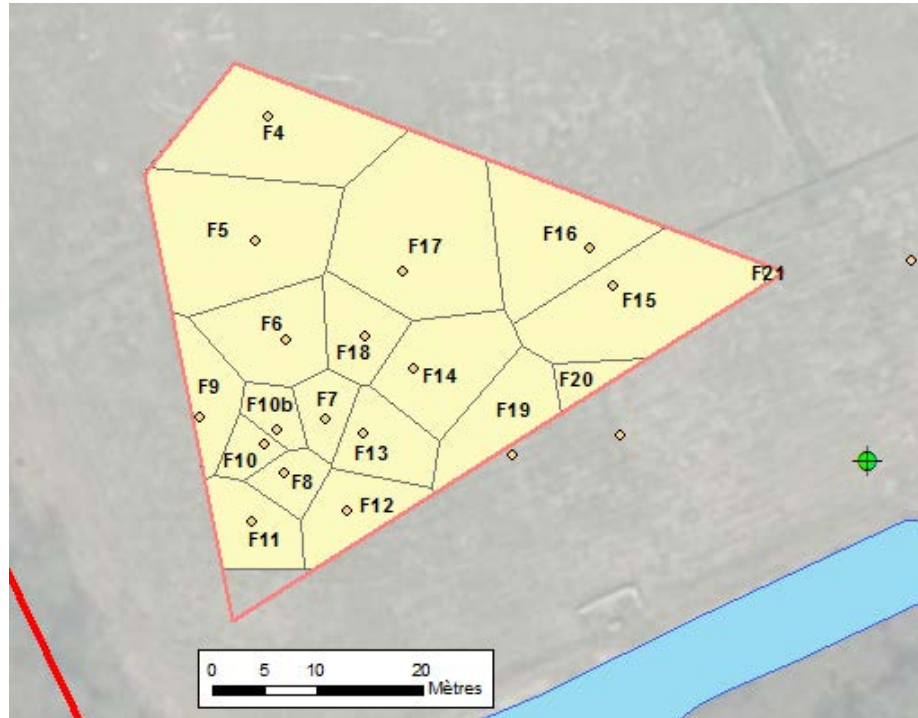


Figure 8 : Délimitation des polygones d'influence liés aux flux mesurés

En utilisant cette méthode et en additionnant les flux surfaciques obtenus, on obtient pour l'ensemble du site de Morialmé un flux de CH_4 de 908 ml/s et de CO_2 de 1892 ml/s, soit respectivement $3,27 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{h}$ et $6,8 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/\text{h}$ ou $1,13 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/(\text{h}.\text{ha})$ et $2,3 \text{ m}^3 \text{ CO}_2/(\text{h}.\text{ha})$ (ou encore $0,7 \text{ kg CH}_4/(\text{h}.\text{ha})$ et $4 \text{ kg CO}_2/(\text{h}.\text{ha})$).

2. L'interpolation des valeurs de flux au sein de la zone émissive, comme déjà utilisée pour l'interpolation des données de concentrations issues des transects de mesure de la phase I. La Figure 8 montre les valeurs de flux de CH_4 et CO_2 interpolées en chaque point de la zone émissive et classée en fonction de l'intensité du flux.



Figure 9 : Interpolations des flux locaux de CH_4 et CO_2 (ml/s) sur la zone émissive

La valeur de flux obtenue est de 1655 ml/s de CH₄ et 3740 ml/s de CO₂, soit respectivement 6 m³ CH₄/h et 13,5 m³ CO₂/h ou 2,1 m³ CH₄/(h.ha) et 4,6 m³ CO₂/(h.ha) (ou encore 1,3 kg CH₄/(h.ha) et 8 kg CO₂/(h.ha)).

Les deux méthodes de calcul sous-estiment certainement le flux réel de méthane émis. En effet :

- Certaines zones émissives de très faible extension (hots spots) ont pu ne pas être mises en évidence lors du 1^{er} screening et n'ont donc pas été investiguées lors de la deuxième phase.
- Certains flux locaux n'ont pas pu être calculés en raison de l'instabilité des données collectées ($R < 0,95$) et ne sont donc pas comptabilisés (assimilés à 0).
- La comparaison des deux méthodes montre des valeurs allant du simple au double. En effet, là où la première méthode attribue un flux nul à tout le polygone entourant un point de concentration nulle, la deuxième méthode lui attribue des valeurs intermédiaires entre le flux nul et le flux voisin (donc non nulle).

Le flux de méthane calculé, rapporté à la superficie totale du site, varie donc entre 0,7 kg CH₄/(h.ha) et 1,3 kg CH₄/(h.ha). Cette gamme de valeurs est entachée d'incertitude en raison de l'interpolation des données, mais donne une valeur indicative permettant d'être comparée aux normes recensées.

6 DISCUSSION ET CONCLUSION

L'ISSEP a mené une campagne de mesures des émissions surfaciques de biogaz sur le C.E.T. réhabilité de Morialmé. Cette campagne s'est composée de deux phases de mesures : la phase I (transect de mesure des concentrations surfaciques de CH₄) s'est déroulée le 10 mai 2017, la phase II (mesure et estimation des flux) a été réalisée le 23 août 2017. Le traitement des données obtenues a abouti aux observations et conclusions suivantes.

- En comparant les résultats obtenus au terme de la phase I et de la phase II, on remarque une bonne concordance entre les mesures de flux et le transect de concentration dans les zones de flux nul. Les mesures de flux réalisées dans la zone émissive localisée en phase I ont également montré, pour la majorité, des flux positifs. Ces deux considérations valident la méthode de repérage des fuites par transects. Par contre, l'étendue de la zone émissive délimitée par transect est légèrement surévaluée, puisque certains flux mesurés à l'intérieur de la zone émissive étaient nuls, alors que les concentrations de surface étaient positives. Ces variations peuvent toutefois être associées à des variations de pression atmosphérique entre les deux journées de mesures et une variabilité temporelle des phénomènes d'émissions.
- Les résultats de l'ISSEP ont été comparés avec les valeurs de référence proposées dans les autres pays (point 2),
 - Les concentrations mesurées en surface du dôme sont inférieures aux valeurs prescrites par toutes les normes citées précédemment (P80 des concentrations < 25ppm prescrits en Allemagne). Ces mesures indiquent donc que les fuites rencontrées en surface du dôme sont de faible importance ;
 - Les valeurs de flux mesurées, quelle que soit la méthode d'estimation utilisée, sont inférieures aux valeurs recommandées pour l'arrêt *des mesures actives* de traitement en Allemagne. Par contre, elles sont supérieures aux valeurs surfaciques recommandées en Autriche et au Royaume-Uni, ce qui impliquerait une nécessité de poursuivre le monitoring et d'envisager des méthodes de traitement passif telles que la mise en place de biofiltres.
 - Concernant l'oxydation du méthane au travers de la couche de surface, on voit que le phénomène est bien présent étant donné la détection d'un flux de CO₂ important. Par contre, le passage du biogaz au travers de la couverture de surface n'est pas suffisant pour faire décroître les émissions de méthane suffisamment.
- 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 de précédentes campagnes de mesures sont données au Tableau 4. Le flux estimé à Morialmé se situe en dessous des valeurs estimées sur les sites toujours en exploitation au moment des mesures et dans la même gamme que le site de Chapois, réhabilité provisoirement.

Tableau 4 : 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 /m ² /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
MORIALME	REHABILITE DEFINITIVEMENT	2017	0,03 – 0,06

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

En l'absence de critères relatifs à l'arrêt du traitement du biogaz en Wallonie, la présente étude a permis de montrer que les critères utilisés dans d'autres pays d'Europe peuvent servir d'indicateur pour la surveillance des sites wallons, relativement à leurs émissions surfaciques de méthane. Il est difficile de faire un choix sur la valeur la plus appropriée étant donné que certains pays ne justifient pas le choix des valeurs. Seules les valeurs allemandes sont justifiées par des raisons physiques (limite technique pour la valorisation, oxydation).

Dans le cas de Morialmé, les valeurs de flux sont inférieures aux normes allemandes. L'absence de valorisation du biogaz peut donc être justifiée par des flux trop faibles pour assurer le bon fonctionnement d'installations de valorisation. Par contre, les valeurs surfaciques recommandées en Autriche et au Royaume-Uni, plus sécuritaires, sont dépassées.

Sur le site de Morialmé, les émissions de biogaz ont toujours été inférieures aux modèles prédictifs, sans qu'une explication ne puisse être apportée. Cette absence de dégazage peut être due à une inhibition des processus de dégradation anaérobie, cela ne signifie pas l'absence de potentiel de biodégradation du déchet.

En l'absence de monitoring de suivi du biogaz assuré par l'exploitant et étant donné l'absence de norme chiffrée dans les conditions sectorielles des C.E.T. relativement aux émissions surfaciques de biogaz, l'ISSEP propose de réaliser un suivi des flux surfaciques sur ce site. Ce suivi sera composé de 3 nouvelles campagnes de mesure rapide des flux. Il aura pour but de cerner les variations saisonnières des émissions, d'avoir un suivi annuel du flux global du site et de conforter les choix de l'ISSEP quand aux normes à utiliser relativement au suivi des émissions de biogaz sur les C.E.T. Cette campagne cadre à la fois avec la mission de suivi des C.E.T. sollicitée par le DPC (suivi du site de Morilamé) et avec la mission du DSD relative à la postgestion des C.E.T. (critères d'arrêt de la gestion du biogaz). Un rapport de synthèse global fera suite à ces différentes mesures.

S.Herzet
Attachée

Cellule Déchets et sites à risques

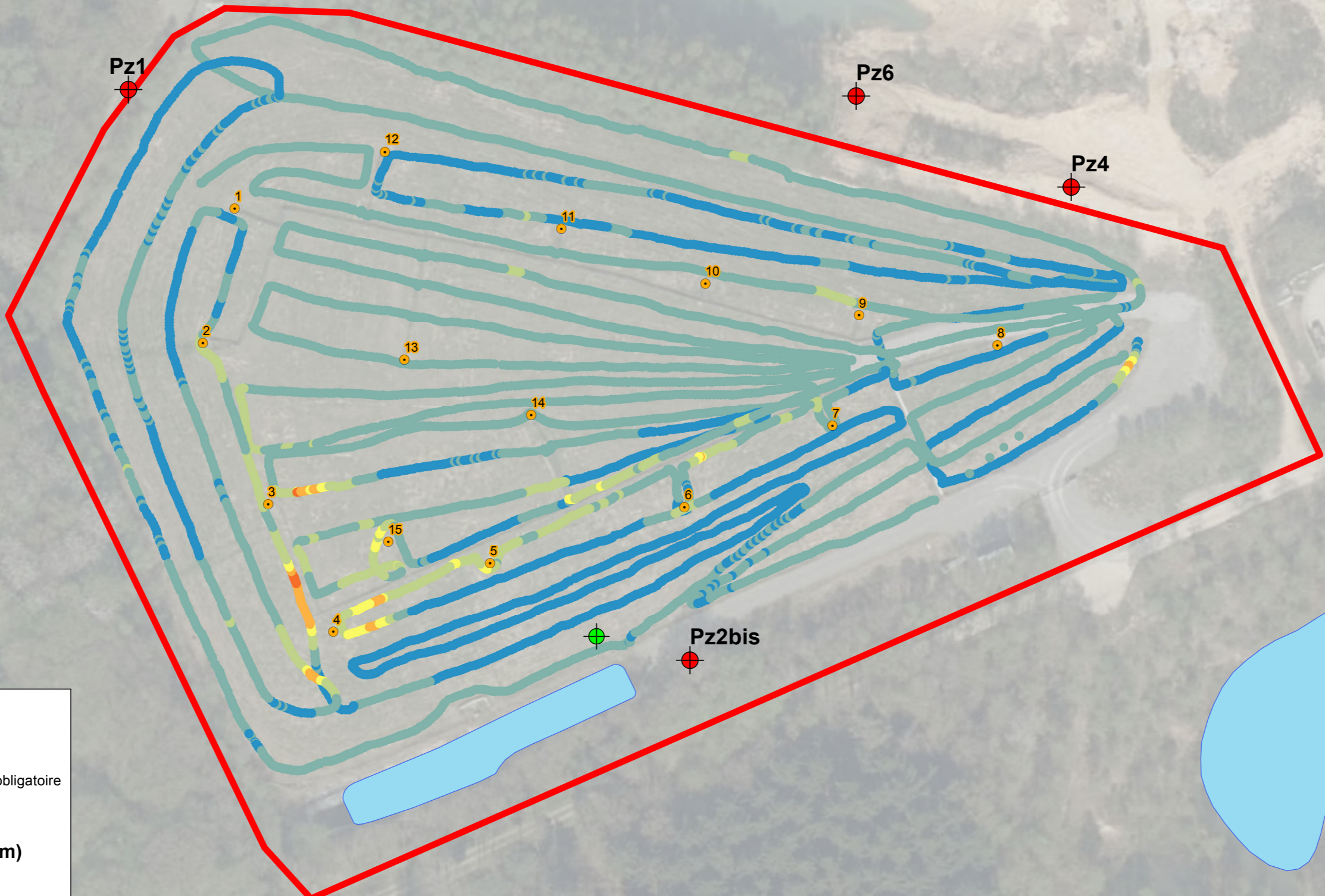
C. Collart
Responsable

Cellule Déchets et sites à risques

7 RÉFÉRENCES

- [1] Rapport INERIS (2015). Modélisation et caractérisation des émissions surfaciques de biogaz sur les centres d'enfouissement techniques (C.E.T.) en Wallonie – Etude des émissions du C.E.T. de Cour au Bois. Rapport INERIS-DRC-15-146356-06741a.
- [2] UK Environmental Agency (2010). Guidance on monitoring landfill gas surface emissions. LFTGN07 v2 2010, 67 pp.
- [3] ISSEP – Bietlot E. *Arrêté de subvention (2017) relatif à la gestion durable et à la fixation de critères de fin de postgestion des C.E.T. - Rapport d'activité d'octobre 2017*. Rapport n°4655/2017.
- [4] P. Kjeldsen and C. Scheutz (2015). Suggested guidelines for gas emission monitoring at danish landfills. Proceedings Sardinia 2015.
- [5] D'Or D. (Ephesia Consult), Garcia M. (Kidova) (2009). Rapport de la partie II : Détermination d'un protocole d'échantillonnage et d'une méthodologie d'estimation et de cartographie des flux de biogaz et application sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert. Rapport Issep 2009002.
- [6] Ineris (2008). "Documentation relative au transfert du savoir-faire concernant la méthode Ineris de mesure de flux surfacique de gaz", Rapport d'étude DRC-08-98476-14234A, 14/11/2008.

Plan 1 : Concentrations brutes en méthane mesurées lors des transects réalisés le 10 mai 2017



Contour du site

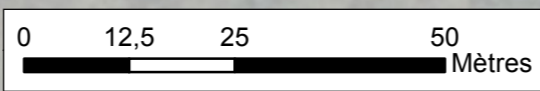
Puits de gaz

Piezomètres de contrôle obligatoire

Autre piézomètre

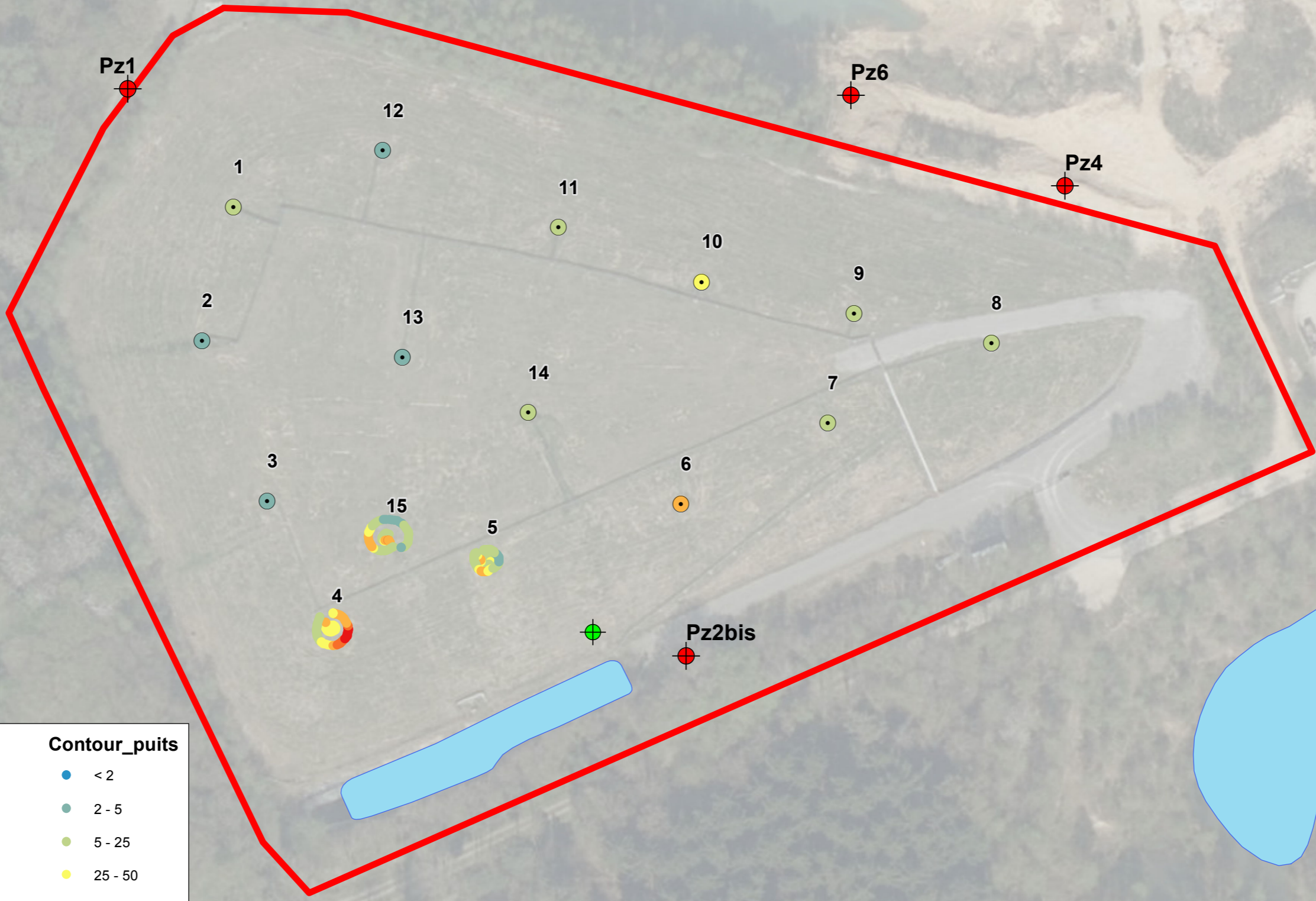
Concentration CH4 (ppm)

- < 2
- 2 - 5
- 5 - 25
- 25 - 50
- 50 - 100
- 100 - 160
- 160 - 450



Institut Scientifique de Service Public		DPC - Réseau de Contrôle des C.E.T.	
Surveillance de l'Environnement		C.E.T de MORIALME	
Cellule Déchets & Sites à Risques		Concentrations surfaciques de CH4	
mesurées le 10 mai 2017		Sources de l'information : Geoportail SPW-DGO3, DGO4	
Dressé par : S. HERZET		Vérifié par : E. BIETLOT	
Date : 15/09/2017		N° dossier : 2927/2017	
ISSeP, rue du Chéra, 200 B-4000 Liège		Version : 1.0	
Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65		Plan n° 1	

Plan 2 : Concentrations en méthane mesurées aux abords des puits de collecte du biogaz

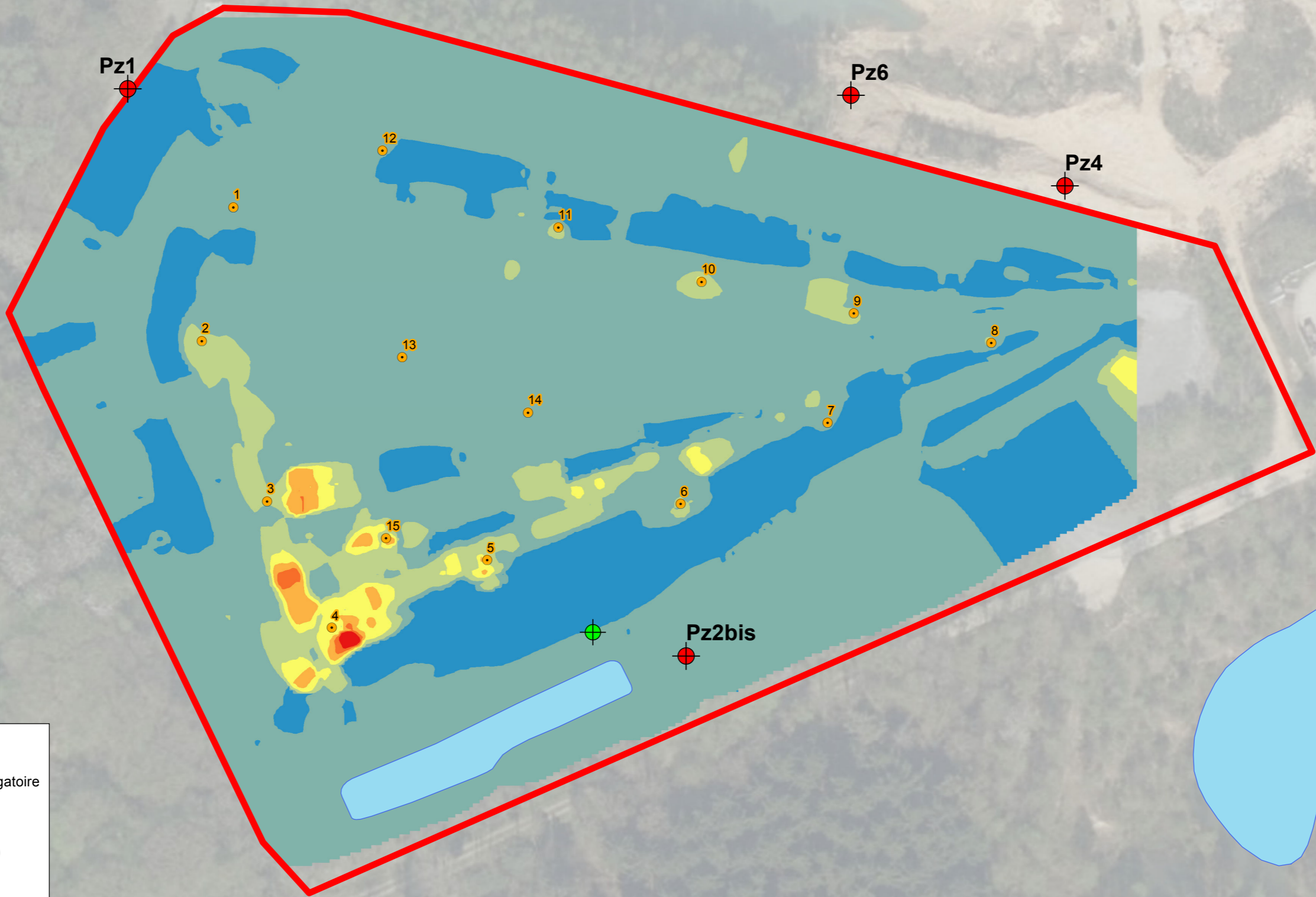


Puits de gaz		Contour_puits	
	< 2		< 2
	2 - 5		2 - 5
	5 - 25		5 - 25
	25 - 50		25 - 50
	50 - 100		50 - 100
	100 - 160		100 - 160
	160 - 450		160 - 450
	Contour du site		
	Piézomètres de contrôle obligatoire		
	Autre piézomètre		



Institut Scientifique de Service Public Surveillance de l'Environnement Cellule Déchets & Sites à Risques			DPC - Réseau de Contrôle des C.E.T. C.E.T de MORIALME Concentrations de CH4 aux abords des puits de gaz
Dressé par : S. HERZET Date : 15/09/2017	Vérifié par : E. BIETLOT N° dossier : 2927/2017 Version : 1.0		Sources de l'information : Geoportail SPW-DGO3, DGO4
ISSeP, rue du Chéra, 200 B-4000 Liège Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65			Plan n° 2

Plan 3 : Interpolation des valeurs ponctuelles de concentrations en CH₄



Contour du site

● Piézomètres de contrôle obligatoire

● Autre piézomètre

Concentration CH4 (ppm)

- < 2
- 2 - 5
- 5 - 20
- 20 - 50
- 50 - 100
- 100 - 160
- 160 - 400



Institut Scientifique de Service Public Surveillance de l'Environnement Cellule Déchets & Sites à Risques		DPC - Réseau de Contrôle des C.E.T. C.E.T de MORIALME Interpolation des valeurs ponctuelles de concentrations en CH4
Dressé par : S. HERZET Vérifié par : E. BIETLOT Date : 15/09/2017 N° dossier : 2927/2017 Version : 1.0		Sources de l'information : Geoportail SPW-DGO3, DGO4
ISSeP, rue du Chéra, 200 B-4000 Liège Tél : 04/229 83 11 - Fax : 04/252 46 65		Plan n° 3