



**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 14 octobre 2019

Département de la Police et des Contrôles

RÉSEAU DE CONTRÔLE DES C.E.T. EN WALLONIE

Rapport transversal Air

— Troisième édition : 2019 —

Rapport 0001/2019

Ce rapport contient 41 pages et 5 annexes

E. Bietlot, O. le Bussy, C. Collart,

Attachés,

Cellule Déchets & SAR



Wallonie

Remarque : Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut
Rapport n°0001/2019, page 1/41

Contact

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

Institut Scientifique de Service Public (ISSEP)
Rue du Chéra, 200
B-4000 LIEGE
Tél. : + 32 (0)4 229 83 11
Fax : + 32 (0)4 252 46 65

Adresses e-mails :

c.collart@issep.be
e.bietlot@issep.be
e.navette@issep.be
s.herzet@issep.be
d.dosquet@issep.be
o.lebussy@issep.be

RÉSEAU DE CONTRÔLE DES C.E.T. EN WALLONIE

Rapport transversal Air

— Troisième édition : 2019 —

Date	14 octobre 2019
Maître d'ouvrage	Département de la Police et des Contrôles
Référence	0001/2019
Type	Rapport définitif
Auteurs	E. Bietlot, O. le Bussy, C. Collart

Table des matières

1	GÉNÉRALITÉS	6
	1.1 Contexte	6
	1.2 Sites intégrés à la présente étude	6
	1.3 Surveillance environnementale des gaz	7
	1.4 Données	7
2	BIOGAZ	10
	2.1 Généralités – production de biogaz	10
	2.1.1 Phases de biodégradation des déchets de classe 2	10
	2.1.2 Collecte du biogaz	11
	2.2 Obligations de surveillance	11
	2.3 Volumes de biogaz collectés	12
	2.4 Résultats - composition du biogaz	14
	2.4.1 Composition moyenne	14
	2.4.2 Gammes de concentration	16
	2.4.3 Évolution temporelle	17
	2.4.4 Flux massiques	19
	2.5 Observations et perspectives	20
3	ÉMISSIONS SURFACIQUES	21
	3.1 Généralités	21
	3.2 Obligations de surveillance	21
	3.3 Surveillance par l'ISSEP	21
	3.4 Observations et perspectives	22
4	FUMÉES DES INSTALLATIONS DE COMBUSTION	23
	4.1 Généralités	23
	4.2 Obligations de surveillance et valeurs guides	23
	4.2.1 Conditions sectorielles	23
	4.2.2 Normes particulières	23
	4.2.3 Valeurs guides	24
	4.3 Résultats – composition des fumées	25
	4.4 Observations et perspectives	27
5	QUALITÉ DE L'AIR À L'IMMISSION	29
	5.1 Généralités	29
	5.2 Obligations de surveillance et valeurs guides	29
	5.3 Résultats – qualité de l'air	30
	5.3.1 Synthèse des données d'autocontrôles	30
	5.3.2 Synthèse des campagnes de contrôle	30
	5.4 Observations et perspectives	33

6	NUISANCES OLFACTIVES	35
	6.1 Généralités	35
	6.2 Obligations de surveillance	35
	6.3 Études odeurs	35
	6.4 Observations et perspectives	36
7	ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE	37
8	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	39
9	RÉFÉRENCES	41

Tableaux

Tableau 1 : Statut des C.E.T. intégrés au réseau	7
Tableau 2 : Synthèse des données de contrôles et d'autocontrôles	8
Tableau 3 : Synthèse des données d'autocontrôles relatives au volet Air	9
Tableau 4 : Gammes de concentrations dans le biogaz pour chaque phase de dégradation (Pohland)	11
Tableau 5 : Données relatives à la diminution de la production de biogaz sur les C.E.T.	14
Tableau 6 : Composés organiques volatils dans les biogaz de 3 C.E.T.	15
Tableau 7 : Gammes des concentrations dans les biogaz	16
Tableau 8 : Estimation des flux massiques dans les biogaz	19
Tableau 9 : Normes particulières applicables aux émissions des moteurs à biogaz (mg/Nm ³)	24
Tableau 10 : Valeurs guides pour les émissions des moteurs à biogaz (mg/Nm ³) ^[14, 13]	24
Tableau 11 : Taux typiques d'efficacité de destruction des COV dans un moteur à combustion ^[14]	24
Tableau 12 : Valeurs limites d'émission pour les moteurs utilisant du biogaz	25
Tableau 13 : Gammes de concentrations représentatives des fumées	25
Tableau 14 : Normes et valeurs guides pour la qualité de l'air ambiant	29
Tableau 15 : BTEX – Critères de qualité et d'intervention	30
Tableau 16 : Données de suivi en continu du méthane	30
Tableau 17 : Potentiel de réchauffement global	38

Figures et graphes

Figure 1 : Phases de dégradation de déchets biodégradables de classe 2	10
Figure 2 : Proportions relatives de biogaz produit en 2017 sur les C.E.T. du réseau de contrôle	12
Figure 3 : Évolution de la production de biogaz sur quelques C.E.T. du réseau	13
Figure 4 : Composition moyenne du biogaz	15
Figure 5 : Variabilité du taux de méthane dans les biogaz	17
Figure 6 : Évolution temporelle du taux de méthane dans les biogaz	18
Figure 7 : Variabilité des gammes des concentrations dans les fumées	27
Figure 8 : Qualité de l'air ambiant par site (campagnes ISSeP)	33
Figure 9 : Répartition des émissions totales de GES entre les principaux secteurs en Belgique (source AwAC)	37
Figure 10 : Évolution des émissions de méthane (1990-2016) sur les C.E.T. en Wallonie (Source : AwAC)	38

Annexes

- Annexe 1 : Historique des campagnes de contrôle
- Annexe 2 : Composition des biogaz du réseau, par site
- Annexe 3 : Composition des fumées – gammes d'émissions par station
- Annexe 4 : Qualité de l'air ambiant – campagnes de contrôle ISSeP
- Annexe 5 : Quantités de méthane par station – évolution temporelle et rapport à la superficie

Abréviations utilisées dans le texte

AwAC	Agence wallonne de l'air et du climat
BTEX	Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes
C.E.T.	Centres d'enfouissement technique
COV	Composés organiques volatils
COVNM	Composés organiques volatils non méthaniques
DCM	Dichlorométhane
DCA	Dichloroéthane
GES	Gaz à effet de serre
Nb mes.	Nombre de mesures
MAX	Maximum
MED	Médiane
MIN	Minimum
MOY	Moyenne
P10	Percentile 10
P25	Percentile 25
P75	Percentile 75
P90	Percentile 90
PRG	Potentiel de réchauffement global
TCA	Trichloroéthane
VC	Chlorure de vinyle
BEA	C.E.T. de Champ de Beaumont (Monceau-sur-Sambre)
BEL	C.E.T. de Belderbusch (Montzen)
CAB	C.E.T. de Cour au Bois (Braine-le-Château)
CHA	C.E.T. de Chapois (Ciney)
CRO	C.E.T. de Cronfestu (Morlanwelz)
FRO	C.E.T. de Froidchapelle
HAB	C.E.T. d'Habay
HAL	C.E.T. d'Hallembaye
MAL	C.E.T. de Malvoisin (Gedinne)
MOR	C.E.T. de Morialmé (Florennes)
MSG	C.E.T. de Mont-Saint-Guibert
TEN	C.E.T. de Tenneville

1 GÉNÉRALITÉS

1.1 Contexte

Le présent document synthétise les résultats acquis dans le cadre du réseau de contrôle des centres d'enfouissement technique (C.E.T.) instauré par le DPC en 1998, dans le domaine des émissions gazeuses et de leur impact environnemental. Chaque campagne de surveillance, focalisée sur un C.E.T. à un moment donné, fait systématiquement l'objet d'un rapport détaillé. Après vingt ans de fonctionnement, les données accumulées au sein du réseau (contrôles et autocontrôles) permettent une analyse globale et transversale des émissions gazeuses pour l'ensemble des C.E.T. du réseau. Des statistiques et valeurs additives sont calculées et servent de référence pour les campagnes futures.

En 2009 et 2010, deux rapports transversaux présentaient une vision à l'échelle régionale de la qualité de l'air autour des C.E.T. ainsi qu'une aide à la décision en matière de gestion des sites d'enfouissement de déchets ^[1,2]. Le présent rapport vise à dresser l'état des lieux environnemental au vu de l'évolution de ce secteur et de l'amélioration des connaissances survenue depuis 2010.

La fin de l'enfouissement de déchets ménagers (en 2010) et la réalisation de couvertures temporaires ou définitives sur plusieurs C.E.T. ont fortement modifié les impacts et risques environnementaux inhérents aux C.E.T. Entre autres, les nuisances olfactives, qui généraient couramment des plaintes jusqu'en 2010, ne sont plus qu'une préoccupation mineure des riverains de C.E.T.

Ce document, rédigé sur base des nouveaux résultats accumulés depuis 2010 et des avancées en matière d'exploitation des données, se veut avant tout être un outil permettant de mieux comprendre la problématique des émissions atmosphériques inhérentes aux C.E.T. mais aussi d'apprécier l'évolution de la situation environnementale liée à l'air autour de l'ensemble des sites.

Certaines méthodologies se développant continuellement grâce à l'expérience acquise, le rapport 2019 contient de larges sections d'ordre général rappelant au lecteur les bases techniques pour la compréhension des résultats présentés.

Les avancées et les résultats obtenus dans les différents domaines que compte la surveillance de la qualité de l'air sur les C.E.T. ont fait l'objet de plusieurs publications dont certaines d'entre elles ont été présentées à des colloques de renommée internationale dans le domaine de la gestion des déchets ^[3,4,5,6,7,8,9].

Les rapports de campagne de chaque C.E.T. sont disponibles sur le site Internet du Réseau de contrôle (<http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/> ^[10]), de même que les publications scientifiques en lien avec cette thématique.

1.2 Sites intégrés à la présente étude

Le rapport de synthèse concerne l'ensemble des centres d'enfouissement technique intégrés au réseau de contrôle à l'heure actuelle, à savoir les 11 sites repris au Tableau 1. Ce tableau dresse un état des lieux des C.E.T. de classe 2 qui font l'objet d'une surveillance régulière par l'ISSeP, et pour lesquels des données d'autocontrôles ont été communiquées à l'Institut. Le statut actuel de chaque C.E.T. y est renseigné, de même que les données de base relatives à l'exploitation du site. Un trigramme, repris dans la première colonne, identifie chaque C.E.T., et ce, tout au long du rapport. La correspondance entre les trigrammes et les noms complets des sites est fournie dans la liste des acronymes en page 5.

Tableau 1 : Statut des C.E.T. intégrés au réseau

CET	Stade de l'exploitation	Année de mise en service	Réhabilitation provisoire	Réhabilitation définitive	Superficie de classe 2 (ha)
BEA	En exploitation	2000	-	-	18.4
CAB	En fin d'exploitation (2020)	1989	Partielle*	-	22
HAB	En exploitation	1979	Partielle*	2001 (tumulus)	14.5
HAL	En exploitation	1989	-	-	30
MSG	En cours de réhabilitation	1958	Partielle*	-	26.5
TEN	C.E.T. au repos (depuis 2015)	1980	Partielle*	-	12,4
CHA	Réhabilitation définitive en cours	1986	2012	En cours	6
BEL	Postgestion en cours	1976	1998	1998	7,9
CRO	Postgestion en cours	1962	1994	2001	33.5
MAL	Postgestion en cours	1992	2007	2009	1,2
MOR	Postgestion en cours	1993	2008	2012	2,2

*Certaines zones sont réhabilitées provisoirement en attente de la fin de l'exploitation complète du CET.

1.3 Surveillance environnementale des gaz

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

- l'étude des **sources**, à savoir la composition des biogaz générés par les C.E.T. et celle des émanations produites par les déchets (chapitre 2); ainsi que la surveillance des émissions par des mesures aussi proches que possible des points émetteurs. On distingue les émissions surfaciques de biogaz (chapitre 3) et les émissions de fumées (chapitre 4) ;
- la surveillance à l'**immission** dans l'air ambiant, via des mesures de qualité de l'air (chapitre 5) ou des études d'impact olfactif (chapitre 6).

L'AGW du 27 février 2003 fixe les conditions sectorielles d'exploitation des centres d'enfouissement technique, lesquelles incluent les modalités de surveillance environnementale des gaz. Ces conditions peuvent être modifiées et/ou complétées par les conditions particulières spécifiques à chaque site.

1.4 Données

Cette section présente les données consolidées relatives au suivi environnemental des émissions gazeuses autour des C.E.T. de classe 2.

Elles proviennent d'une part des autocontrôles réalisés par les exploitants et d'autre part des campagnes de contrôles de l'ISSeP qui permettent de valider (ou invalider) ces données et de les compléter par l'ajout de paramètres ou de prélèvements non obligatoires. Les statistiques présentées dans ce rapport font appel principalement aux données d'autocontrôle validées, accumulées en historique de séries continues et représentatives des stations analysées.

Tableau 2 : Synthèse des données de contrôles et d'autocontrôles

	Contrôles	Autocontrôles
Analyses biogaz	26 campagnes	134 prélèvements
Analyses fumées	26 campagnes	190 prélèvements
Qualité de l'air	29 campagnes	Mesures en continu, historique de 5 ans sur 5 sites

L'historique des campagnes de contrôle menées par l'ISSeP figure en Annexe 1. Les rapports de campagne sont disponibles sur le site Internet du Réseau ^[10].

Le Tableau 3 synthétise les données de suivi environnemental communiquées par les exploitants concernant le volet Air. Elles concernent une période de minimum cinq ans.

Les résultats d'autocontrôles ont été reçus sous divers formats, en tableaux ou listes, ou sous forme de certificats émis par un laboratoire. Plusieurs aspects dans l'expression des résultats reçus conduisent à des incertitudes lors de l'exploitation de ces résultats.

- Les concentrations volumiques dans le biogaz sont la plupart du temps ramenées à des milligrammes par norme mètres cube (mg/Nm³) ou des parties par million (ppm) sur gaz sec contenant 5% d'oxygène. Cependant, dans une grande part des chiffres reçus, cette conversion d'unité n'est pas précisée.
- Les prélèvements de biogaz sont effectués tantôt en amont des installation d'épuration, tantôt en aval (à l'entrée des moteurs). Le point de prélèvement est rarement précisé et pour un même site, il peut varier selon les campagnes.
- Les seuils de détection sont très variables.
- Les volumes de biogaz sont mesurés dans les installations de pompage ou à l'entrée des moteurs et torchères. Dans quelques cas, ces volumes sont estimés sur base du nombre d'heures de fonctionnement des moteurs et de leur débit nominal.

Les sets de paramètres mesurés diffèrent également, que ce soit pour les analyses à l'émission ou à l'immission. Par exemple, le soufre, l'éthylbenzène, les HAP et les poussières ne sont analysés que sur certains sites ou lors de quelques campagnes. Le faible nombre de résultats rend ces paramètres peu pertinents pour une interprétation statistique transversale. De même, les résultats d'analyses des composés organiques volatils (COV) dans le biogaz ou les émissions atmosphériques sont présentés de manière hétéroclite, soit en listes de composés détectés, soit en valeurs quantitatives incluant ou pas le sulfure d'hydrogène. L'examen de ces résultats permettra à terme de définir si l'analyse des COV est pertinente dans le biogaz et les fumées.

Tableau 3 : Synthèse des données d'autocontrôles relatives au volet Air

CET	Biogaz	Moteur (s)	Torchère (s)	Qualité de l'air ambiant
BEA	Volume mensuel traité (2010-2018) Composition 2x/an (2009 – 2017)	Composition fumées 1x/an (2012 – 2017)	Composition fumées 1x/an (2012 – 2017)	2 stations, aucun résultat reçu.
BEL	Volume mensuel traité + taux moyen de CH ₄ (2013 – 2017)	Aucun suivi	Aucun suivi	Pas de station
CAB	Volume mensuel traité (2005-2018) Composition 2x/an (2016 – 2018)	Composition fumées 2x/an (1995 – 2018)	Composition fumées (2002 – 2005)	Plus de station
CHA	Volume mensuel traité (2013 – 2015) Composition 2x/an (2003 – 2018)	Composition fumées 1x/an (2005 – 2013) Plus de moteur depuis 2014	Composition fumées 1x/an (2014 – 2017) Torchère retirée en 2017.	Suivi CH ₄ en continu (2013 – 2017) Prélèvements sur sac 1x/an, deux analyseurs (2004 – 2017)
CRO	Aucun résultat d'autocontrôle reçu	Pas de moteur	1 non fonctionnelle	Pas de station
HAB	Volume mensuel traité (2017) Composition 2x/an (2006 – 2017)	1 moteur. Composition fumées 1x/an (2008 – 2017)	1 torchère : (pas en service)	1 station Graphiques de suivi CH ₄ en continu (2013 – 2017)
HAL	Composition 2x/an (2013 – 2018)	2 moteurs. Composition fumées 1x/an (2009 – 2017)	Rien reçu	2 stations Analyses à fréquence horaire de CH ₄ , H ₂ S et SO ₂ (2012 – 2017) Prélèvements sur sac 1x/an, deux analyseurs (2014 – 2017)
MAL	Composition 2x/an (2006 – 2017)	Pas de moteur	1 torchère : Composition fumées 1x/an (2007 – 2016)	1 station Suivi CH ₄ en continu (2013 – 2017) Prélèvements sur sac 1x/an (2006 – 2017)
MOR	Pas de mesures	Pas de moteur	Pas de torchère	Pas de station
MSG	Volume mensuel traité (2013 – 2017) Composition 2x/an (2013 – 2017)	11 moteurs : Composition fumées 1x/an (2013 – 2017)	5 torchères	2 stations Graphiques de suivi CH ₄ en continu (2013 – 2017) Prélèvements automatiques à fréquence mensuelle + en cas de concentration en CH ₄ > 10ppm
TEN	Composition 2x/an (2004 – 2017)	2 moteurs : Composition fumées 1x/an (2004 – 2017)	1 torchère : Composition fumées 1x/an (2012 – 2017)	2 stations Graphiques de suivi CH ₄ en continu (2013 – 2017)

2 BIOGAZ

2.1 Généralités – production de biogaz

2.1.1 Phases de biodégradation des déchets de classe 2

Le processus de biodégradation des déchets organiques, historiquement enfouis en sites de classe 2, conduit à la production de biogaz et de percolats. La littérature propose des modèles de prédiction de la production et de la composition du biogaz (gaz majeurs) et des percolats selon les phases de dégradation des déchets de classe 2 [11]. Ces phases, au nombre de cinq, sont décrites ci-dessous. La Figure 1 illustre l'évolution des paramètres pertinents en fonction du temps. La succession des phases est bien observée en pratique mais les échelles de temps sont beaucoup plus importantes.

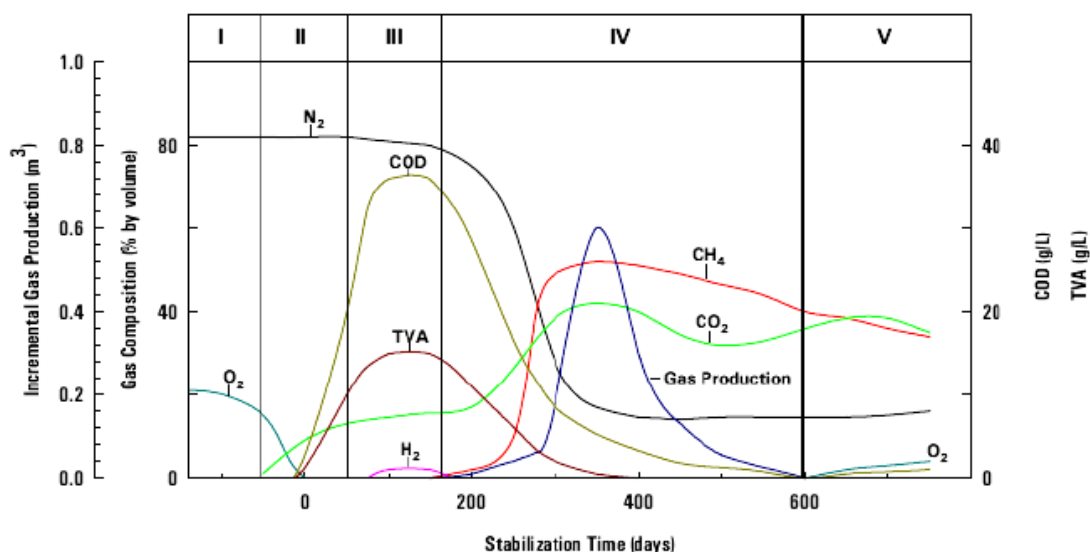


Figure 1 : Phases de dégradation de déchets biodégradables de classe 2

Après une phase initiale d'ajustement (**Phase I**), à laquelle sont associés le dépôt de déchets et l'accumulation d'humidité au sein des déchets, le premier consortium microbien se développe (acclimatation). Les conditions favorables pour la décomposition biochimique sont atteintes. Cette première phase correspond à la dégradation en milieu aérobie, elle dure peu de temps et se caractérise par une forte charge organique du percolat et par un dégagement de dioxyde de carbone vers l'atmosphère.

Lors de la **Phase II** (phase de transition/hydrolyse), après atteinte de la capacité maximale de rétention (humidité/eau), le milieu passe d'un environnement aérobie à anaérobie, qui s'accompagne d'une diminution des teneurs en oxygène au sein des déchets.

Lors de l'acidogénèse (**Phase III**), l'hydrolyse se poursuit avec une solubilisation des déchets solides. La conversion microbienne de la fraction organique biodégradable conduit à la production de courtes chaînes intermédiaires d'acides carboxyliques et d'acides gras volatils. La diminution de pH, associée à des concentrations élevées en acide carbonique (valeur en TAC/alcalinité élevée), entraîne une solubilisation des éléments minéraux et des métaux lourds présents dans les déchets. Les fortes teneurs en CO₂ relargués accentuent également la dissolution des espèces. Les lixiviats sont caractérisés par une DCO élevée attribuable aux acides carboxyliques qui, vu leur caractère hautement biodégradable, confèrent une DBO élevée aux lixiviats. C'est au cours de cette phase que leurs teneurs sont les plus élevées.

La **Phase IV** correspond à l'acétogénèse et la méthanogénèse. L'acétogénèse correspond à une fermentation acide avec production d'acide acétique et d'hydrogène ; la charge organique du

lixiviat est alors très élevée. Le pH augmente jusqu'à la neutralisation, ce qui favorise la formation de bicarbonates en solution. Ce milieu permet le développement des bactéries méthanogènes qui consomment les acides et les convertissent en méthane et dioxyde de carbone. Les sulfates et les nitrates sont respectivement convertis en sulfures et en ammonium. Le pH est maintenu élevé, tamponné par les bicarbonates, ce qui entretient le développement des bactéries méthanogènes et permet la production de méthane (50 à 60 % v/v). Les métaux sont mobilisés par complexation et précipitation (sulfures métalliques par exemple). Les teneurs en acides carboxyliques diminuent conjointement avec celles des DCO et DBO.

Durant la phase de maturation (**Phase V**) et de stabilisation des déchets, le substrat disponible devient limité et l'activité biologique décroît (dormance). La production de biogaz chute et la charge des lixiviats diminue. Les concentrations en oxygène tendent à augmenter et des espèces oxydées peuvent être observées. A cette phase est associé un rapport DBO/DCO très faible, en raison notamment d'une DCO réfractaire (macromolécules organiques) et d'une consommation directe et rapide de la matière organique biodégradable qui se dissout progressivement.

Des gammes de concentration caractéristiques de chaque phase de dégradation ont été établies par Pohland ^[12] et sont présentées dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 4 : Gammes de concentrations dans le biogaz pour chaque phase de dégradation (Pohland)

	Unités	Phase de transition	Acidogenèse	Méthano-genèse	Maturation
CH ₄	%	absent	<15	30-60	0- <10
CO ₂	%	0-10	10-30	30-60	<40
N ₂	%	70-80	60-80	<20	>20
O ₂	%	20	0-5	0-5	>5
H ₂	%	absent	0-2	<0,1	absent

2.1.2 Collecte du biogaz

Les massifs de déchets sont équipés de puits de gaz intégrés à un réseau de collecte des biogaz par pompage, continu ou intermittent. En l'absence de pompage, les risques de migration latérale du biogaz ou d'émissions surfaciques sont augmentés. Le pilotage des installations est réalisé le plus souvent de manière à garantir l'alimentation optimale de moteurs générant du courant électrique, c'est-à-dire un biogaz contenant de 40 % à 55 % de méthane.

Lorsque le biogaz est insuffisant en quantité ou trop pauvre en méthane pour faire fonctionner un moteur, il est envoyé vers une torchère. Dans la plupart des installations, le biogaz collecté est envoyé vers un dispositif de désulfuration (charbon actif) avant d'être injecté dans l'installation de combustion, moteur ou torchère.

Il est à préciser que les conditions sectorielles imposent un traitement des gaz par combustion. Toutefois, lorsque les déchets ne produisent qu'un gaz pauvre (teneur en méthane inférieure à 30 %), les limites techniques de ces installations peuvent être atteintes et compromettre leur fonctionnement optimal.

2.2 Obligations de surveillance

L'AGW du 27 février 2003 fixe les conditions sectorielles d'exploitation des centres d'enfouissement technique, qui peuvent être modifiées et/ou complétées par les conditions particulières spécifiques à chaque site. Le chapitre VI-Air, articles 59 à 61, décrit les impositions en matière de maîtrise et de suivi des biogaz.

En matière de récolte, de caractérisation et de gestion (articles 59 et 60), les gaz doivent être collectés et traités dans une installation de combustion (moteur ou torchère si les gaz ne peuvent être valorisés).

En matière de suivi environnemental (articles 60 et 61), des analyses **semestrielles** doivent être réalisées sur le biogaz en entrée des installations de traitement.

- Analyses quantitatives de CH₄, CO₂, O₂, N₂, H₂, H₂S, benzène, toluène, xylène, chlorure de vinyle.
- Analyses qualitatives et semi-quantitatives des composés organiques et dérivés organométalliques, organo-soufrés, -azotés, -halogénés, -chlorés.

Les conditions sectorielles n'imposent pas de valeurs limites de concentration pour les biogaz. Les valeurs publiées sont, pour certaines, fort différentes de ce qui est constaté dans les C.E.T. du réseau de contrôle wallon. Le présent rapport visera entre autres à établir des gammes de concentration utilisables en tant que valeurs de référence représentatives pour la Wallonie.

2.3 Volumes de biogaz collectés

Les données concernant les quantités de biogaz collectées ont été reçues pour 9 C.E.T. Elles sont mesurées en mode de pompage continu ou discontinu du biogaz dans le massif (cas de Malvoisin par exemple, ces quantités n'étant donc pas représentatives d'un fonctionnement stationnaire des installations). Elles sont exprimées en m³ ou Nm³ par heure, par jour ou par mois.

En 2017, la quantité rapportée pour le total de ces sites est de 28,8 millions de mètres cubes de biogaz, soit environ 13×10^6 m³ de CH₄, en postulant une concentration moyenne de 45% dans le biogaz.

L'examen des **volumes de gaz collectés** montre une forte disparité entre les différents C.E.T. Plus de 80% des volumes collectés en 2017 l'ont été sur les sites de Mont-Saint-Guibert et Cour au Bois. Ce sont, avec Hallembaye et Champ de Beaumont (BEA), les plus gros sites du réseau en termes de capacité (Figure 2).

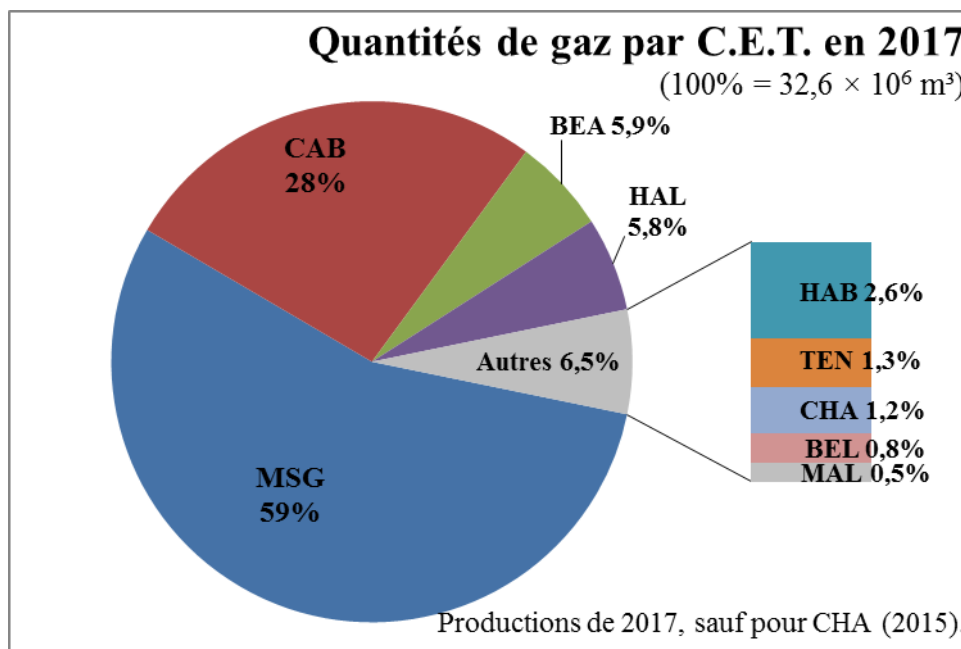


Figure 2 : Proportions relatives de biogaz produit en 2017 sur les C.E.T. du réseau de contrôle

Les quantités de gaz produites par un C.E.T. sont conditionnées par de nombreux facteurs tels que l'âge des déchets, l'évolution de la biodégradation des déchets, l'humidité du massif, les changements de gestion (exploitation vs postgestion), le suivi et l'entretien du réseau de collecte... Une tendance évolutive globale se dessine sur l'ensemble des sites. Sur la période de cinq ans considérée ici, après avoir atteint un maximum de production, ces quantités montrent

une tendance à la diminution (Figure 3). Le C.E.T. de Champ de Beaumont fait exception à cette tendance, en montrant une augmentation de production. Ceci s'explique par le fait qu'il est le plus jeune C.E.T examiné ici ; le moteur a été installé en 2008.

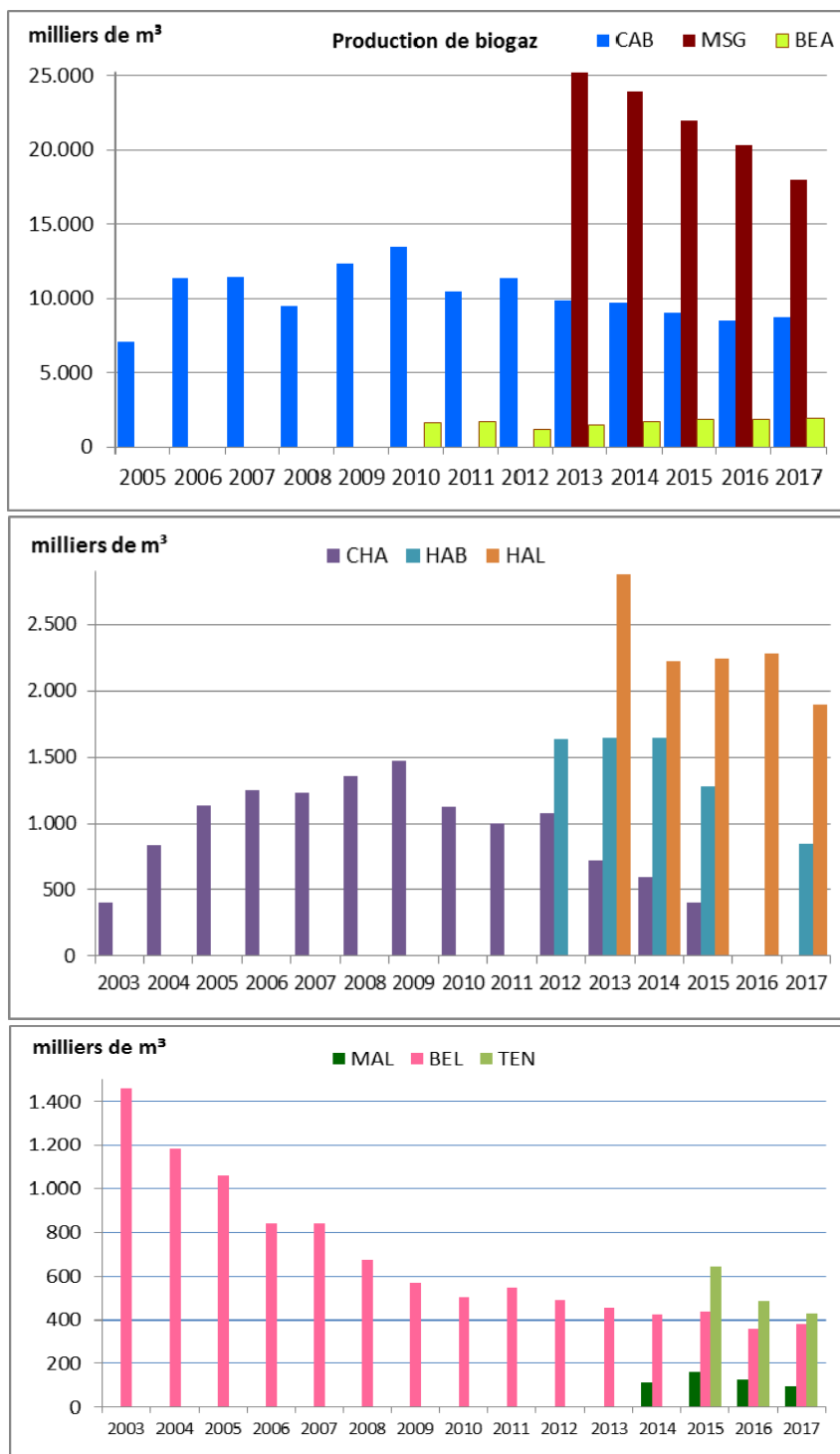


Figure 3 : Évolution de la production de biogaz sur quelques C.E.T. du réseau

Le Tableau 5 permet d'objectiver les diminutions de production de biogaz en pourcentage pour chaque C.E.T. pour lesquels l'ISSEP dispose des données de suivi. Pour le C.E.T. de Malvoisin, étant donné le pompage intermittent du biogaz dans le massif, les données ne sont pas représentatives. Elles ont toutefois été données à titre indicatif.

Tableau 5 : Données relatives à la diminution de la production de biogaz sur les C.E.T.

C.E.T.	BEA	BEL	CAB	CHA	HAB	HAL	MAL	MSG	TEN
Période	2014-2017	2014-2017	2014-2017	2012-2015	2014-2017	2014-2017	2014-2017	2014-2017	2015-2017
Évolution	+12%	-21%	-11%	-62%	-49%	-15%	-14%	-24%	-34%
Évolution moyenne par an	+3%	-5,4%	-2,6%	-15,6%	-12,2%	-3,6%	-3,4%	-6,1%	-11,2%

Le Tableau présenté ci-dessus illustre clairement la diminution progressive des productions de biogaz pour la quasi-totalité des C.E.T., qu'ils soient toujours en exploitation ou en phase de postgestion. Trois sites ne suivent pas une tendance à la baisse aussi prononcée que les autres sur les fenêtres temporelles considérées. Il s'agit des C.E.T. d'Hallembaye, de Cour au Bois et de Belderbusch. Le C.E.T. de Champ de Beaumont quant à lui voit sa production en phase d'augmentation.

À Cour au Bois, cela s'explique aisément en raison des ajustements quotidiens réalisés en fonction des teneurs en oxygène et en méthane mesurées directement au niveau des collecteurs et même au niveau des puits de gaz, et ce depuis 2012. D'importants efforts ont été consentis par l'exploitant pour améliorer le réseau de dégazage et les résultats viennent contredire les tendances théoriques à la baisse prévues quelques années auparavant.

Le C.E.T. d'Hallembaye accueille quant à lui des déchets organiques de façon sporadique, en cas de maintenance ou d'arrêt de l'incinérateur d'Intradel. Le site est également sujet à des feux couvant qui perturbent la composition et la gestion du biogaz.

À Belderbusch, après une diminution rapide de la production (moins 50% de 2003 à 2008), la diminution persiste à un taux plus faible. Le C.E.T., réhabilité en 1998, est par ailleurs le seul C.E.T. réhabilité qui soit encore équipé d'un moteur pour la valorisation du biogaz.

2.4 Résultats - composition des biogaz

2.4.1 Composition moyenne

La composition des biogaz est très variable d'un site à l'autre et, pour un même site, entre deux prélèvements. Cependant cette composition présente certaines gammes de valeurs habituelles. Outre le méthane, on retrouve dans le biogaz une série de composés générés par la biodégradation ou émanant directement des déchets.

La dégradation de déchets fermentescibles dans un C.E.T. conduit généralement à la composition moyenne suivante, présentée dans les deux diagrammes de la figure 4 :

- **Éléments majeurs** (% sur gaz secs) :

Un biogaz moyen est principalement composé de 42 à 55 % de méthane (CH₄), 28 à 36 % de dioxyde de carbone (CO₂), de 11 à 25 % d'azote (N₂). Il contient en outre de faibles quantités d'oxygène, de 1 à 2,5 %. Ces valeurs sont précisées au Tableau 7

Moyennant parfois certains prétraitements, comme une condensation de la vapeur d'eau, un abattement de l'H₂S et des siloxanes, ces biogaz sont de qualité suffisante pour être valorisés et utilisés comme combustible pour la production d'électricité (moteurs à gaz).

- **Composés organiques volatils** :

Comme le montre la figure 4, les alcanes et alcènes constituent la majeure partie des COVNM du biogaz.

Les sulfures, mercaptans et hydrocarbures terpéniques, produits par le processus de dégradation, bien que moins représentés, contribuent de manière importante aux nuisances olfactives engendrées par les biogaz, en raison notamment de leur seuil de perception olfactive extrêmement bas.

Les teneurs en sulfure d'hydrogène sont très dispersées, et ce principalement pour deux raisons. D'une part, la quantité de matériaux source de sulfures est fort variable : cela peut aller du plâtre (gypse) aux acides aminés (déchets alimentaires et végétaux) qui se dégradent en H₂S en conditions anoxiques. D'autre part, les prélèvements de biogaz étant souvent réalisés en entrée des moteurs et donc en aval d'une installation de désulfuration, les analyses en soufre total et en H₂S ne rendent pas compte de la concentration dans le biogaz produit à la source. La forte dispersion des teneurs en H₂S est présentée au tableau 7.

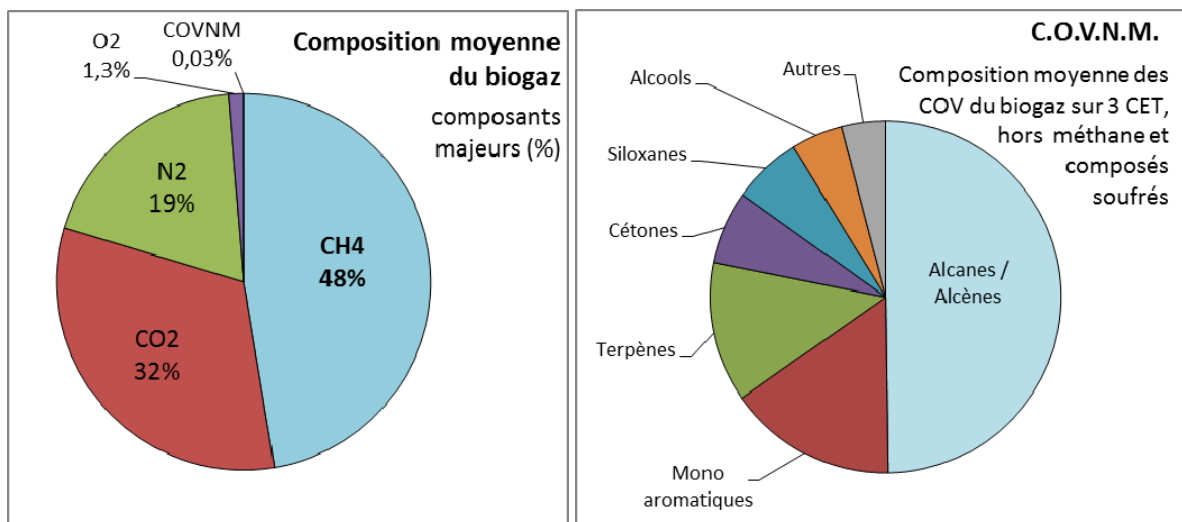


Figure 4 : Composition moyenne du biogaz

Les composés organiques volatils mesurés dans les biogaz (COVNM dans la figure 4) sont exprimés en excluant les composés sulfurés et le méthane. Les autres composés en traces, sont les hydrocarbures aromatiques, les hydrocarbures chlorés, mais aussi des composés plus communs comme les alcools, les esters, les aldéhydes, les cétones et les éthers. Leurs concentrations dans le biogaz sont de l'ordre du mg/Nm³. Vu l'hétérogénéité des formats de rapportage et la multiplicité des composés listés, ils sont groupés en 14 catégories afin de présenter un aperçu des concentrations dans le Tableau 6 ci-dessous, présenté à titre indicatif car ces mesures par groupes de composés ne sont disponibles que pour trois C.E.T.

Tableau 6 : Composés organiques volatils dans les biogaz de 3 C.E.T.

Paramètres (sommés par catégorie)	Valeurs médianes (en mg/Nm ³)		
	BEA	HAL	CHA
Alcane / Alcène / Cycloalcanes	432	324	338
Alcools	9,59	172	—
Chlorofluorocarbones	2,95	12,58	5,64
Organo-chlorés	3,72	5,26	2,35
Cétones	41,9	208	0,2
Terpènes	212	138	26,9
Esters	5,17	7,27	—
Ethers	22,0	69,8	0,4
Silane / Siloxanes	97,1	97,0	7,52
Organo-métalliques	0,073	0,18	—
Monoaromatiques	228	270	10,6
Polyaromatiques	3,78	0,03	0,89
COV tot (hors sulfurés)	1058	1400	450
Mercaptans / Sulfures	609	1825	—

2.4.2 Gammes de concentration

En complément de la composition "moyenne normale", il importe de rendre compte de la variabilité de composition du biogaz inhérente au processus de dégradation ou au mode d'exploitation. La variabilité inter-sites indique les différences entre les biogaz des différents C.E.T., et la variabilité intra-site indique la stabilité de la composition du biogaz d'un C.E.T.

Pour un paramètre donné, le biogaz de chaque C.E.T. est caractérisé par un intervalle entre le percentile 10 (P10), le percentile 90 (P90) et la valeur médiane. La référence à l'échelle du réseau est obtenue par la moyenne des P10 (notée P10_M), la moyenne des P90 (P90_M) et la moyenne des médianes (Méd._M). Cette démarche est similaire à celle appliquée dans le cadre des rapports sur la qualité des eaux autour des C.E.T. wallons. Les gammes de valeurs pour les principaux composants sont présentées dans le Tableau 7. Les gammes de variabilité du méthane sont illustrées dans la Figure 5. Le nombre de valeurs associées à chaque statistique permet d'en estimer la robustesse. Un tableau complet indiquant les médianes et le nombre de valeurs figure en Annexe 2.

Les paramètres régulièrement analysés, conformément aux conditions sectorielles, sont les composés majeurs (méthane, dioxyde de carbone, azote, oxygène), les composés organiques volatils (BTEX, chlorure de vinyle) ainsi que le sulfure d'hydrogène. Ce dernier paramètre permet généralement de déterminer si le biogaz a été prélevé en amont du prétraitement (biogaz brut, teneurs en H₂S élevées) ou en aval (biogaz épuré, teneurs en H₂S faibles à nulles).

Tableau 7 : Gammes des concentrations dans les biogaz

Paramètres	P10 _M - P90 _M Moyennes des 8 CET	Gammes P10 – P90							
		BEA	CAB	CHA	HAB	HAL	MAL	MSG	TEN
CH ₄ (%)	42,2 - 55	41,7-47,3	39,1-42,2	37-63,1	49,1-56,4	48,7-51,6	26-70,8	47,0-48,9	49,1-55,9
CO ₂ (%)	28,6 - 36	32,4-34,9	31,9-35,3	11,54-33	34,5-40,3	36,6-38,3	15,3-26,3	32,3-34,3	34-41,7
N ₂ (%)	11,0 - 24,6	16,7-23,5	21,2-25,8	8,38-38	9,1-12,6	10-13,9	3,7-53	15,45-17,6	3,6-12,1
O ₂ (%)	0,76 - 2,4	1-3,3	1,2-2	0,68-3,7	0,5-0,5	0,38-0,7	0,65-5,6	1,66-2,7	0-0,5
Benzène (mg/Nm ³)	3,8 - 12,2	2,4-8,9	13,4-23,3	0,24-7,5	0-4,3	10,6-39,2	0,28-2,9	3-5,8	0,01-5,6
Toluène (mg/Nm ³)	12,8 - 42	8,9-42,5	40,8-103	3,53-28,7	0-8	32,6-63	0,66-9,5	15,8-52	0,01-26,5
Ethylbenzène (mg/Nm ³)	9,1 - 31	6,8-37,7	17,3-47,8	2,36-18,1	—	19,4-32,5	1,28-10,1	7,3-39,3	—
Xylènes (mg/Nm ³)	10,6 - 45	10,2-53,7	27,4-94,5	2,66-29	0,01-2,7	34,9-67,8	1,4-9,1	8,6-75,6	0,02-31,2
Cl. de vinyle (mg/Nm ³)	0,02 - 17	0,01-0	0,09-0,6	0,01-0,6	0-0	0,01-134	0,04-0,6	0,01-0,1	0-0,1
H ₂ S (mg/Nm ³)	366 - 1510	720-977	49,3-310	27,9-2973	0,27-326	894-2009	2,5-598	1236-3067	1,7-1821
Médiane < P10 _M Médiane > P90 _M Les médianes sont indiquées dans l'Annexe 2.									

La majeure partie des biogaz produits sur les C.E.T. du réseau affichent des teneurs en méthane comprises entre 40 et 55 % et un taux d'oxygène inférieur à 3 %.

Dans le diagramme de la Figure 5, les gammes de composition sont présentées sous forme d'intervalles entre des percentiles. L'intervalle grisé (P25-P75) comprend 50 % des mesures pour un site donné ; l'intervalle P10-P90 comprend 80 % des résultats. Les valeurs extrêmes (minimales et maximales ponctuelles) ne sont pas représentées. La gamme P10_M-P90_M est représentée par des lignes pointillées vertes.

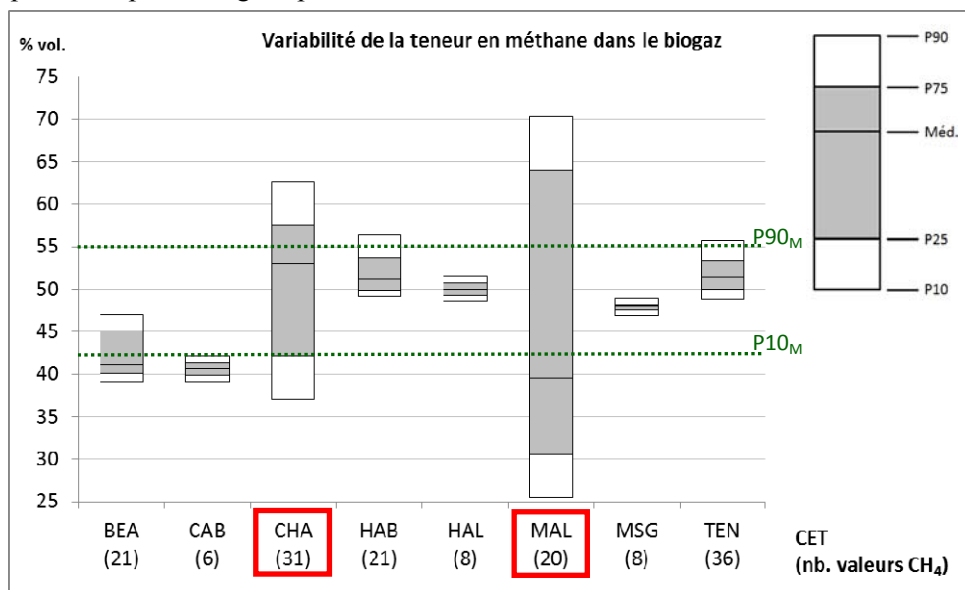


Figure 5 : Variabilité du taux de méthane dans les biogaz

Le biogaz de la plupart des sites présente des teneurs en méthane comprises dans les gammes de concentrations représentatives du réseau (42 à 55 %). On notera une grande variabilité pour les C.E.T. de Chapois et Malvoisin, où le pompage du biogaz a lieu par intermittence et non en continu.

Le biogaz le plus pauvre est pourtant celui de Malvoisin. La valeur particulièrement élevée du P90 pour ce site peut être considérée comme non représentative car elle correspond généralement à des mesures effectuées lors de la reprise du pompage du biogaz dans le massif (pompage intermittent, avec concentrations élevées biaisées). En raison d'une teneur faible en méthane dans le biogaz en cas de pompage en continu, les limites techniques de l'installation de combustion (torchère) ont été atteintes depuis 2017.

2.4.3 Évolution temporelle

L'évolution de la teneur en méthane dans le biogaz au fil du temps pour les C.E.T. dont l'ISSeP dispose d'un historique est présentée à la Figure 6. Le premier graphe reprend les sites qui ont une teneur relativement stable, le second reprend ceux qui montrent une forte variabilité, en raison notamment d'un pompage intermittent. Les valeurs utilisées pour construire ces graphiques sont présentées en Annexe 5.

Alors que la quantité de biogaz produite montre une tendance claire à la diminution (voir chap. 2.3), aucune évolution temporelle de la composition du biogaz n'a été mise en évidence à ce stade d'évolution des C.E.T. wallons.

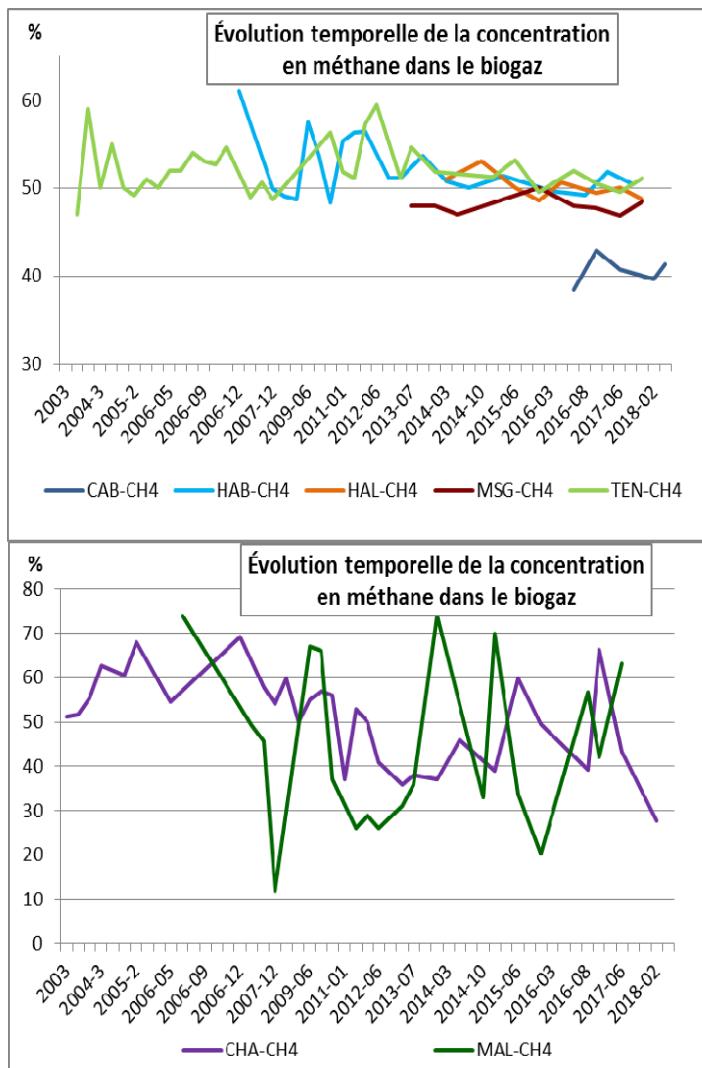


Figure 6 : Évolution temporelle du taux de méthane dans les biogaz

2.4.4 Flux massiques

Le Tableau 8 ci-dessous présente une estimation des quantités de matières qui sont présentes dans les biogaz collectés, et qui sont traitées dans les installations de valorisation ou combustion.

La masse des polluants est obtenue par le mode de calcul suivant: chaque concentration annuelle (de 2013 à 2017) est multipliée par le volume de biogaz collectés dans l'année. Le flux annuel moyen par paramètre est la moyenne de ces flux annuels calculés.

La contribution d'un site (3° colonne) correspond au rapport entre le volume produit par ce site et le volume produit par le total des 9 C.E.T. L'extrapolation à 100% (dernière ligne) est calculée sur base des flux connus, soit 89 à 93% du volume total, en supposant que les C.E.T. sans valeur connue présentent les mêmes concentrations.

Tableau 8 : Estimation des flux massiques dans les biogaz

C.E.T.	Volume de biogaz (2017)		flux (kg/an)					flux (T/an)	
	Volume (m³/an)	Contribution	Benzène	Ethyl benzène	Toluène	Xylènes	Cl. de vinyle (min-max)	CO ₂	CH ₄
BEA	1.915.748	5,9%	—	—	—	—	—	—	—
BEL	381.392	1,2%	—	—	—	—	—	—	—
CAB	8.693.885	26,6%	130	228	617	611	0,89-1,28	5.518	2.293
CHA	406.734	1,2%	3,1	11,5	15,8	16,8	0,18-0,22	407	335
HAB	847.015	2,6%	1,14	—	1,15	1,43	0-0,014	1.020	480
HAL	1.900.410	5,8%	46,7	57,1	101	145	0,14-0,15	1.518	711
MAL	98.818	0,3%	0,118	0,299	0,229	0,348	0,011-0,017	39	37
MSG	18.026.707	55,1%	102	595	806	1077	1,51-1,59	13.667	6.919
TEN	428.083	1,3%	1,43	—	0,15	0,54	0-0,006	372	175
Total	32.698.792	100 %	284	891	1.540	1.851	2,7-3,3	22.542	10.949
Nb C.E.T.			7	5	7	7	7	7	7
Vol.			93%	89%	93%	93%	93%	93%	93%
Extrapolation à 100% vol.			306 kg/an	1000 kg/an	1657 kg/an	1991 kg/an	2,9-3,5 kg/an	24245 T/an	11777 T/an

Comme présenté au chapitre 2.3, les volumes produits sont globalement en diminution d'année en année. Les flux massiques présentés au Tableau 8 reflètent l'ordre de grandeur des années précédentes jusque 2017, l'on peut donc supposer que les flux actuels sont en-deçà des valeurs indiquées.

L'Annexe 5 présente les quantités de méthane par station, leur évolution temporelle pour chaque C.E.T. et le rapport à la superficie d'enfouissement de déchets de classe 2.

2.5 Observations et perspectives

Le biogaz étant issu d'un processus biologique influencé par de nombreux facteurs, sa composition est spécifique à chaque site et n'est pas constante dans le temps. Après vingt années de surveillance des C.E.T. de classe 2, les données et l'expertise accumulées permettent de dresser une image plus précise et fiable de la composition de ces biogaz.

Entre autres facteurs, le mode de fonctionnement du pompage a une forte influence sur la composition du biogaz : celle-ci est relativement stable lors d'un pompage en continu, piloté et adapté aux différents casiers de déchets. Si le pompage est intermittent ou inadapté, la qualité du biogaz est plus faible et inconstante.

La majeure partie du biogaz est captée et traitée par combustion, la plupart du temps avec valorisation en moteurs produisant de l'électricité. Les principaux impacts environnementaux sont donc ceux des fumées, dont la composition est présentée au chapitre 4. Néanmoins, bien que sur la plupart des sites, des efforts sont consentis par les exploitants pour optimiser le captage (pour des raisons évidentes d'impact économique), une certaine part de celui-ci est émise vers l'atmosphère par le biais d'émissions surfaciques au niveau des couvertures. Ce phénomène se produit principalement sur les zones d'exploitation ayant historiquement accueilli des déchets fermentescibles et équipées d'une couverture provisoire. La quantification de ces émissions diffuses (voire parfois convectives) est abordée au chapitre 3.

Au niveau de la composition des gaz en amont des installations, aucune évolution temporelle n'a été mise en évidence. Par contre, la quantité produite par les C.E.T. de classe 2 est décroissante suite à la réhabilitation des casiers de déchets et aux phénomènes de biodégradation au sein du massif de déchets.

La **diminution de la production** est présentée au chapitre 2.3 et illustrée au Tableau 5.

3 ÉMISSIONS SURFACIQUES

3.1 Généralités

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

Ces émissions ou migrations peuvent occasionner divers risques et nuisances :

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

Par ailleurs, le méthane est un gaz à effet de serre 25 fois plus actif que le dioxyde de carbone^[17]. Son émission dans l'air doit dès lors être minimisée, dans le cadre des objectifs de réduction fixés par les conventions internationales de lutte contre les changements climatiques.

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

3.2 Obligations de surveillance

Le suivi des émissions surfaciques de biogaz n'est pas une obligation selon les conditions sectorielles. Ces dernières stipulent toutefois que *l'exploitant réduit les émissions atmosphériques et olfactives provenant du C.E.T., sans porter atteinte à l'efficacité du système de collecte et de traitement des gaz* (Art. 61. §1).

Les conditions particulières peuvent néanmoins imposer un screening des concentrations de méthane en surface, comme c'est le cas à Hallembaye et Chapois. Ces données ponctuelles n'ont pas été exploitées dans le cadre du présent rapport. Les campagnes menées par les exploitants visent avant tout à identifier d'éventuelles zones émissives et à prendre les mesures correctives adéquates pour limiter les déperditions de biogaz.

3.3 Surveillance par l'ISSeP

Les émissions surfaciques ont été mesurées par l'ISSeP sur tous les C.E.T., lors de 46 campagnes de surveillance des concentrations en méthane ou d'estimation des flux. Les méthodes de mesures étant adaptées à chaque campagne de contrôle, elles sont exposées dans les rapports de campagnes des différents sites^[10].

En raison de l'évolution des sites, en particulier la fin d'exploitation de plusieurs d'entre eux et la réhabilitation progressive des zones ayant accueilli des déchets ménagers fermentescibles, les campagnes de l'ISSeP se sont de plus en plus espacées.

À ce jour, les sites encore en exploitation (BEA, CAB, HAB, HAL) ne reçoivent que des flux de déchets non biodégradables (amiante liée, schredders, boues de dragage, cendres), ce qui limite significativement les émissions non contrôlées de biogaz.

3.4 Observations et perspectives

Sur base de ces campagnes de contrôle, l'ISSeP a établi les constats suivants :

- Sur un casier doté d'une couverture définitive, les zones émissives de biogaz sont situées près des lignes de rupture de pente, autour des puits de pompage ou près des défauts de la couverture.
- En l'absence de pompage il se produit une migration souterraine latérale du biogaz. C'était le cas à Cronfestu, où l'on a mesuré du méthane à l'extérieur des zones d'enfouissement, jusqu'à une vingtaine de mètres durant la phase d'exploitation.
- La réhabilitation (provisoire ou définitive) d'une cellule ou casier entraîne une forte diminution des niveaux d'émissions, du moins tant que le régime de pompage est suffisant. Cela influence les résultats d'analyse de la qualité de l'air sur les C.E.T. réhabilités et en postgestion (cfr. chapitre 5).
- L'optimisation du réseau de captage des gaz impacte directement les niveaux d'émissions surfaciques. Cela a été observé clairement sur les C.E.T. de CAB et HAB.

Étant donné que la plupart des casiers contenant des déchets biodégradables sont aujourd'hui réhabilités ou en voie de réhabilitation, un bilan transversal de l'historique des résultats ne serait pas représentatif des émissions surfaciques actuelles.

Un suivi adapté aux problématiques actuelles est désormais ciblé sur la vérification de l'efficacité des actions prises par les exploitants, comme par exemple, la réfection des zones annulaires des puits de gaz, la pose du capping définitif, les zones particulières (rupture de pentes, jonctions entre cellules...).

4 FUMÉES DES INSTALLATIONS DE COMBUSTION

4.1 Généralités

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

Une solution efficace pour valoriser le biogaz est de le brûler dans des **moteurs thermiques** spécialement conçus pour ce type de combustible. Associés à des alternateurs, ces moteurs permettent de produire de l'électricité qui est partiellement utilisée sur le site et dont le surplus peut être distribué sur le réseau.

La destruction du biogaz en **torchère** représente une solution alternative si aucune unité de valorisation énergétique n'est mise en œuvre ou si la production ou la qualité du biogaz est insuffisante pour faire fonctionner un moteur à gaz.

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

4.2 Obligations de surveillance et valeurs guides

4.2.1 Conditions sectorielles

L'AGW du 27 février 2003 fixe les conditions sectorielles d'exploitation des centres d'enfouissement technique, qui peuvent être modifiées et/ou complétées par les conditions particulières spécifiques à chaque site.

En matière de récolte, de caractérisation et de gestion (articles 59 et 60 des conditions sectorielles), les gaz doivent être collectés et traités dans une installation de combustion (moteur ou torchère si les gaz ne peuvent être valorisés).

En matière de suivi environnemental (articles 60 et 61), des analyses doivent être réalisées sur les émissions des installations de traitement (moteurs et torchères).

- Torchère : dispositif central d'autocontrôle de fonctionnement, avec analyses en temps réel du débit du gaz brûlé, de la température de combustion, des concentrations en CH₄, CO₂, CO et O₂.
- Fumées de combustion (moteur et/ou torchère) : analyses annuelles qualitatives et semi-quantitatives de tous les organiques détectés et analyses quantitatives pour le benzène, le toluène, le chlorure de vinyle, ainsi que CO, O₂, N₂, CO₂, NO_x et SO₂.

Les conditions sectorielles n'imposant pas de valeurs limites de concentration, les valeurs utilisées comme référence de comparaison sont les normes particulières et les valeurs guides présentées au point 4.2.2.

4.2.2 Normes particulières

Des normes particulières sont fixées pour les fumées de moteurs sur cinq C.E.T. (Hallembaye, Cour au Bois, Champ de Beaumont, Tenneville et Habay). Elles sont reprises à titre indicatif au Tableau 9, pour une température de 273 K, une pression de 101,3 kPa et une teneur en O₂ de 5 %. Elles se basent sur les normes allemandes établies par la TA Luft (cfr. section 4.2.3).

Tableau 9 : Normes particulières applicables aux émissions des moteurs à biogaz (mg/Nm³)

Paramètres	HAL	CAB	BEA	TEN*	HAB
CO	650	650	1000	1000	650
NOx	500	500	1000	500	500
COVNM	150	150	150	150	150
PM10	-	-	50	-	-
Poussières	20	-	-	100	-
HCl	-	-	30	-	-
HF	-	-	5	-	-
H ₂ S	-	-	50	-	-

*Moteurs valorisant quasi exclusivement le biogaz provenant de la biométhanisation

4.2.3 Valeurs guides

Par ailleurs, des valeurs guides sont proposées pour les émissions, notamment par l'Agence Environnementale aux Royaume-Unis ^[13] et par l'Allemagne (TA Luft) ^[14]. Pour cette dernière, les niveaux d'émissions dépendent de la puissance des moteurs à combustion. Elles correspondent aux valeurs généralement imposées dans les conditions particulières d'exploiter un moteur pour les C.E.T. en Wallonie.

Tableau 10 : Valeurs guides pour les émissions des moteurs à biogaz (mg/Nm³) ^[14, 13]

Paramètres	UK-EA (2004)		TA luft (2002)	
	< 31/12/2005	> 31/12/2005	≥ 3MW	< 3MW
CO	1500	1400	650	1000
NOx	650	500	500	500
COV totaux	1750	1000	-	-
COVNM	150	75	-	-

Toutes les valeurs limites à l'émission sont exprimées sur gaz sec dans les conditions standard de température et de pression et corrigées à 5% en oxygène.

Concernant les COV, il n'existe pas de valeurs guides à l'émission pour les installations de traitement du biogaz sur les C.E.T. À titre indicatif, le Tableau 11 reprend les rendements de destruction de différentes familles de COV par un moteur à biogaz.

Tableau 11 : Taux typiques d'efficacité de destruction des COV dans un moteur à combustion ^[14]

Familles de composés	Minimum (%)	Maximum (%)
Méthane	96.0	99.6
Alcanes	70.2	>99.9
Alcènes	50.1	>99.6
Alcools	84.1	>99.8
Aldéhydes	>42.4	95.9
Cétones	>87.4	99.9
Hydrocarbures aromatiques	92.0	>99.9
Terpènes	-	>99.9
Composés soufrés	>8.7	>99.6
Hydrocarbures aromatiques	>70.1	>99.7

Un récent arrêté du Gouvernement wallon (AGW du 30 août 2018), déterminant les conditions sectorielles relatives aux installations de combustion moyennes, fixe des valeurs limites à l'émission (VLE) selon le combustible utilisé et l'année de mise en service de l'installation. Cet AGW concerne les installations de combustion dont la puissance thermique nominale est égale ou supérieure à 1 MW et inférieure à 50 MW. Pratiquement, cela ne concerne que deux C.E.T. du réseau (Cour au Bois et Hallembaye).

Les valeurs limites d'émissions diffèrent entre les moteurs existants (applicables jusqu'au 31/12/2029 pour les moteurs d'une puissance thermique nominale ≤ 5 MW) et les nouveaux moteurs utilisant du biogaz comme combustible. Elles sont définies pour une température de 273,15 K, une pression de 101,3 kPa et après correction en fonction de la teneur en vapeur d'eau des gaz résiduels, et pour une teneur normalisée en O₂ de 15%. Le Tableau 12 reprend ces

VLE et les valeurs correspondantes ramenée à 5 % d'O₂, qui est le formatage habituel des données des installations de combustion des C.E.T.

Tableau 12 : Valeurs limites d'émission pour les moteurs utilisant du biogaz

AGW du 30/08/2018 Paramètres	Puissance thermique (MW)	VLE (µg/Nm ³)			
		Moteurs existants		Nouveaux moteurs	
		à 15 % O ₂	à 5 % O ₂	à 15 % O ₂	à 5 % O ₂
SO ₂	1 à < 50	190	507	40	107
NO _x	1 à < 3	375	1000	190	507
	3 à < 50	190	507	190	507
CO	1 à < 3	500	1333	500	1333
	3 à < 50	500	1333	500	1333
Poussières	1 à < 50	—	—	—	—

Ces VLE, rapportées à un taux de 5 % d'oxygène, sont moins contraignantes que les normes particulières présentées au Tableau 9, à l'exception du SO₂ qui ne figure pas dans ces conditions particulières.

4.3 Résultats – composition des fumées

Les paramètres régulièrement analysés, conformément aux conditions sectorielles, sont les composés majeurs (CO, O₂, N₂, CO₂, NO_x et SO₂) ainsi que certains composés organiques volatils (benzène, toluène, chlorure de vinyle).

Sur base des historiques de suivi fournis par les exploitants, l'ISSEP a établi des statistiques relatives à la composition des fumées (moteurs et torchères) par site pour les composés majeurs et les COV (P10, P25, médianes, P75 et P90 de concentrations). Chaque valeur calculée est associée à un nombre de mesures qui donne une appréciation de sa robustesse statistique. Les gammes d'émissions et les nombres de mesures par station sont présentés en Annexe 3.

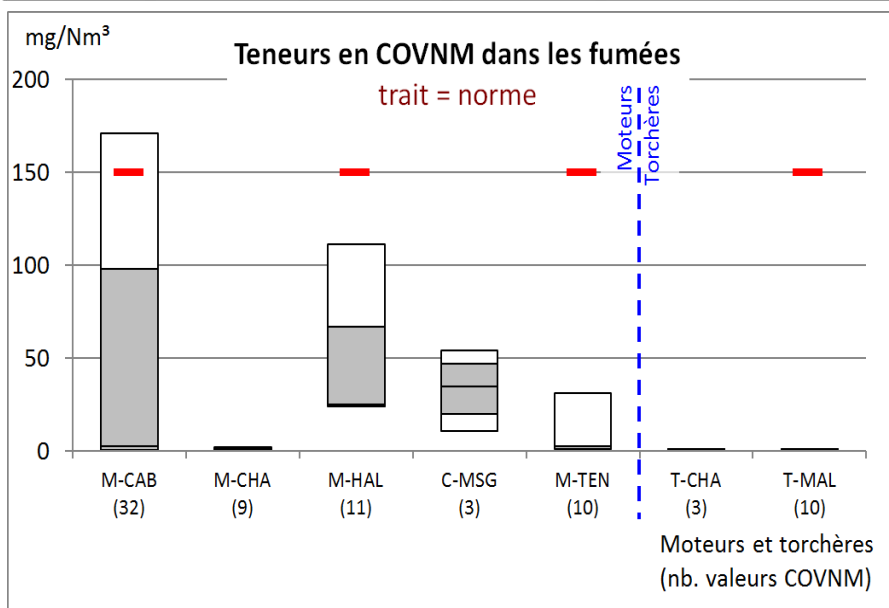
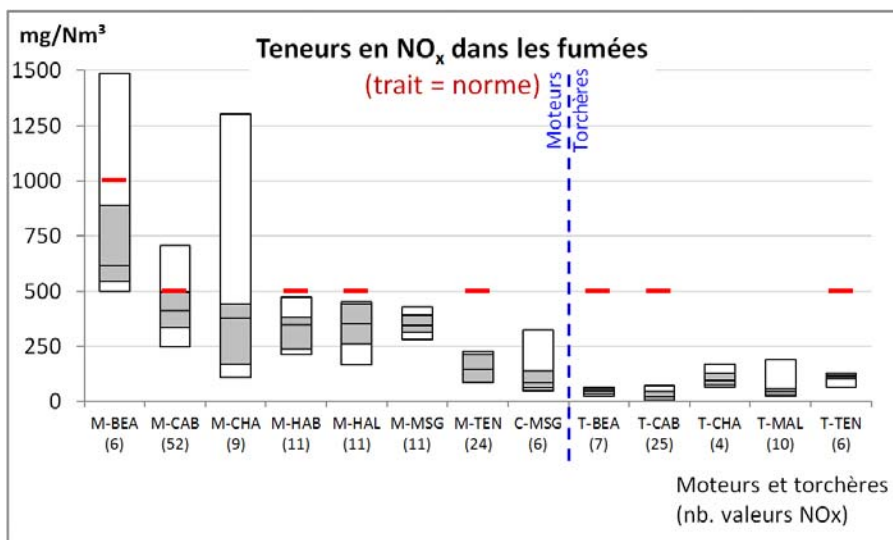
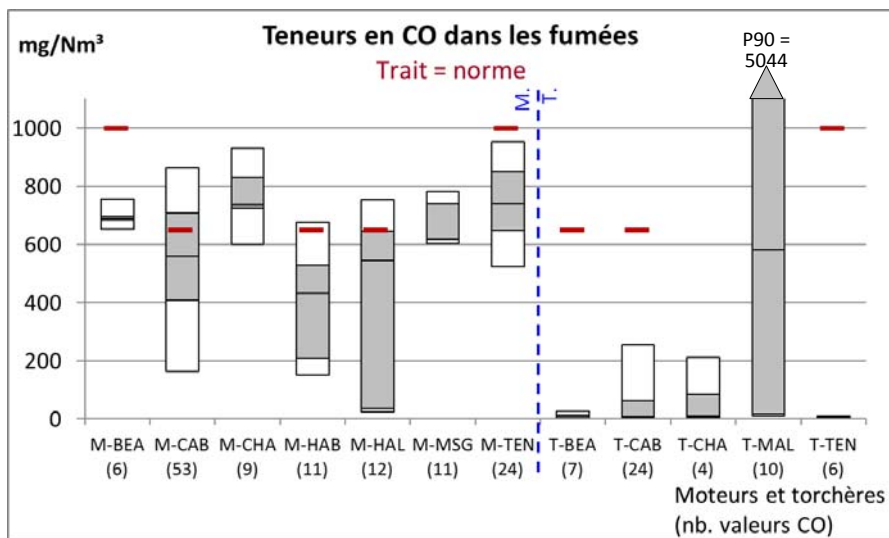
La gamme de référence à l'échelle du réseau, présentée au Tableau 13, est obtenue par la moyenne des P10 (notée P10_M) et la moyenne des P90 (P90_M) de huit C.E.T.

Tableau 13 : Gammes de concentrations représentatives des fumées

Paramètres	Unité	Moteurs		Torchères	
		P10 _M	P90 _M	P10 _M	P90 _M
CO	(mg/Nm ³)	152	864	2	500
COVNM	(mg/Nm ³)	0	127	0.02	0.49
NO _x	(mg/Nm ³)	91	632	4	113
SO ₂	(mg/Nm ³)	7,7	483,7	7,7	201,7
Benzène	(µg/l)	42	277	38	219
Toluène	(µg/l)	44	901	87	1221
Ethylbenzène	(µg/l)	35	222	39	217
Xylènes	(µg/l)	108	204	46	263
Chlorure de vinyle	(µg/l)	13	94	19	205

La Figure 7 permet de visualiser la variabilité des concentrations des paramètres normés dans les fumées des moteurs (à gauche) et des torchères (à droite) sur un site en particulier et entre tous les sites. Les gammes de composition sont présentées sous forme d'intervalles entre des percentiles. L'intervalle grisé (P25-P75) comprend 50 % des mesures pour une station donnée ; l'intervalle P10-P90 comprenant 80 % des résultats. Les valeurs extrêmes (minimales et maximales ponctuelles) ne sont pas représentées.

Le trait rouge discontinu matérialise la norme applicable pour les émissions des moteurs à gaz. Elle peut toutefois différer d'un site à l'autre (selon les conditions particulières), voire ne pas être imposée.



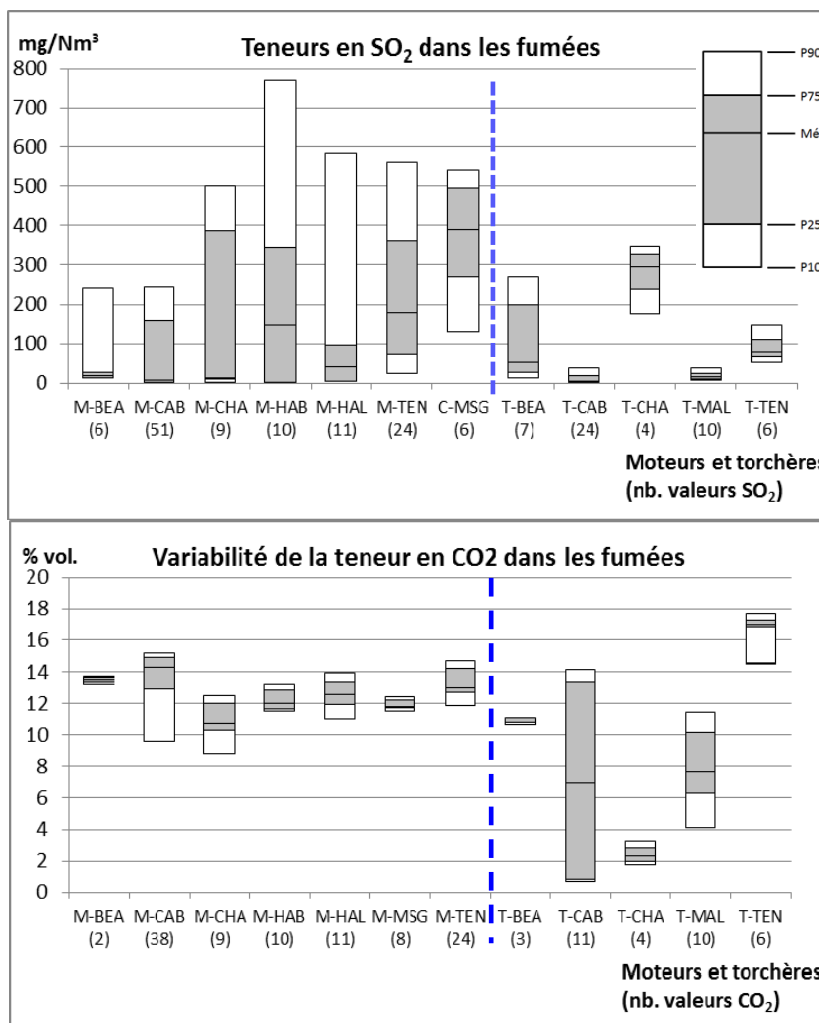


Figure 7 : Variabilité des gammes des concentrations dans les fumées

4.4 Observations et perspectives

Les graphiques présentés à la Figure 7 rendent compte d’une variabilité importante des concentrations pour les trois paramètres normés sur certains sites.

Aucun dépassement de norme n’a été constaté dans les émissions des torchères, excepté le monoxyde de carbone à Malvoisin.

Dans les émissions des moteurs, les concentrations médianes sont situées sous les normes particulières en vigueur, toutefois des dépassements sporadiques ont été constatés :

- Monoxyde de carbone (CO) :** des dépassements de normes particulières sont fréquents (à CAB, HAB et HAL), mais il n’y a aucun dépassement de la valeur limite de l’AGW du 30/08/2018. L’oxydation incomplète du méthane en monoxyde de carbone se produit lorsque la température de combustion est insuffisante (<850 °C) et/ou que le temps de séjour dans le brûleur est trop court (<0.3 sec). La norme applicable pour les émissions de ces sites est de 650 mg/Nm³, ce qui correspond à la norme pour les moteurs à gaz ayant une puissance supérieure à 3 MW selon les valeurs guides pour les émissions des moteurs à biogaz préconisées par la TA-Luft^[14]. Or, les moteurs opérationnels actuellement à Cour au Bois, Habay et Hallembaye ont tous une puissance inférieure. Logiquement, une valeur limite de 1000 mg/Nm³ devrait s’appliquer, ce qui n’induirait plus aucun dépassement.

- **NO_x** : dépassements dans 17 % des mesures à BEA et 25% des mesures à CAB. Ces dépassements pourraient être liés à une combustion incomplète, causée par le taux de méthane qui est moindre dans le biogaz de ces deux sites (voir tableau 7 et figure 5 au chapitre 2).
- **COVNM** : dépassements dans 16 % des mesures à CAB. Les concentrations médianes en toluène dans les émissions des installations de traitement sont inférieures à la valeur guide recommandée par l'OMS pour l'air ambiant (260 µg/m³, cf. Tableau 14). Pour des raisons de toxicité, les concentrations en benzène et en chlorure de vinyle restent sensibles ; mais leur impact potentiel sur la santé humaine ne peut être évalué qu'à l'immission (chapitre 5).

5 QUALITÉ DE L'AIR À L'IMMISSION

5.1 Généralités

Par définition, l'immission d'un polluant est la concentration de ce dernier mesurée dans l'environnement (récepteur) et résultant des émissions des activités humaines.

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

5.2 Obligations de surveillance et valeurs guides

Les conditions sectorielles imposent, en matière de suivi de la qualité de l'air ambiant, l'installation de 2 stations de mesure sur les sites où ont été enfouis des déchets organiques biodégradables. Idéalement, ces deux stations sont placées en amont et en aval du site par rapport aux vents dominants afin de discriminer la part des polluants émise par le C.E.T. et la part provenant d'autres sources (par exemple le trafic automobile). Les paramètres imposés sont les suivants :

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

Les conditions sectorielles n'imposent aucune norme pour la qualité de l'air ambiant sur et autour des C.E.T. Les valeurs guides considérées sont celles de l'OMS, de directives européennes, de l'AR du 11/03/2002 ainsi que les seuils de perception olfactive trouvés dans la littérature. Elles sont reprises au Tableau 14.

Tableau 14 : Normes et valeurs guides pour la qualité de l'air ambiant

Paramètre (unité)	Valeur limite/guide	Origine - remarques
CH ₄ (mg/m ³)	-	-
NO _x (µg/m ³)	200 (max 18 dépassements/an)	Directive 2008/50/CE
CO (mg/m ³)	10 (maximum journalier de la moyenne sur 8 heures)	Directive 2008/50/CE
H ₂ S (µg/m ³)	150 (24h) 11	Valeur guide OMS Seuil de perception olfactive (INRS)
NH ₃ (µg/m ³)	14 000 (8h) 36 000 (15 min) 350 17	Valeurs limites en hygiène industrielle (Arrêté royal du 11/03/02) Valeurs limites en hygiène industrielle (Arrêté royal du 11/03/02) Seuil de perception olfactive (INRS) Concentration de fond (milieu urbain)
Benzène (µg/m ³)	5 (1 an) -	Directive 2008/50/CE (AGW du 15 juillet 2010) Valeur guide OMS
Toluène (µg/m ³)	260 (1 semaine) 1 000 (30 min)	Valeur guide OMS Seuil de perception olfactive (INRS)
Ethylbenzène (µg/m ³)	22 000 µg/m ³ (1an) 9970	Valeur guide OMS Seuil de perception olfactive (INRS)
Xylène (µg/m ³)	4 800 µg/m ³ (24h) 870 µg/m ³ (1 an)	Valeur guide OMS Valeur guide OMS
Chlorure de vinyle (µg/m ³)	1	Valeur guide OMS
Limonène (µg/m ³)	10	Seuil de perception olfactive (AIHA)
α-pinène (µg/m ³)	16	Seuil de perception olfactive (AIHA)
INRS : Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles AIHA : American Industrial Hygiene Association		

Une seule norme est contraignante, celle du benzène dont la valeur a été fixée par la Directive européenne 2008/50/CE, transposée dans l'Arrêté du Gouvernement wallon du 15/07/2010 relatif à l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant. L'AWAC et l'Université de Liège (ULiège) ont par ailleurs établi des critères de qualité et d'intervention notamment pour les BTEX. Deux critères sont définis :

- Le critère de qualité (CQ) qui correspond à la concentration tolérable sur une vie et qui, en vertu des connaissances scientifiques disponibles, offre un ample niveau de protection de la santé humaine ;
- Le critère d'intervention (CI) qui correspond à la concentration au-delà de laquelle une réduction des émissions doit être entreprise de manière prioritaire.

Ces critères sont régulièrement mis à jour et sont présentés au Tableau 15 (révision de mars 2019).

Tableau 15 : BTEX – Critères de qualité et d'intervention

Paramètre	Critère de qualité (CQ)	Critère d'intervention (CI)
Benzène	0,5 µg/m ³ (1 an)	5 µg/m ³ (8h)
Toluène	260 µg/m ³ (24h)	3000 µg/m ³ (24h)
Ethylbenzène	0,4 µg/m ³ (1 an)	4 µg/m ³ (1 an)
Xylènes	100 µg/m ³ (24h)	700 µg/m ³ (24h)

Source: AWAC-ULg, révision mars 2019

5.3 Résultats – qualité de l'air

5.3.1 Synthèse des données d'autocontrôles

Le Tableau 16 résume les données relatives au suivi en continu de la concentration en CH₄ dans l'air ambiant mené par les exploitants sur les sites équipés de stations d'analyses, et transmises à l'ISSeP. Au vu de la disparité des formats de données reçus et vu l'impossibilité de les exploiter de manière uniforme, l'ISSeP a repris les gammes de concentrations représentatives en méthane pour chaque site (concentrations minimales et maximales). Les données remontent à maximum 5 ans.

Tableau 16 : Données de suivi en continu du méthane

	HAL	MSG	HAB	TEN	CHA	MAL
CH ₄ min*	2 ppm	-	2 ppm	2 ppm	2 ppm	2 ppm
CH ₄ max	50 ppm	-	20 ppm	15 ppm	100 ppm	30 ppm
Remarque	-	Echelle des graphes non adaptée (0-10ppm)	Souvent <10ppm	Souvent proche du bruit de fond	Souvent <40ppm	Souvent <20ppm

*2ppm correspond à la concentration de fond en méthane dans l'air ambiant.

Les résultats relatifs aux prélèvements ponctuels (en discontinu) n'ont été fournis que par quatre exploitants et sont également difficilement consolidables (données disparates, seuils de détection élevés).

5.3.2 Synthèse des campagnes de contrôle

- **Méthodologie**

Afin d'assurer un maximum de représentativité de la qualité de l'air ambiant autour des C.E.T., l'ISSeP a examiné les résultats des campagnes d'analyses de la qualité de l'air ambiant menées dans le cadre du réseau de contrôle des C.E.T. depuis sa mise sur pied (de 1998 à 2017). Ces campagnes ont une durée minimale de 2 mois, avec un enregistrement semi-horaire des concentrations des paramètres pertinents pour le traçage du biogaz (méthane, sulfure d'hydrogène, BTEX et certains paramètres traceurs de déchets tels que le limonène, l' α -pinène, l'ammoniac).

La méthode d’investigation appliquée, similaire pour tous les C.E.T. en Wallonie, permet de déterminer la pollution maximale occasionnée par le C.E.T. dans son environnement proche ou à proximité des habitations voisines. La stratégie de contrôle consiste à évaluer l’impact du C.E.T. en comparant la qualité de l’air ambiant en plusieurs endroits situés en bordure du site investigué. L’altération de la qualité de l’air atmosphérique autour d’un site est étudiée via l’installation de laboratoires mobiles à des emplacements judicieusement choisis, ou par des prélèvements directs de l’air ambiant dans des tubes spécifiques.

Le premier emplacement, situé en amont par rapport aux vents dominants, permet de mesurer la pollution de fond de la région, tandis que le second, situé en aval, permet de mesurer la pollution maximale due au C.E.T. dans son très proche environnement. Leurs rôles respectifs s’inversent si le vent est opposé à la direction dominante. Pour être comparées, les concentrations en polluants doivent être mesurées en continu et en parallèle sur les différents points de mesure.

Le choix des points de mesures est adapté à chaque site, par exemple en direction des riverains les plus proches, ou à proximité des stations de l’exploitant afin de valider les résultats fournis par l’autocontrôle. Ce choix doit également tenir compte de contraintes telles que la possibilité d’installer les stations de mesures pendant une longue période et la possibilité d’un raccordement électrique. La stratégie d’échantillonnage est présentée dans les rapports spécifiques à chaque C.E.T.^[10]

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

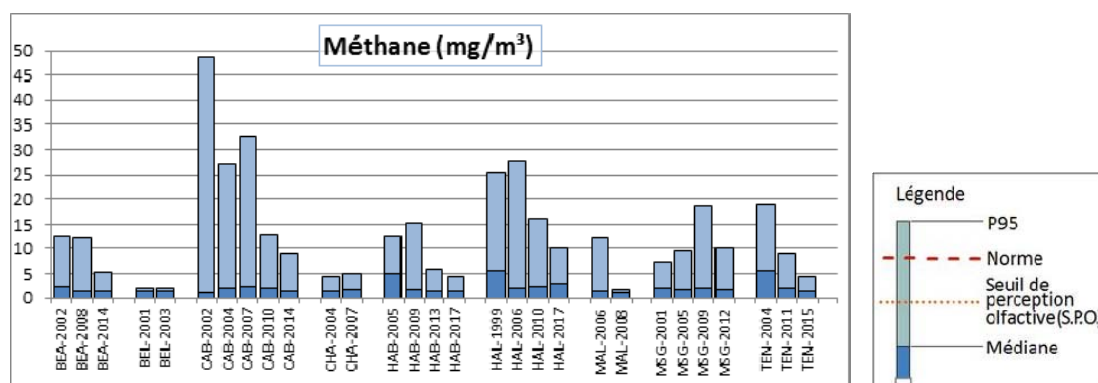
• **Résultats**

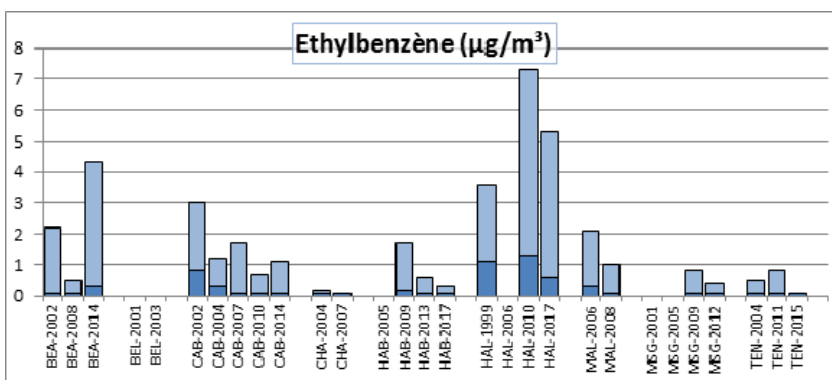
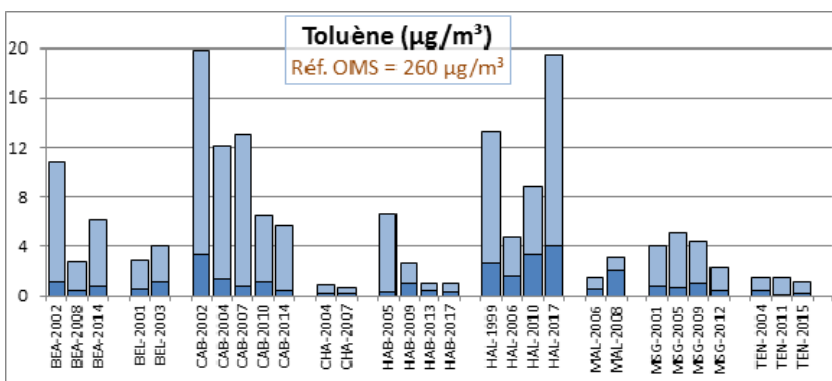
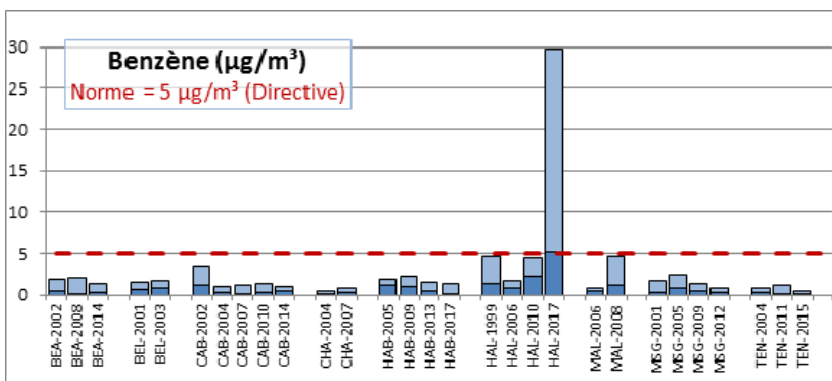
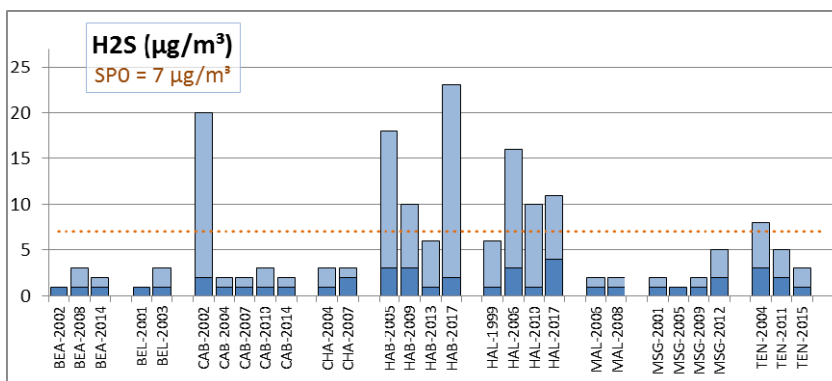
Les histogrammes présentés à la Figure 8 reprennent, par site, les médianes et percentiles 95 des concentrations enregistrées lors de chaque campagne. De cette manière, l’évolution de la qualité de l’air ambiant peut être appréhendée de façon transversale, en fonction de l’état d’exploitation d’un C.E.T., ou par site, selon l’évolution des pratiques d’enfouissement.

Les résultats présentés dans ce document correspondent aux stations de mesure les plus exposées sur le site (le plus souvent à proximité de la zone d’exploitation et/ou des installations de collecte et de traitement du biogaz).

Lorsqu’elles sont disponibles, les normes (Directive) ou valeurs guides (OMS, seuil de perception olfactive...) sont indiquées sur les histogrammes et matérialisées par un trait discontinu.

Les données chiffrées pour chaque site et pour toutes les campagnes qui ont été menées depuis la mise sur pied du réseau de contrôle sont présentées en Annexe 4.





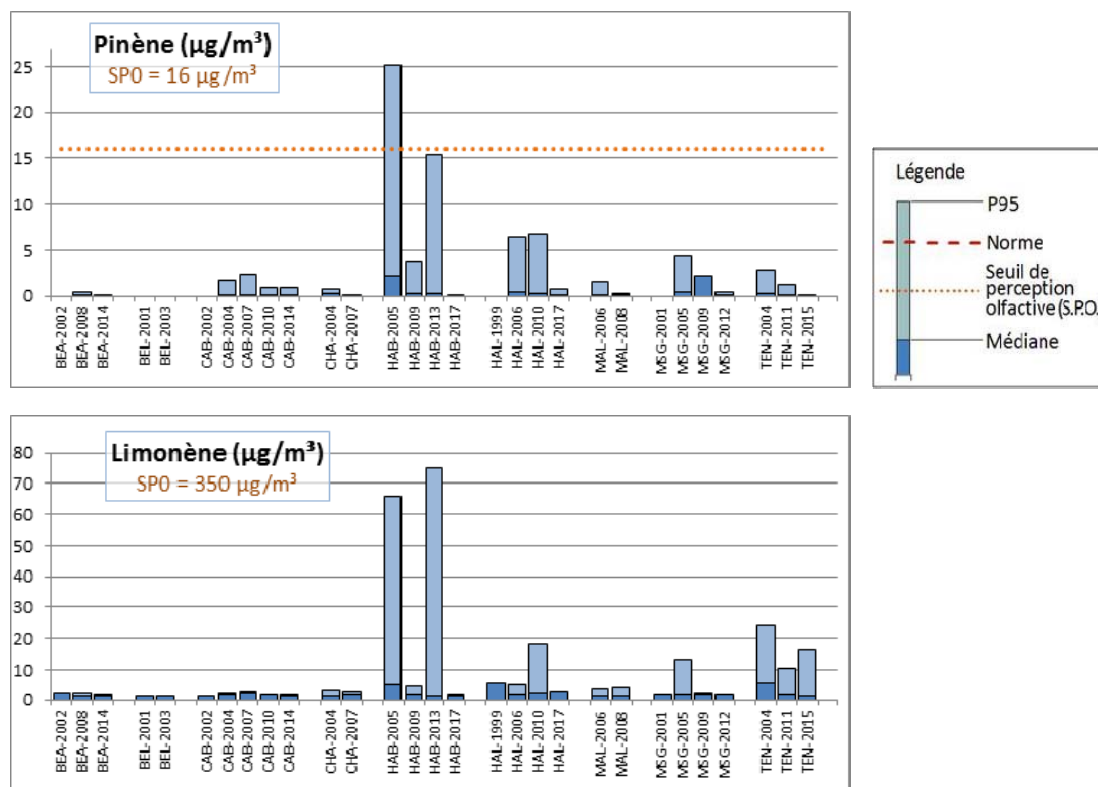


Figure 8 : Qualité de l'air ambiant par site (campagnes ISSeP)

5.4 Observations et perspectives

Comme en témoignent les histogrammes présentés à la Figure 8, aucune concentration médiane ne dépasse les valeurs officielles ou valeurs guides applicables à la qualité de l'air ambiant.

L'examen des données présentées à la Figure 8 et à l'Annexe 4 mène à plusieurs constats :

- Les concentrations médianes en **méthane** dans l'air ambiant sont très faibles et proches du bruit de fond pour tous les sites. Les valeurs de P95 montrent une évolution temporelle à la baisse pour les sites en exploitation au moment des campagnes (BEA, CAB, HAB, HAL, TEN). L'écart entre la médiane et le P95 a considérablement diminué sur la totalité des sites au fil du temps.
- Les P95 des concentrations en **sulfure d'hydrogène** sont très variables d'un site à l'autre. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées sur les sites d'Hallembaye et d'Habay. Pour ce dernier, d'autres sources existent à proximité du C.E.T., en particulier le hall de stockage de déchets organiques en attente d'être biométhanisés. Pour les autres sites, les concentrations restent de façon pérenne sous le seuil de perception olfactive de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tant pour les P95 que pour les médianes. Ce constat est confirmé par la diminution, voire l'absence de plaintes de riverains sur les sites actuellement encore en exploitation.
- Les concentrations mesurées pour les autres paramètres responsables d'odeurs, le **limonène** et le **pinène**, se situent sous les limites de perception olfactive et les médianes correspondent à la limite de détection des analyseurs. À Habay, les valeurs de P95 plus élevées sont imputables aux autres activités présentes sur le site (hall de stockage de déchets et dalle de compostage).
- Pour le **benzène**, la directive européenne 2008/50/CE fixe une valeur limite pour la protection de la santé humaine à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle. Par ailleurs, l'AwAc et l'ULg mettent régulièrement à jour des critères de qualité et d'intervention pour les BTEX

(cf. Tableau 15). Aucune médiane, tous sites confondus, ne dépasse la valeur limite de la Directive (qui correspond au critère d'intervention de l'AwAc) ni même le critère de qualité de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ établi par l'Agence. Le dépassement du P95 sur le site d'Hallembaye en 2017 est probablement dû aux gaz d'échappements des engins de chantier ayant circulé à proximité de la station de mesure de l'ISSeP.

- Les concentrations enregistrées en **toluène**, **éthylbenzène** et **xylènes** sur l'ensemble des campagnes sont faibles (médianes proches de la limite de détection des analyseurs). Pour le toluène, elles sont largement inférieures à la valeur guide de l'OMS (i.e. $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$, qui correspond également au critère de qualité de l'AwAc). Aucun problème lié à ces paramètres n'est mis en évidence sur les C.E.T.
- Dès 2011, l'ISSeP s'est équipé d'un analyseur de l'**ammoniac** dans les stations de mesures. Ce paramètre a été mesuré sur les sites encore en exploitation. Les concentrations les plus élevées ont été enregistrées à Tenneville, en raison de la présence du sécheur de boues de stations d'épuration opérationnel sur le centre de traitement, avec des valeurs médianes de 103 et $175 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et des valeurs maximales de 532 et $659 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En résumé, 29 campagnes de contrôle n'ont révélé aucun risque sanitaire ni environnemental lié à la qualité de l'air autour des C.E.T., pour autant qu'un dégazage actif du biogaz soit opérationnel, avec combustion du biogaz en moteur ou torchère.

Lorsque des pics de concentrations sont enregistrés (matérialisés par les valeurs maximales ou les P95), la plupart sont imputables à d'autres sources que l'activité d'enfouissement : le charroi, une activité de compostage ou une source externe au site comme le trafic automobile.

6 NUISANCES OLFACTIVES

6.1 Généralités

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

On retrouve dans le biogaz plusieurs familles de composés odorants, tels que les sulfures, les mercaptans et les hydrocarbures aromatiques et terpéniques. Une étude spécifique menée en 1993 par le laboratoire DCMS sur une large période de temps sur le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert ^[15] a permis de distinguer des traceurs chimiques caractéristiques des odeurs provenant non seulement du biogaz, mais également des déchets frais.

D'après cette étude, un hydrocarbure monoaromatique, le p-cymène (p-isopropyltoluène), peut être choisi comme traceur spécifique du **biogaz**. Dans certains C.E.T., le sulfure d'hydrogène, dont la production par biodégradation est liée à la présence de sulfates dans les déchets (présence de plâtre par exemple), est également responsable de nuisances importantes. Ce composé dégage en effet une odeur caractéristique d'œuf pourri.

Toujours selon l'étude de DCMS, **l'odeur des déchets frais** est traçable analytiquement par la présence d'hydrocarbures monoterpéniques, dont le limonène est le composé le plus représentatif.

6.2 Obligations de surveillance

Le suivi des émissions d'odeurs n'est pas une obligation selon les conditions sectorielles. Ces dernières stipulent toutefois que *l'exploitant réduit les émissions atmosphériques et olfactives provenant du C.E.T., sans porter atteinte à l'efficacité du système de collecte et de traitement des gaz* (Art. 61. §1).

Les conditions particulières peuvent imposer une surveillance ou des normes à l'immission. C'est le cas notamment pour le centre de traitement de déchets de Tenneville, où les concentrations en substances odorantes à proximité des habitations les plus proches ne peuvent dépasser 1 u_{OE}/m³ (unité d'odeur par mètre cube) pour le percentile 98.

6.3 Études odeurs

Les études d'odeurs effectuées dans le cadre du réseau de contrôle ont été confiées à la FUL (devenue ULg-Arlon). La méthodologie d'estimation du débit d'odeur se fait par olfactométrie déambulatoire couplée à un modèle de dispersion des odeurs. Cette méthode est normalisée à l'échelle européenne (CEN-TC264-WG27 Determination of odour exposure in ambient air by using field inspection).

Pour **l'olfactométrie déambulatoire**, un panel d'observateurs est chargé de parcourir à différentes périodes la région affectée par la pollution olfactive. Il définit sur le terrain la courbe limite de perception de l'odeur étudiée. Durant la même période, les données météorologiques sont enregistrées (vitesse et direction du vent, température et radiation solaire).

Ces données sont introduites dans un modèle de dispersion bi-gaussien. La simulation vise alors à ajuster le débit d'émission d'odeur qui produirait, avec les conditions météorologiques du moment, la courbe limite observée sur le terrain. Ceci permet donc d'évaluer le débit d'émission propre à cette période de mesure.

En considérant plusieurs périodes, la méthode permet d'évaluer plusieurs débits d'odeurs. Ces débits sont ensuite moyennés afin d'estimer un débit d'odeur représentatif du site.

Dans une seconde étape, ce débit typique est introduit comme donnée d'entrée dans **le modèle de dispersion** pour calculer un percentile moyen annuel de dépassement de niveau d'odeur.

Le percentile résultant correspond à une concentration donnée d'odeur.

L'unité est dénommée uo_E/m^3 (unité européenne d'odeur par mètre cube). 1 uo_E/m^3 représente la concentration de l'odeur reconnaissable (selon la source) à la limite de perception humaine.

Ainsi, le P90 à 5 uo_E/m^3 délimite une zone à l'extérieur de laquelle le niveau de 5 uo_E/m^3 est perçu pendant moins de 10 % du temps. Le P98 à 1 uo_E/m^3 définit donc une zone à l'extérieur de laquelle l'odeur est perçue pendant moins de 2 % du temps.

Cette modélisation permet également de déterminer la valeur maximale de concentration en un point récepteur donné et de calculer des fréquences de dépassement d'une valeur de référence.

6.4 Observations et perspectives

Parmi les 2 types d'odeurs de C.E.T. – biogaz et déchets frais –, c'est la seconde qui prédominait en termes de nuisances produites par un C.E.T. pour les riverains. Cette odeur typique (odeur de poubelle) était dégagée lors du versage des camions et de l'étalement des déchets sur le site.

La fin, en 2010, de l'enfouissement de déchets ménagers fermentescibles, a mis un terme aux émissions d'odeurs de déchets frais puis aux plaintes de riverains pour nuisances olfactives.

Les émissions d'odeurs restent surveillées sur deux sites du réseau (HAB et TEN). Dans ces sites, les nuisances olfactives sont dues principalement aux activités de compostage et de bioséchage des déchets.

Ainsi, les campagnes de l'ISSeP ne sont désormais plus jugées pertinentes dans le cadre du réseau de contrôle des C.E.T.

7 ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

La contribution des centres d'enfouissement technique à l'effet de serre comprend les émissions de fumées et le biogaz non brûlé (émissions diffuses). Le potentiel de réchauffement global (PRG) du dioxyde de carbone est fixé à 1, celui du méthane est de 72 sur une période de 20 ans et de 25 sur 100 ans^[17]. Les autres composants du biogaz et des fumées sont émis en quantités infimes par rapport à ces deux gaz à effet de serre (GES).

Les quantités de biogaz collecté, en diminution, sont présentées au chapitre 2.4.4 et chiffrées dans le Tableau 8 en page 19. Les émissions diffuses ont été évaluées par l'ISSeP lors de campagnes de mesures de flux surfaciques, mais les résultats sont insuffisants pour avancer une estimation précise.

D'autre part, l'AwAC (Agence wallonne de l'Air et du Climat) a dressé un inventaire des émissions de GES par secteurs d'activités au niveau de la Région wallonne^[18]. Les émissions à partir de déchets (hors incinération avec récupération de chaleur) ont représenté 1,3 % des émissions nationales en 2016, comparativement à 3,0 % en 1990. Cette diminution est due à celle des émissions de méthane des déchets mis en décharge qui représentent 59,4 % du total des émissions pour le secteur en 2016. Les 40,5 % restants des émissions de GES proviennent de trois sources : l'incinération des déchets, le traitement des eaux usées et le compostage.

Dans l'inventaire soumis en 2019, le CH₄ représente 8 % des émissions nationales et provient à 10 % du secteur des déchets.

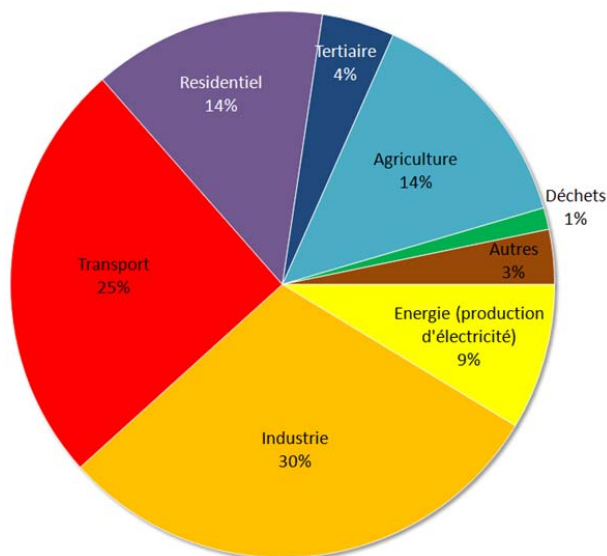


Figure 9 : Répartition des émissions totales de GES entre les principaux secteurs en Belgique (source AwAC)

La récupération des biogaz dans les décharges en vue de leur valorisation ou destruction a été développée à grande échelle depuis 1990 et est le principal moteur de cette tendance. Les émissions des décharges ont diminué de 71 % en 2016 par rapport à 1990, suite aux efforts en réutilisation, recyclage, compostage et incinération.

La Figure 10 illustre l'évolution des quantités de méthane produites et valorisées sur une majorité des C.E.T. en Wallonie (C.E.T. du réseau + anciennes décharges contrôlées d'Anton, Hensies, Fontilloi, Les Isnes, Bois de Hal, Marbais, Paviomont). La courbe verte rend compte des émissions nettes de méthane contribuant à l'effet de serre.

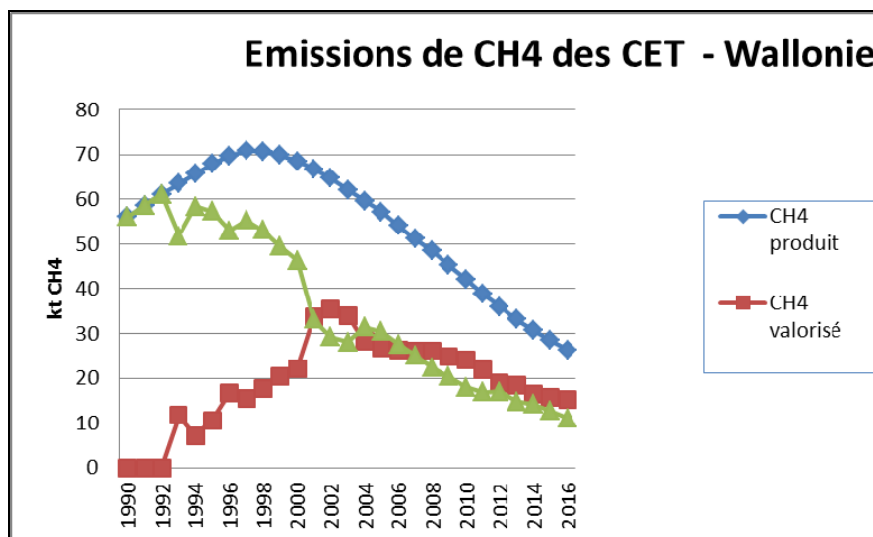


Figure 10 : Évolution des émissions de méthane (1990-2016) sur les C.E.T. en Wallonie (Source : AwAC)

Une diminution progressive de la production cumulée de méthane par les C.E.T. depuis les années 2000 est observée. Les quantités valorisées ont fortement augmenté entre le début des années 1990 et 2002. Bien qu’une partie du biogaz produit soit perdue (sous forme d’émissions diffuses notamment), l’écart entre les quantités produites et valorisées n’a cessé de diminuer depuis 2002. C’est ce qui a contribué à la diminution nette des émissions de gaz à effet de serre pour le secteur de l’enfouissement.

La production totale de méthane est estimée par l’AwAC sur base d’un modèle prenant en compte les quantités de déchets enfouis, leur nature et leur âge. Selon le graphique (figure 10), la production totale de méthane par les C.E.T. s’élevait en 2016 à 26,41 kT, ce qui correspond à un volume de 47,7 Mm³ de méthane. Les quantités traitées (moteurs ou torchères) atteignent presque 60 %.

En exploitant les nombreuses données du réseau et notamment les flux repris au chapitre 2.4.4, il est possible d’estimer le PRG des émissions des C.E.T. du réseau. Le Tableau 17 ci-dessous présente ces estimations.

Tableau 17 : Potentiel de réchauffement global

	Avant combustion			Après combustion
	Flux (kT/an)	Coeff. PRG	kT éq.CO ₂ /an	Masse de CO ₂ (kT éq.CO ₂ /an)
CO ₂	24,25	1	24,25	24,25
CH ₄	11,78	25 ^[17]	294,5	28,79
Total			318,75	53,04

PRG = Potentiel de réchauffement global

En l’absence de combustion, le biogaz collecté annuellement représente environ 318,7 kilotonnes d’équivalent CO₂. La combustion permet de réduire ces émissions à 53 kT/an pour les C.E.T. du réseau.

Afin d’estimer l’impact complet des C.E.T., il conviendrait d’ajouter la contribution du biogaz non collecté (émissions surfaciques et pertes).

8 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le présent rapport rassemble et interprète les données acquises depuis 1999 dans le cadre du Réseau de surveillance des C.E.T., en élevant le point de vue, dans les différents domaines que compte la surveillance de la qualité de l'air sur les C.E.T. à savoir :

- Le suivi de la composition du biogaz et de sa production ;
- Le contrôle des émissions des installations de combustion du biogaz (moteurs et torchères) ;
- Le contrôle de la qualité de l'air sur et en périphérie des C.E.T. ;
- Les émissions surfaciques mesurées au droit des zones d'enfouissement et les nuisances olfactives.

La compilation des résultats de campagnes de contrôle et d'autocontrôle sur près de vingt ans, ainsi que les avancées méthodologiques, ont permis de produire des statistiques valables pour l'ensemble du réseau et par site. Ces statistiques constituent des valeurs moyennes permettant d'évaluer les impacts environnementaux de chaque site par rapport à une base commune. Elles constituent, pour la Wallonie en général et pour le DPC en particulier, un outil permettant de dresser un état des lieux transversal de l'impact du secteur de l'enfouissement des déchets de classe 2 sur l'air ambiant.

Par rapport à la précédente édition datant de 2010, la situation globale montre une nette évolution, d'une part grâce à l'arrêt de l'enfouissement des déchets ménagers et des déchets biodégradables (dès 2010), et d'autre part suite à la réhabilitation (temporaire ou définitive) de la plupart des casiers de classe 2. Suite à ces modifications et à l'amélioration de la maîtrise des effluents gazeux, l'impact de ceux-ci sur leur environnement a considérablement diminué sur la période 2010-2019.

Les améliorations les plus notoires concernent la qualité de l'air ambiant et, partant, la diminution des odeurs et des plaintes de riverains.

Les émissions surfaciques sont également en diminution suite à la réhabilitation progressive (provisoire ou définitive) des casiers et au pompage actif du biogaz. La pérennité de cette diminution est toutefois conditionnée par le maintien d'un pompage actif des gaz au sein du massif de déchets.

En ce qui concerne la gestion du biogaz, celui-ci est collecté et traité dans tous les C.E.T. du Réseau à l'exception de Cronfestu et Morialmé. La plupart du temps, il est valorisé via la combustion en moteurs, sinon il est brûlé en torchère.

La diminution des quantités de biogaz produites est une tendance confirmée sur tous les C.E.T. et est liée à :

- La diminution du potentiel méthanogène des déchets enfouis (de par l'âge plus avancé des déchets biodégradables) ;
- L'arrêt du processus de méthanogenèse occasionné par un taux d'humidité insuffisant dans le massif de déchets.

Sur les plus petits ou les plus anciens sites, cette faible quantité compromet la valorisation des gaz pour des raisons techniques (dimensionnement des installations, proportion de méthane dans la gamme d'explosivité,...). À court et à moyen terme, plusieurs exploitants seront confrontés à cette difficulté.

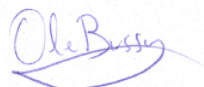
Les C.E.T. passent progressivement de leur phase d'exploitation vers leur postgestion. Ce changement appelle à une évolution de la stratégie de surveillance, qui prenne en compte les risques d'impacts environnementaux à long terme. Dans cette optique, les données collectées pour la réalisation du rapport sur l'air ambiant autour des C.E.T. ont abouti à la rédaction d'une

proposition de modifications des conditions de gestion et de surveillance des C.E.T., en cours d'examen par l'administration.

La préparation de ce rapport transversal a également permis de constater l'hétérogénéité des formats de collecte des données relatives à la surveillance de l'air. Ainsi, une part des résultats d'autocontrôle sont entachés d'imprécisions, ce qui les rend plus complexes à exploiter :

- Absence de mention du point de prélèvement d'un biogaz (en amont ou en aval de la désulfuration).
- Absence de mention du fait que le résultat est ramené à 5 % vol. d'O₂
- Composés organiques volatils, listés par groupes différents selon le laboratoire émetteur

Un mode de rapportage plus structuré et plus homogène, conforme aux impositions du PISOE, améliorerait la qualité de la surveillance menée par le réseau de contrôle, permettrait d'établir des statistiques plus robustes et faciliterait leur interprétation.



O. le Bussy
Gradué,
Cellule Déchets & Sites à Risques



E. Bietlot
Attachée,
Cellule Déchets & Sites à Risques



C. Collart
Responsable,
Cellule Déchets & Sites à Risques

9 RÉFÉRENCES

1. Lebrun, V.; Collart, C.; Kheffi, A.; Monin, M.; Bietlot, E. (2009) "*Réseau de contrôle des C.E.T. en Région wallonne – Rapport annuel sur la qualité de l'air autour des C.E.T. - première édition 2009*", rapport ISSeP 1634/2009, 36 pp.
2. Bietlot, E ; Lebrun, V.; Collart, C. (2011) "*Réseau de contrôle des C.E.T. en Région wallonne – Rapport annuel sur la qualité de l'air autour des C.E.T. - seconde édition 2010*", rapport ISSeP 1242/2011, 64 pp.
3. Lebrun, V.; Kheffi, A.; Gohy, M.; Fafchamps, R.; Collart, C.; Maquinay, J.-C. *Landfill gas (LFG) fugitive emissions on landfill surface - comparative test of on site analysis devices* Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy — 1-5 October 2007.
4. Collart, C.; Lebrun, V.; Fays, S.; Salpeteur V.; Nicolas, J.; Romain, A.- C. (2008) "*Air monitoring around MSW sanitary landfills in Wallonia: feedback of 10 years field surveys*". Proceedings Orbit 2008, Wageningen, The Netherlands.
5. Nicolas, J.; Romain, A-C.; Delva, J.; Collart, C.; Lebrun, V.. International Conference on Environmental Odour Monitoring and Control - Rome 6 - 8 July 2008 "*Odour annoyance assessment around landfill sites: methods and results*".
6. Kheffi, A.; Collart, C.; D'Or, D.; Bour, O.; Garcia, M.; Salpeteur, V. (2009) "*Methodology developments for measuring biogas emissions from landfill surface*". Proceedings Sardinia 2009, Twelfth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula (Cagliari), Sardinia, Italy.
7. Bietlot, E.; Garzaniti, S.; Dor, D.; Collart, C.; *Assessment of the contribution of low emissive areas to the average global flux of biogas diffusing through landfill covers in Wallonia* Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy — 30 September – 4 October 2013.
8. Bour, O.; Zdanevitch, I.; Bietlot, E.; Collart, C.; Garcia, M.H.; Mathieu, J.-B.; Garcia, V. *Software development of a multistep workflow for assessing landfill gas surface emissions from sampling design to geostatistical modeling* Fifteenth International Waste Management and Landfill Symposium, Santa Margherita di Pula, Cagliari, Italy — 5–9 October 2015.
9. Romain, A-C.; Molitora, N.; Adama, G. Bietlot, E.; Collart, C. Comparison "*Low cost chemical sensors – Analytical instruments*" for odour monitoring in a municipal waste plant; 5th International Conference on Environmental Odour Monitoring & Control 28-30 September 2016, Ischia, Italy
10. Site internet du réseau de contrôle des Centres d'Enfouissement Technique Wallonie : <http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/>
11. Boles A. *Biodegradation in municipal solid waste landfills*. Site internet GeoEngineer. <https://www.geoengineer.org/education/web-based-class-projects/rock-mechanics/theoretical-and-practical-perspectives-on-hydraulic-fracturing/64-web-based-class-projects/geoenvironmental-engineering/biodegradation-in-municipal-solid-waste-landfills>
12. Pohland F.G., Deryen J.T, Ghosh S.B. (1983). *Leachate and gaz quality changes during landfill stabilization of municipal refuse*. Anaerobic Digestion, Proceeding of the third International Symposium, Boston 185 -202.
13. UK-Environmental Agency (2004) "*Guidance on monitoring landfill gas surface emissions*", EA guidelines_TGN07_Monitoring LFG surface emission.pdf sur <http://www.environment-agency.gov.uk/>.
14. TA Luft (2002). *Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft*.
15. DCMS (1993) "*Décharge de Mont-Saint-Guibert, caractérisation des composés organiques volatiles à l'émission*". Rapport d'expertise.
16. Boles, A. *Biodegradation in municipal solid waste landfills*. Site internet GeoEngineer. <https://www.geoengineer.org/education/web-based-class-projects/rock-mechanics/theoretical-and-practical-perspectives-on-hydraulic-fracturing/64-web-based-class-projects/geoenvironmental-engineering/biodegradation-in-municipal-solid-waste-landfills>.
17. GIEC, « Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing », dans *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press, 2007, p. 214, chap. 2.10.3.1 "*Methane*".
18. AwAC, Inventaire d'émission de Gaz à effet de serre (GES) - 2019 <http://www.awac.be/index.php/de/thematiques/inventaires-d-emission/par-polluants/emission-ges>

ANNEXES

Annexe 1 : Historique des campagnes de contrôle (1 page)

Annexe 2 : Composition du biogaz par site (1 page)

Annexe 3 : Composition des fumées – gammes d'émissions par station (2 pages)

Annexe 4 : Qualité de l'air ambiant – campagnes de contrôle ISSeP (3 pages)

Annexe 5 : Quantités de méthane par station – évolution temporelle et rapport à la superficie (1 page)

Annexe 1 : Historique des campagnes de contrôle

(1 page)

B&F = biogaz et fumées; EmS = émissions surfaciques ; Od. = odeurs ; QA = Qualité de l'Air.

	BEA				BEL				CAB				CHA				CRO				FRO				
	B&F	EmS	Od.	QA	B&F	EmS	Od.	QA	B&F	EmS	Od.	QA	B&F	EmS	Od.	QA	Bg(*)	EmS	Od.	QA	B&F	EmS	Od.	QA	
1999																									
2000																						X	X		X
2001					X	X		X									X	X		X					
2002		X	X	X													X								
2003					X	X	X	X									X						X	X	
2004	X	X	X	X											X	X							X	X	
2005														X			X	X		X					
2006														X	X		X								
2007													X				X					X		X	
2008	X	X	X	X													X								
2009														X			X	X							
2010														X			X								
2011																									
2012														X											
2013																	X								
2014													X		X	X									
2015				X		X							X												
2016																	X								
2017																	X								
2018													X				X								
2019																	X			X					

	HAB				HAL				MAL				MOR				MSG				TEN			
	B&F	EmS	Od.	QA	B&F	EmS	Od.	QA	B&F	EmS	Od.	QA	B&F	EmS	Od.	QA	B&F	EmS	Od.	QA	B&F	EmS	Od.	QA
1999					X	X	X	X									X	X	X	X				
2000																								
2001																	X	X	X	X				
2002					X	X	X	X																
2003																								
2004																						X	X	X
2005			X	X													X	X	X	X		X		
2006	X	X			X	X	X	X		X	X	X		X		X								
2007										X	X													
2008										X	X											X	X	
2009	X	X	X	X										X			X	X	X	X				
2010					X	X	X	X		X														
2011																					X	X		X
2012																	X	X	X					
2013																								
2014																								
2015																					X	X		X
2016		X				X																		
2017	X	X	X	X	X			X						X										
2018																								
2019									X								X							

Remarques :

BEA: 2017, rapport mais pas de contrôle

CHA: Dernier rapport air en 2012 suite à la réhabilitation provisoire.

CRO : Bg = fuites latérales ou puits de gaz

HAL : Contrôle biogaz et fumée prévu en 2020

MAL : Contrôle prévu en 2019 suite à la modification traitement du gaz

Annexe 2 : Composition du biogaz par site

(1 page)

GAMMES BIOGAZ	BEA				CAB				CHA				HAB			
	Nb. val	P10	Méd	P90	Nb. val	P10	Méd	P90	Nb. val	P10	Méd	P90	Nb. val	P10	Méd	P90
CH ₄ (%)	6	41,75	43,48	47,3	6	39,1	40,7	42,2	30	37	52,35	63,1	21	49,1	51,1	56,4
CO ₂ (%)	6	32,35	33,5	34,9	6	31,9	33,8	35,3	30	11,54	23,5	33	21	34,5	39	40,3
N ₂ (%)	6	16,7	19,97	23,5	6	21,25	23,6	25,8	30	8,38	21,72	38	21	9,1	10	12,6
O ₂ (%)	6	1-3	2,09	3,3	6	1,2	1,72	,2-2	30	0,68	1,15	3,7	21	0,5	0,5	0,5
Benzène (mg/m ³)	6	2,4	6,78	8,9	6	13,45	16,5	23,3	30	0,24	2,20	7,5	21	<0,006	0,01	4,3
Toluène (mg/m ³)	6	8,9	35,9	42,5	6	40,8	61,0	103	30	3,53	13,64	28,7	21	0,003	0,007	8
Ethylbenzène (mg/m ³)	6	6,8	20,3	37,7	5	17,3	33,0	47,8	30	2,36	10,92	18,1	0	—	—	—
Xylènes (mg/m ³)	6	10,2	28,8	53,7	6	27,35	43,5	94,5	30	2,66	16,6	29	21	0,01	0,02	2,7
Cl. de vinyle (mg/m ³)	6	<0,01	<0,01	0,028	6	<0,18	<0,35	<1,2	30	<0,02	0,076	0,6	21	<0,006	<0,01	<0,022
H ₂ S (mg/m ³)	6	720	919	977	6	49,3	190	310	30	27,9	964	2973	21	0,27	2,60	326
S tot (mg/m ³)	0	—	—	—	2	53,6	129	204	25	112	1611	3930	21	0	1,0	227

GAMMES BIOGAZ	HAL				MAL				MSG				TEN			
	Nb. val	P10	Méd	P90	Nb. val	P10	Méd	P90	Nb. val	P10	Méd	P90	Nb. val	P10	Méd	P90
CH ₄ (%)	8	48,7	50,0	51,6	19	26	42,07	70,8	8	47,0	47,97	48,9	34	49,1	51,45	55,9
CO ₂ (%)	8	36,6	37,5	38,3	19	15,3	18,7	26,3	8	32,3	33,8	34,3	34	34	38,1	41,7
N ₂ (%)	8	10	11,5	13,9	19	3,7	39,7	53	8	15,45	16,1	17,6	34	3,6	10,05	12,1
O ₂ (%)	8	0,38	0,475	0,7	19	0,65	1,83	5,6	8	1,66	1,98	2,7	34	0	0,45	0,5
Benzène (mg/m ³)	8	10,6	16,2	39,2	19	0,28	0,97	2,9	8	3	4,75	5,8	28	<0,02	0,48	5,6
Toluène (mg/m ³)	8	32,6	45,2	63	19	0,66	1,51	9,5	8	15,8	33,1	52	28	<0,02	0,68	26,5
Ethylbenzène (mg/m ³)	5	19,36	27,4	32,5	18	1,28	3,05	10,1	8	7,28	25,6	39,3	0	—	—	—
Xylènes (mg/m ³)	8	34,9	52,4	67,8	19	1,4	4,40	9,1	8	8,62	42,2	75,6	28	<0,04	0,93	31,2
Cl. de vinyle (mg/m ³)	7	<0,01	<0,01	<0,27	19	<0,08	0,099	0,6	8	<0,01	0,05	0,12	28	<0,01	<0,02	0,11
H ₂ S (mg/m ³)	8	894	1246	2009	19	2,5	46,0	598	8	1236	1650	3067	34	1,7	208	1821
S tot (mg/m ³)	0	—	—	—	19	2,87	46,1	449	4	1200	1350	1570	0	—	—	—

Nb. val. : nombre de résultats analytiques sur lesquels est basée la gamme de valeurs
P10 = Percentile 10
P90 = Percentile 90

Annexe 3 : Composition des fumées – gammes d'émissions par station (2 pages)

Normes particulières

PARAMÈTRES	BEA	CAB	HAB	HAL	TEN *
CO (mg/m ³)	1000	650	650	650	1000
COVNM (mg/m ³)	150	150	150	150	150
NOx (mg/m ³)	1000	500	500	500	500

* TEN: Moteurs valorisant quasi exclusivement le biogaz provenant de la biométhanisation
Les dépassements de normes sont inscrits en rouge dans les tableaux de gammes d'émissions.

Gammes d'émissions des torchères

P10 - médiane - P90 (nombre de valeurs)

PARAMÈTRES	T-BEA	T-CAB	T-CHA
CO (mg/m ³)	1,46 - 10,21 - 27,4 (7)	2,5 - 8,5 - 254 (24)	1,9 - 2,5 - 258 (10)
COV tot (mg/m ³)	— (0)	0 - 0,12 - 2,84 (19)	— (0)
COVNM (mg/m ³)	— (0)	— (0)	0,21 - 0,249 - 0,441 (3)
NOx (mg/m ³)	23,6 - 48 - 67,1 (7)	2,5 - 22 - 70,6 (25)	64,4 - 94,8 - 169 (4)
Poussières (mg/m ³)	— (0)	51 - 51 - 51 (1)	— (0)
SO2 (mg/m ³)	13,39 - 54 - 269 (7)	2,5 - 4,7 - 39,2 (24)	— (0)
Benzène (mg/m ³)	0,07 - 0,145 - 0,428 (7)	0,075 - 0,13 - 0,465 (4)	0,029 - 0,0424 - 0,0445 (3)
Ethylbenzène (mg/m ³)	— (0)	0,085 - 0,13 - 0,185 (4)	0,0323 - 0,0471 - 0,0494 (3)
Toluène (mg/m ³)	0,088 - 0,229 - 3,46 (7)	0,165 - 0,335 - 0,484 (4)	0,086 - 0,249 - 0,441 (3)
Xylènes (mg/m ³)	— (0)	0,085 - 0,13 - 0,185 (4)	
Chlorure de vinyle (mg/m ³)	0,0165 - 0,129 - 0,273 (7)	0,0395 - 0,129 - 0,244 (5)	0,029 - 0,0424 - 0,0445 (3)

PARAMÈTRES	T-HAB	T-MAL	T-TEN
CO (mg/m ³)	3,64 - 3,64 - 3,64 (1)	10,65 - 581 - 5044 (10)	3,33 - 4,89 - 10,22 (6)
COV tot (mg/m ³)	— (0)	— (0)	2,22 - 3,78 - 5,11 (6)
COVNM (mg/m ³)	— (0)	0 - 0,246 - 0,501 (10)	— (0)
NOx (mg/m ³)	64 - 64 - 64 (1)	25,4 - 44,5 - 191 (10)	66,2 - 112 - 130 (6)
Poussières (mg/m ³)	— (0)	— (0)	— (0)
SO2 (mg/m ³)	— (0)	7,26 - 26,2 - 297 (15)	— (0)
Benzène (mg/m ³)	— (0)	0,0067 - 0,0185 - 0,145 (9)	0,0067 - 0,0091 - 0,0122 (6)
Ethylbenzène (mg/m ³)	— (0)	0 - 0,0108 - 0,417 (10)	— (0)
Toluène (mg/m ³)	— (0)	0,0105 - 0,068 - 0,502 (10)	— (0)
Xylènes (mg/m ³)	— (0)	0,0081 - 0,0154 - 0,34 (9)	— (0)
Chlorure de vinyle (mg/m ³)	— (0)	0,0056 - 0,0125 - 0,453 (10)	0,0067 - 0,0091 - 0,0122 (6)

Gammes d'émissions des moteurs P10 - médiane - P90 (nombre de valeurs) > norme

PARAMÈTRES	M-BEA	M-CAB	M-CHA
CO (mg/m ³)	654 - 688 - 757 (6)	164 - 559 - 863 (53)	599 - 737 - 931 (9)
COV tot (mg/m ³)	— (0)	0 - 1,41 - 702 (44)	— (0)
COVNM (mg/m ³)	— (0)	0,079 - 2,45 - 171 (32)	0,116 - 0,272 - 2,13 (9)
NOx (mg/m ³)	499 - 618 - 1487 (6)	246 - 413 - 707 (52)	110 - 378 - 1303 (9)
Poussières (mg/m ³)	— (0)	— (0)	— (0)
SO ₂ (mg/m ³)	11,78 - 19,6 - 243 (6)	0,5 - 6 - 245 (51)	2,5 - 12,52 - 500 (9)
Benzène (mg/m ³)	0,075 - 0,107 - 0,431 (6)	0,091 - 0,14 - 0,18 (10)	0,0347 - 0,108 - 0,35 (9)
Ethylbenzène (mg/m ³)	— (0)	0,062 - 0,12 - 0,196 (7)	0,0079 - 0,058 - 0,247 (9)
Toluène (mg/m ³)	0,103 - 0,107 - 2,94 (6)	0,105 - 0,205 - 1,6 (10)	0,0354 - 0,105 - 0,462 (9)
Xylènes (mg/m ³)	— (0)	0,108 - 0,14 - 0,204 (5)	— (0)
Chlorure de vinyle (mg/m ³)	0,0102-0,103-0,107 (6)	0,0469-0,099-0,184 (10)	0,0054-0,0089-0,223 (9)

PARAMÈTRES	M-HAB	M-HAL	M-MSG
CO (mg/m ³)	151-431- 677 (11)	23,3-546- 753 (12)	602-632-783 (11)
COV tot (mg/m ³)	— (0)	573-1115-2134 (11)	— (0)
COVNM (mg/m ³)	7-7-7 (1)	24-25-111 (11)	— (0)
NOx (mg/m ³)	212-349-474 (11)	165-352-451 (11)	281-344-430 (11)
Poussières (mg/m ³)	— (0)	3,3-3,3-3,3 (1)	— (0)
SO ₂ (mg/m ³)	0,805-148-770 (10)	5-42-583 (11)	— (0)
Benzène (mg/m ³)	0,0415-0,122-0,303 (10)	0,01-0,011-0,15 (11)	— (0)
Ethylbenzène (mg/m ³)	— (0)	— (0)	— (0)
Toluène (mg/m ³)	0,0064 - 0,0153 - 0,101 (10)	0,01 - 0,0206 - 0,16 (11)	— (0)
Xylènes (mg/m ³)	— (0)	— (0)	— (0)
Chlorure de vinyle (mg/m ³)	0,0054 - 0,0085 - 0,0123 (10)	0,01 - 0,01 - 0,0103 (11)	— (0)

PARAMÈTRES	M-TEN	Chaudière-MSG
CO (mg/m ³)	524 - 739 - 952 (24)	8,89 - 336 - 942 (6)
COV tot (mg/m ³)	— (0)	319 - 335 - 435 (3)
COVNM (mg/m ³)	1 - 2,5 - 31,3 (10)	11 - 35 - 54,2 (3)
NOx (mg/m ³)	86,8 - 147 - 229 (24)	50,2 - 84,4 - 324 (6)
Poussières (mg/m ³)	1,46 - 6,2 - 19,3 (10)	1,8 - 17,17 - 85,8 (6)
SO ₂ (mg/m ³)	25,9 - 180 - 560 (24)	132 - 388 - 540 (6)
Benzène (mg/m ³)	0,0025 - 0,057 - 0,248 (24)	— (0)
Ethylbenzène (mg/m ³)		— (0)
Toluène (mg/m ³)	0,006 - 0,0136 - 0,146 (24)	— (0)
Xylènes (mg/m ³)		— (0)
Chlorure de vinyle (mg/m ³)	0,0026 - 0,01 - 0,0279 (24)	— (0)

Gammes établies sur base des résultats d'autocontrôle.

Les valeurs de percentiles 25 et 75, utilisées dans le graphes du rapport, sont disponibles sur demande auprès de l'ISSeP.

Annexe 4 : Qualité de l'air ambiant – campagnes de contrôle ISSeP

(3 pages)

Le méthane est exprimé en mg/m^3 ; les autres paramètres sont exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
En rouge: dépassement de la norme en benzène ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Champ de Beaumont (BEA)

En exploitation	2002			2008			2014		
	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max
Méthane	2,4	12,5	39,2	1,27	12,2	70,6	1,28	5,3	58,5
H ₂ S	1	1	4	1	3	13	1	2	15
Benzène	0,4	1,9	11,6	0,2	2,1	5,5	0,3	1,4	4,6
Toluène	1,2	10,8	80	0,5	2,7	44,3	0,8	6,1	136
Ethylbenzène	0,1	2,2	5,4	0,1	0,5	13,3	0,3	4,3	210
(m+p)xylènes	0,1	4	10,4	0,2	1,6	29	0,1	0,9	85,5
o-xylènes	0,1	1,6	12,8						
Pinène				0,1	0,4	3,9	0,1	0,1	0,5
Limonène				0,2	1	4,5	0,1	0,2	3,2
NH ₃							1	5	53

Belderbusch (BEL)

Réabilité en 1998	2001			2003		
	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max
Méthane	1,41	1,96	2,17	1,33	2,13	3,27
H ₂ S	1	1	2	1	3	3
Benzène	0,7	1,6	1,9	0,8	1,8	2
Toluène	0,6	2,9	4,4	1,2	4,1	4,9
Ethylbenzène						
(m+p)xylènes	0,1	0,6	1			
o-xylènes						
Pinène						
Limonène				0,1	0,1	0,1
NH ₃						

Cour au Bois (CAB)

En exploitation	2002			2004			2007			2010			2014		
	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max
Méthane	1,23	48,8	100	1,97	27	62,9	2,2	32,8	95,9	1,96	12,7	64,9	1,27	8,91	50,9
H ₂ S	2	20	157	1	2	10	1	2	14	1	3	18	1	2	14
Benzène	1,2	3,4	22,5	0,3	1,1	3,5	0,2	1,3	7,5	0,3	1,4	4,8	0,4	1	4
Toluène	3,3	19,8	334	1,4	12,1	74,6	0,8	13	108	1,2	6,5	67,5	0,5	5,6	86,9
Ethylbenzène	0,8	3	21,8	0,3	1,2	6,5	0,1	1,7	13,1	0,1	0,7	7,5	0,1	1,1	12
(m+p)xylènes	1,8	6,6	51,8	0,1	2,2	17,5	0,1	3,4	61,3	0,3	2,1	16,9	0,1	2,1	21,5
o-xylènes	0,4	3	18,2	0,1	0,4	11,2	0,1	0,6	33,2						
Pinène				0,1	1,8	23,6	0,1	2,4	13,6	0,1	0,9	10,5	0,1	0,9	2,2
Limonène				0,1	0,2	10,9	0,1	0,7	42,9	0,1	0,1	3,1	0,3	0,7	7,1
NH ₃													7	22	74

Chapois (CHA)

Réhabilité en 2012	2004			2007		
	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max
Méthane	1,32	4,28	46,1	1,6	5,02	30
H ₂ S	1	3	24	2	3	27
Benzène	0,1	0,4	2,3	0,3	0,8	1,7
Toluène	0,2	0,9	23,2	0,2	0,7	2,2
Ethylbenzène	0,1	0,2	2,7	0,1	0,1	0,2
(m+p)xylènes	0,1	0,3	23,4	0,1	0,1	0,4
o-xylènes	0,1	0,1	2,6	0,1	0,1	0,2
Pinène	0,2	0,7	2,3	0,1	0,1	1,9
Limonène	0,1	2	36,1	0,1	1,3	30,7
NH ₃						

Habay (HAB)

En exploitation	2005			2009			2013			2017		
	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max
Méthane	5,14	12,5	20,4	1,63	15,2	56,1	1,27	5,85	23,1	1,38	4,51	53,7
H ₂ S	3	18	30	3	10	56	1	6	98	2	23	447
Benzène	1,3	2	2,7	1,1	2,3	3,6	0,4	1,5	3,8	0,2	1,4	3,5
Toluène	0,3	6,6	23,2	1,1	2,6	5,7	0,4	1	64,6	0,3	1,1	21,8
Ethylbenzène				0,2	1,7	5,8	0,1	0,6	38,3	0,1	0,3	2,6
(m+p)xylènes	1	3,2	8,5	0,3	2,3	5,1	0,1	0,8	112	0,1	0,1	0,7
o-xylènes	0,1	0,6	0,8									
Pinène	2,3	25,2	91,5	0,3	3,9	16,7	0,2	15,4	49,7	0,1	0,1	1,1
Limonène	7,2	67,8	299	0,1	3,2	180	2,1	75,9	399	0,1	0,7	11,3
NH ₃							8	41	141	2	31	125

Influence de la dalle de compostage

Hallembaye (HAL)

En exploitation	1999			2006			2010			2017		
	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max
Méthane	5,72	25,4	38,7	2	27,7	71,9	2,27	16,1	64,6	2,88	10,1	36,6
H ₂ S	1	6	6	3	16	62	1	10	94	4	11	77
Benzène	1,4	4,6	5,7	0,9	1,8	3	2,3	4,4	13,4	5,1	29,8	80,9
Toluène	2,6	13,2	17,1	1,7	4,8	9,9	3,3	8,9	79,9	4	19,5	74,6
Ethylbenzène	1,1	3,6	4,6				1,3	7,3	18,3	0,6	5,3	42,7
(m+p)xylènes	2,5	10,3	13,1	0,8	3,3	10,3	0,1	5,7	33,6	2,3	19,5	52,9
o-xylènes				0,1	0,8	3,4						
Pinène				0,5	6,4	25,8	0,2	6,8	30,2	0,1	0,8	7,5
Limonène				0,2	3,2	11,8	1,4	17,3	117	0,1	0,1	4,3
NH ₃										8	23	85

Malvoisin (MAL)

Réhabilité en 2009	2006			2008		
	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max
Méthane	1,46	12,2	62,9	1,16	1,82	12,2
H ₂ S	1	2	26	1	2	34
Benzène	0,4	0,9	1,4	1,3	4,7	44,6
Toluène	0,6	1,5	19,2	2	3,1	44,1
Ethylbenzène	0,3	2,1	6,2	0,1	1	4,4
(m+p)xylènes	0,5	3,4	11,6	0,4	2,1	3,2
o-xylènes	0,1	1,5	5,7			
Pinène	0,1	1,5	10,6	0,1	0,3	2
Limonène	0,2	2,3	20,8	0,1	3,2	6,7
NH ₃						

Mont-Saint-Guibert (MSG)

En exploitation	2001			2005			2009			2012		
	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max
Méthane	1,95	7,4	47,6	1,73	9,4	35	1,95	18,5	61,8	1,79	10,1	54,6
H ₂ S	1	2	15	1	1	18	1	2	7	2	5	178
Benzène	0,3	1,7	25	0,9	2,5	24	0,5	1,4	7	0,3	0,9	2,1
Toluène	0,8	4	193	0,7	5,1	138	1	4,4	201	0,5	2,2	7,8
Ethylbenzène							0,1	0,8	3,3	0,1	0,4	4
(m+p)xylènes				0,2	1,6	26,9	1,5	1,5	6,7	0,3	1	15,3
o-xylènes				0,1	0,4	8,3						
Pinène				0,5	4,3	30,3	2,2	2,2	45	0,1	0,4	2,9
Limonène				0,4	11,3	387	0,1	0,2	6,9	0,1	0,1	0,9
NH ₃										2	7	16

Tenneville (TEN)

Au repos depuis 2015	2004			2011			2015		
	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max	Méd.	P95	Max
Méthane	5,7	18,8	48,5	1,94	8,99	28,9	1,28	4,5	13,8
H ₂ S	3	8	16	2	5	12	1	3	20
Benzène	0,3	0,8	8	0,1	1,3	4,7	0,2	0,5	7,3
Toluène	0,4	1,5	37,7	0,1	1,5	30,9	0,2	1,2	39,1
Ethylbenzène	0,1	0,5	9,1	0,1	0,8	8,8	0,1	0,1	5,8
(m+p)xylènes	0,3	1,3	29,7	0,1	0,6	38,9	0,1	0,1	1,6
o-xylènes	0,1	0,2	12,2						
Pinène	0,2	2,8	304	0,1	1,3	7,6	0,1	0,1	19,2
Limonène	1,5	20,1	442	0,3	8,9	73,5	0,3	15,3	60,1
NH ₃				4	103	532	15	175	659

Influence du sécheur de boues, de la dalle de compostage et de la biométhanisation

En italique : Nombre de données valides disponibles inférieur à 75%.

Annexe 5 : Quantités de méthane par station – évolution temporelle et rapport à la superficie

(1 page)

C.E.T. (superficie)	Année	Biogaz - Production				[CH ₄]	CH ₄ - Production			
		(m ³ /an)	(m ³ /h)	(m ³ /h/ha)	(%)	(m ³ /an)	(m ³ /h)	(m ³ /h/ha)	(kg/h/ha)	
BEL 8 ha	2003	1.455.572	166	20,8	51,3	746.549	85	10,65	5,90	
	2004	1.183.149	135	16,9	55,5	656.342	75	9,37	5,19	
	2005	1.059.780	121	15,1	51,0	540.877	62	7,72	4,28	
	2006	842.272	96,1	12,0	50,2	422.816	48	6,03	3,34	
	2007	841.254	96,0	12,0	51,1	429.718	49	6,13	3,40	
	2008	678.064	77,4	9,7	56,3	381.669	44	5,45	3,02	
	2009	569.947	65,1	8,1	54,3	309.503	35	4,42	2,45	
	2010	502.787	57,4	7,2	56,2	282.373	32	4,03	2,23	
	2011	544.403	62,1	7,8	52,3	284.523	32	4,06	2,25	
	2012	489.567	55,9	7,0	48,6	237.857	27	3,39	1,88	
	2013	456.348	52,1	6,5	51,2	233.723	27	3,34	1,85	
	2014	424.772	48,5	6,1	52,8	224.084	26	3,20	1,77	
	2015	435.924	49,8	6,2	50,4	219.573	25	3,13	1,74	
	2016	359.261	41,0	5,1	55,8	200.564	23	2,86	1,59	
2017	381.392	43,5	5,4	49,2	187.471	21	2,68	1,48		
CAB 22 ha	2016	8.474.764	967	44,0	40,7	3.451.771	394	17,91	9,92	
	2017	8.693.885	992	45,1	40,7	3.537.977	404	18,36	10,17	
CHA 6 ha	2003	405.057	46,2	7,7	51,3	207.794	24	3,95	2,19	
	2004	838.929	95,8	16,0	55,3	464.137	53	8,83	4,89	
	2005	1.138.823	130	21,7	64,2	731.409	83	13,92	7,71	
	2006	1.253.511	143	23,8	61,8	774.670	88	14,74	8,17	
	2007	1.228.647	140	23,4	56,0	688.042	79	13,09	7,25	
	2008	1.353.620	155	25,8	55,0	743.814	85	14,15	7,84	
	2009	1.468.055	168	27,9	56,0	822.111	94	15,64	8,67	
	2010	1.123.392	128	21,4	46,5	522.377	60	9,94	5,51	
	2011	1.002.884	114	19,1	51,5	516.485	59	9,83	5,44	
	2012	1.080.566	123	20,6	38,5	416.018	47	7,92	4,38	
	2013	719.194	82,1	13,7	37,5	269.698	31	5,13	2,84	
	2014	593.719	67,8	11,3	42,5	252.331	29	4,80	2,66	
2015	406.734	46,4	7,7	54,7	222.646	25	4,24	2,35		
HAB 14,5 ha	2012	1.638.811	187	12,9	53,8	880.861	101	6,93	3,84	
	2013	1.644.460	188	12,9	52,4	861.697	98	6,78	3,76	
	2014	1.649.543	188	13,0	50,4	831.370	95	6,55	3,63	
	2015	1.277.424	146	10,1	51,0	650.848	74	5,12	2,84	
	2017	847.015	96,7	6,7	51,2	433.672	50	3,41	1,89	
HAL 16,9 ha	2014	2.223.164	254	15,0	52,0	1.156.045	132	9,10	5,04	
	2015	2.242.200	256	15,1	49,3	1.105.405	126	8,70	4,82	
	2016	2.276.640	260	15,4	50,0	1.138.320	130	8,96	4,96	
	2017	1.900.410	217	12,8	49,3	937.377	107	7,38	4,09	
MAL * 1,2 ha	2014	114.518	13,1	10,9	51,5	58.977	6,7	5,61	3,11	
	2015	163.766	18,7	15,6	27,1	44.323	5,1	4,22	2,34	
	2016	123.634	14,1	11,8	49,4	61.112	7,0	5,81	3,22	
	2017	98.818	11,3	9,4	63,2	62.443	7,1	5,94	3,29	
	Projeté	262.800	30,0	25,0	2,7	7.096	0,8	0,68	0,37	
MSG 32 ha	2013	25.166.528	2.873	89,8	48,0	12.079.933	1.379	43,09	23,87	
	2014	23.864.546	2.724	85,1	47,5	11.335.659	1.294	40,44	22,40	
	2015	21.998.241	2.511	78,5	50,0	10.999.121	1.256	39,24	21,74	
	2016	20.324.264	2.320	72,5	47,9	9.728.209	1.111	34,70	19,23	
	2017	18.026.707	2.058	64,3	47,7	8.594.233	981	30,66	16,98	
TEN 12 ha	2015	644.267	73,5	6,1	51,4	331.153	38	3,15	1,75	
	2016	483.934	55,2	4,6	52,0	251.646	29	2,39	1,33	
	2017	428.083	48,9	4,1	50,4	215.754	25	2,05	1,14	

Les superficies prises en compte correspondent aux zones des C.E.T. où ont été enfouis des déchets de classe II uniquement et étant le siège d'un dégazage.

* MAL: Les données 2014-2017 de Malvoisin sont effectuées sous un régime de pompage intermittent. À partir de l'été 2019 le pompage s'effectuera en continu vers un filtre à charbon actif ; les valeurs indiquées sont une projection fournie par l'exploitant.