

	C.E.T. DE MONT-SAINT-GUIBERT	
	Prélèvements et analyses des rejets atmosphériques	
	Type de fiche : Air-biogaz_résultats	
	Actualisation : le 2 mars 2011	
	www.issep.be	

RESULTATS DES CAMPAGNES REALISEES SUR LES BIOGAZ ET SUR LES FUMÉES DES MOTEURS ET TORCHÈRES DU C.E.T. DE MONT-SAINT-GUIBERT.

EIE 1994 (IGRETEC)

1.1 Biogaz

Tableau 1 : Résultats des mesures des analyses de l'échantillon de biogaz

Paramètres	Biogaz en amont de la petite torchère	Biogaz en amont de la grande torchère
O ₂ (%)	6,2	4
N ₂ (%)	39,6	26,3
CO ₂ (%)	19,8	29,5
CO (%)	-	-
CH ₄ (%)	31,1	44
C ₂ -C ₅ (ppm)	12	23,3
Valeurs moyennes du biogaz (mg/m³)		
Σ BTEX	14,44	
Limonène	Détekté mais non dosé	
Naphtalène, décahydro	0,91	

Les concentrations mesurées sont caractéristiques du biogaz produit par une décharge de produits ménagers.

EIE 2003 (SGS)

1.1 Biogaz

Tableau 2 : Résultats des mesures des analyses de l'échantillon de biogaz (en µg/m³)

Paramètres	Biogaz en amont de MAG 6
Σ BTEX	132,4
Limonène	87
Σ halogénés	7,34
H ₂ S	2,2
Fréons	5,28
Cétones	20,82
Alcools	17,2
Esters	9,72
Cycloalcanes	66,74
Alcanes	352,28
Alcènes	10,3

Parmi les BTEX, ce sont le toluène et les xylènes qui sont les composés les plus représentés (58 µg/m³ et 45 µg/m³ respectivement). D'autre part :

- ❖ Les alcanes et aromates sont présents à des teneurs importantes ;
- ❖ Parmi les micropolluants, ce sont les BTEX les plus abondants ;

1.2 Moteurs

Tableau 3 : Résultats des mesures des analyses de gaz de combustion des moteurs à gaz (source : SGS 2003)

	Teneur moyenne mesurées sur 24h (calculée pour une teneur en O ₂ de 5 vol%)		Valeur limite moyenne sur 24h (exprimée pour une teneur en O ₂ de 5 vol%)
	Moteur n°6	Moteur n°7	
CO (mg/Nm ³ sec)	536	508	650 (moyenne journalière)
Poussières totales (mg/Nm ³ sec)	2,6	3,0	100 (moyenne arithmétique de quatre mesures)
Oxydes d'azote totaux (mg NO _x /Nm ³ sec)	274	258	500 (moyenne journalière)
Méthane (mg C/Nm ³ sec)	588	707	-
Hydrocarbures totaux (mg C/Nm ³ sec)	597	737	-
Hydrocarbures non méthaniques (mg C/Nm ³ sec)	< L.D.	< L.D.	150 (moyenne journalière)

L.D.: limite de détection des analyseurs.

Les concentrations en poussières, en NO_x et en hydrocarbures non méthaniques sont faibles. Par contre, les concentrations en méthane et en monoxyde de carbone sont plus élevées.

Dans le cas des moteurs 6 et 7, il apparaît que les normes sont respectées et les résultats obtenus sont très proches.

CAMPAGNE "RÉSEAU DE CONTRÔLE" (DPC/ISSEP)

1 Première campagne de prélèvements (1999)

Les mesures se sont déroulées les 2, 3 et 4 mars (moteur n°2), les 8, 9 et 10 mars (torchère n°2), et les 15 et 16 mars (torchère n°3).

1.1 Biogaz

❖ Composés majeurs et polluants organiques minéraux

Tableau 4 : Résultats des analyses des éléments majeurs du biogaz (Moy. : Moyenne, C.V. : coefficient de variation)

	O ₂ (%)		CO ₂ (%)		CH ₄ (%)	
	Moy.	C.V.	Moy.	C.V.	Moy.	C.V.
Biogaz - (torchère n°2)	3,6	13,6	35,3	2,2	48,3	5,0
Biogaz - (torchère n°3)	6,7	2,9	20,6	2,4	28,1	3,2
Biogaz - (moteur n°4)	1,8	11,6	31,6	11,0	54,9	4,4

On constate que le biogaz alimentant la torchère n°2 (et les moteurs) est effectivement plus riche en méthane que celui qui est éliminé dans la torchère n°3, avec une concentration en méthane variant entre 48 et 55 %. Le biogaz considéré comme pauvre a une concentration en méthane de 28 %.

❖ H₂S

Tableau 5 : Résultats des analyses du sulfure d'hydrogène dans le biogaz (Moy. : Moyenne, C.V. : coefficient de variation)

	H ₂ S		Unités
	Moy.	C.V. (%)	
Biogaz - (torchère n°2)	88,7	11,6	mg/Nm ³
Biogaz - (torchère n°3)	4,0	0	mg/Nm ³
Biogaz - (moteur n°4)	84,5	0,6	mg/Nm ³

La concentration en sulfure d'hydrogène du biogaz riche reste constante dans le temps et se situe dans les limites mentionnées par la littérature spécialisée. Cette concentration est même inférieure à celle mesurée sur d'autres sites accueillant le même type de déchets (données ISSeP).

La concentration en H₂S dans le biogaz plus pauvre en méthane (torchère n°3) est nettement plus faible. Ceci est aisément explicable par le fait de l'exploitation de ce biogaz dès le début de la cinétique de formation des sulfures au sein des déchets en fermentation.

❖ Composés organiques volatils (COV)

Tableau 6 : Résultats des analyses des COV du biogaz (C.V. : coefficient de variation)

Paramètres	Alcanes µg/Nm ³	Alcènes µg/Nm ³	Chlorés µg/Nm ³	Σ BTEX µg/Nm ³	Benzène µg/Nm ³	Toluène µg/Nm ³	Ethylbenzène µg/Nm ³	Xylènes µg/Nm ³
Torchère n°2								
Moyenne	74 358	39 826	30 955	134 681	5 827	49 665	29 969	49 221
C.V. (%)	5	26	4	5	9	4	6	6
Torchère n°3								
Moyenne	17 995	9 683	3 749	44 296	1 371	15 244	9 405	18 276
C.V. (%)	13	16	17	7	7	6	13	7
Moteur n°4								
Moyenne	48 681	31 935	10 648	69 372	3 204	34 597	12 845	18 726
C.V. (%)	10	23	10	20	9	9	34	34

Comme semblent l'indiquer les valeurs reprises ci-dessus, les concentrations en composés organiques volatils paraissent varier d'une campagne à l'autre (forte différence entre les résultats de la torchère n°2 et du moteur), mais révèlent une bonne constance au sein d'une même série d'analyses (coefficient de variation faible).

On note des concentrations non négligeables en BTEX, dont le toluène est le plus représenté. Ces composés sont quantitativement majoritaires dans chaque biogaz analysé.

Le biogaz plus pauvre en méthane (torchère n°3) est également moins riche en composés organiques volatils.

1.2 Moteurs

❖ Composés majeurs et polluants organiques minéraux

Tableau 7 : Résultats des analyses des éléments majeurs des fumées

Paramètres	Unités	Essais du 02 mars 1999			Essais du 03 mars 1999			Essais du 04 mars 1999		
		Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.
O ₂	% v/v	-	-	-	6,7	10,2	6,6	7,2	8,9	6,3
CO ₂	% v/v	-	-	-	12,0	12,1	10,3	11,7	12,6	10,9
NO	mg/Nm ³ sec	-	-	-	276	482	19	163	225	79
NO _x	mg/Nm ³ sec *	-	-	-	634	1004	96	320	450	195
CO	mg/Nm ³ sec	-	-	-	611	641	530	553	705	495
SO ₂	mg/Nm ³ sec	-	-	-	34	89	26	26	51	14
CxHy	mg C/Nm ³	536	323	770	-	-	-	-	-	-

* exprimé en NO₂

On remarque que les concentrations en monoxyde de carbone et en hydrocarbures ne sont pas négligeables et atteignent parfois des valeurs élevées pouvant aller jusqu'à :

- ❖ CO = 705 mg/Nm³ sec ;
- ❖ CxHy = 770 mg C/Nm³.

La concentration en hydrocarbures totaux (C_xH_y) dans les fumées d'échappement moteur peut être assimilée à la concentration en méthane.

❖ Composés organiques volatils (COV)

Tableau 8 : Résultats des analyses des COV des fumées (C.V. : coefficient de variation)

Paramètres	Alcanes µg/Nm ³	Alcènes µg/Nm ³	Chlorés µg/Nm ³	BTEX µg/Nm ³	Benzène µg/Nm ³	Toluène µg/Nm ³	Ethylbenzène µg/Nm ³	Xylènes µg/Nm ³
2 mars 1999 15h37 - 16h10	95	215	45	917	554	271	36	56
3 mars 1999 12h13 - 12h33	187	120	47	880	513	269	38	59
3 mars 1999 12h49 - 13h13	198	194	42	917	557	264	37	58
3 mars 1999 15h03 - 15h33	19	49	-	134	42	85	4	3
4 mars 1999 11h08 - 11h28	7	30	-	130	64	60	3	3
4 mars 1999 15h00 - 15h30	293	296	36	1.012	436	404	64	107
Moyenne	133	151	43	665	361	225	48	30
C.V. (%)	77	62	10	57	31	53	75	70

L'examen du tableau ci-dessus suscite quelques commentaires :

- les concentrations relativement faibles en alcanes et en alcènes par rapport à la quantité d'hydrocarbures totaux émise dans les fumées d'échappement, ce qui conforte l'affirmation que ces hydrocarbures sont méthaniques ;
- les composés chlorés présentent moins de variabilité à l'analyse ;
- les BTEX représentent en quantité la majeure partie des composés organiques volatils identifiés ;
- Parmi les BTEX, les composés principaux identifiés sont surtout le benzène et le toluène. On note pour l'ensemble des BTEX des coefficients de variation relativement importants.

Grâce aux nombreux paramètres physico-chimiques enregistrés à la source (excès d'air, température des gaz, concentration de l'oxygène dans les fumées, débits, ...) et les concentrations en méthane mesurées à la fois dans le biogaz et dans les fumées, il est possible de déterminer son rendement de destruction en condition normale d'utilisation.

Ce rendement de destruction est de 99,3 % et peut être considéré comme bon par rapport aux données de la littérature.

Plus spécifiquement, le rendement de destruction pour les BTEX est de 87 %, ce qui traduit une moins bonne performance et explique leur présence relativement importante dans les fumées.

Cet état de fait, qui a déjà été également constaté sur d'autres moteurs de ce type, est explicable par :

- la structure chimique de ces composés (stabilité) ;
- le principe de fonctionnement de ces moteurs.

1.3 Torchères

L'analyse des principaux paramètres physico-chimiques des émissions s'est portée sur deux torchères, l'une brûlant un biogaz riche (torchère n°2) et l'autre brûlant un biogaz pauvre (torchère n°3).

Torchère n°2

❖ Composés majeurs et polluants organiques minéraux

Tableau 9 : Résultats des analyses des éléments majeurs du biogaz

Paramètres	Unités	Essais du 08 mars 1999			Essais du 09 mars 1999		
		Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.
O ₂	% v/v	1,2	2,8	0,1	2,5	4,4	1,0
CO ₂	% v/v	16,3	17,0	13,9	16,1	16,9	14,6
NO	mg/Nm ³ sec	96	108	83	96	114	87
NO _x	mg/Nm ³ sec *	158	170	148	158	177	140
CO	mg/Nm ³ sec	16 000	36 000	3 750	5 750	22 250	875
SO ₂	mg/Nm ³ sec	14	-	-	-	-	-

* exprimé en NO₂

Lors de notre campagne d'analyses, nous avons observé que la torchère laissait ressortir la flamme de combustion d'un bon mètre au delà de la tuyère. Cela signifie qu'une combustion incomplète a lieu à l'intérieur de la gaine (là où s'effectue l'échantillonnage), ce qui rend ainsi la représentativité des prélèvements très aléatoire.

La concentration élevée en monoxyde de carbone et la forte variabilité des mesures lors de nos essais semblent appuyer ce constat. Le maximum de concentration en monoxyde de carbone mesuré est de 36.000 mg/Nm³ (valeur très élevée).

On note également des teneurs importantes en oxydes d'azote (NO_x).

❖ Composés organiques volatils (COV)

Tableau 10 : Résultats des analyses des COV du biogaz (C.V. : coefficient de variation)

Paramètres	Alcanes µg/Nm ³	Alcènes µg/Nm ³	Chlorés µg/Nm ³	BTEX µg/Nm ³	Benzène µg/Nm ³	Toluène µg/Nm ³	Ethylbenzène µg/Nm ³	Xylènes µg/Nm ³
8 mars 1999 14h20 - 14h24	99	< ld	< ld	19	9	7	2	2
9 mars 1999 13h00 - 13h03	2 287	< ld	< ld	70	1	44	11	15
9 mars 1999 15h05 - 15h07	130	< ld	< ld	1	< ld	1	< ld	< ld
10 mars 1999 11h41 - 11h47	118	3	3	168	1	42	46	80
Moyenne	658	3	3	65	3	23	19	19
C.V. (%)	> 100	-	-	100	> 100	85	> 100	> 100

Ces résultats montrent bien l'énorme variabilité des concentrations mesurées, due principalement aux conditions difficiles d'échantillonnage (structure de la torchère).

En comparant ces résultats avec ceux obtenus sur le biogaz, on remarque que les alcanes sont détruits avec un taux variant entre 84,3 % et 99,3 % ; les composés chlorés ont eux un taux de destruction de 99,95 % et les BTEX, un taux de destruction minimum de 99,4 %.

Les BTEX sont donc très bien éliminés. Les teneurs mesurées en émissions sont très faibles, même si la variabilité des mesures est énorme.

Torchère n°3

❖ Composés majeurs et polluants organiques minéraux

Tableau 11 : Résultats des analyses des éléments majeurs du biogaz

Paramètres	Unités	Essais du 15 mars 1999			Essais du 16 mars 1999		
		Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.
O ₂	% v/v	6,5	7,6	5,2	6,3	7,5	5,2
CO ₂	% v/v	11,6	12,7	10,8	11,8	12,8	10,9
NO	mg/Nm ³ sec						
NO _x	mg/Nm ³ sec *	47	57	35	43	51	10
CO	mg/Nm ³ sec	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6	< 6
SO ₂	mg/Nm ³ sec	6	9	6	6	37	6

* exprimé en NO₂

Cette torchère ne montre pas de flamme visible au sommet de la tuyère.

On peut considérer qu'en conditions normales d'utilisation, la torchère n°3 (adaptée à une alimentation pauvre en méthane) produit très peu de monoxyde de carbone (CO), d'oxydes d'azote (NO_x) et de dioxyde de soufre (SO₂).

❖ Composés organiques volatils (COV)

Tableau 12 : Résultats des analyses des COV du biogaz (C.V. : coefficient de variation)

Paramètres	Alcanes µg/Nm ³	Alcènes µg/Nm ³	Chlorés µg/Nm ³	BTEX µg/Nm ³	Benzène µg/Nm ³	Toluène µg/Nm ³	Ethylbenzène µg/Nm ³	Xylènes µg/Nm ³
15 mars 1999 12h08 - 12h11	75	10	-	30	2	14	5	9
15 mars 1999 16h02 - 16h05	24	5	-	13	1	8	2	2
16 mars 1999 11h43 - 11h46	9	27	-	32	2	13	6	11
16 mars 1999 14h37 - 14h43	48	9	12	9	1	5	1	2
Moyenne	39	13	12	21	2	10	4	6
C.V. (%)	64	66	-	48	25	36	59	68

Une fois de plus, ce sont les BTEX qui sont les composés en traces quantitativement les plus présents dans les fumées issues de la torchère n°3 (et parmi eux, le toluène). On note également un excellent rendement de destruction de 99,8 %.

L'élimination des alcanes atteint 99,1 % de la quantité initiale (biogaz alimentant la torchère n°3), tandis que celle des composés chlorés est de 98,7 %. Ces rendements traduisent une bonne élimination par la torchère n°3 des composés organiques en traces présents dans le biogaz pauvre en méthane.

2 Deuxième campagne de prélèvements (2001)**2.1 Biogaz**

Ces résultats tiennent compte des mesures effectuées sur plusieurs jours de campagne, laquelle s'est déroulée du 25 septembre au 14 novembre 2001.

❖ Composés majeurs et polluants organiques minéraux

Tableau 13 : Résultats des analyses des éléments majeurs du biogaz (Moy. : Moyenne, C.V. : coefficient de variation)

	CH ₄ (%)		CO ₂ (%)		O ₂ (%)	
	Moy.	C.V.	Moy.	C.V.	Moy.	C.V.
Biogaz - torchère n° 1	34,8	1,7	28,5	2,8	5,5	4,5
Biogaz - torchère n° 2	46	5,3	33,4	1,4	2,2	27
Biogaz - torchère n° 3	32,2	8	21,3	4,8	7,3	9
Biogaz - torchère n° 5	32,8	3,7	25,6	5,8	6,5	6,5
Biogaz - moteur n° 1	50,8	3,8	34	3	1,9	21
Biogaz - moteur n° 6	49,8	1,4	34,2	1	1,8	8,1

Les différentes torchères brûlent un biogaz qualifié de "pauvre" (dont la richesse en méthane est insuffisante pour faire fonctionner les moteurs), dont la concentration en méthane est de l'ordre de 32 %. Concernant la torchère n°2, la concentration en méthane est plus élevée car cette torchère récolte également le surplus de biogaz riche qui ne peut être valorisé par les moteurs. Sa concentration peut dès lors atteindre 46 % en méthane.

Concernant le biogaz alimentant les moteurs, la concentration en méthane est élevée (en moyenne 50 %), ce qui assure un bon fonctionnement du moteur. Le coefficient de variation atteste une très bonne constance de la production de méthane au cours des différentes mesures.

La teneur en dioxyde de carbone présente des teneurs normales avec un coefficient de variation assez stable. Par contre, les teneurs en oxygène sont faibles et se rapprochent de la limite de détection, ce qui explique un coefficient de variation plus élevé.

❖ H₂S

La teneur en sulfure d'hydrogène peut être considérée comme caractéristique d'un C.E.T. de ce type. Les valeurs observées sont plus faibles que celles observées sur d'autres C.E.T. repris dans ce réseau de contrôle. Le coefficient de variation est relativement stable, le biogaz de la torchère n°3 présentant des valeurs très faibles.

Tableau 14 : Résultats des analyses du sulfure d'hydrogène dans le biogaz (Moy. : Moyenne, C.V. : coefficient de variation)

	H ₂ S		Uni é
	Moy	C.V	
Biogaz- torchère n° 1	6	7,	mg/Nm
Biogaz- torchère n° 2	77,	4,	mg/Nm
Biogaz- torchère n° 3	12,	7,	mg/Nm
Biogaz- torchère n° 5	67,	1,	mg/Nm
Biogaz- moteur n° 1	70,	9,	mg/Nm
Biogaz- moteur n° 6	69,	1,	mg/Nm

❖ Composés organiques volatils (COV)

Tableau 15 : Résultats des analyses des COV du biogaz (C.V. : coefficient de variation)

Paramètres	Alcanes µg/Nm ³	Alcènes µg/Nm ³	Chlorés µg/Nm ³	BTEX µg/Nm ³	Benzène µg/Nm ³	Toluène µg/Nm ³	Ethylbenzène µg/Nm ³	Xylènes µg/Nm ³
Biogaz torchère 2								
Moyenne	8223	2852	< L.D.	2965	6	165	716	2082
C.V. (%)	69	80	-	35	-	139	33	32
Biogaz torchère 3								
Moyenne	1412	821	< L.D.	1658	7	172	471	1038
C.V. (%)	54	23	-	21	35	17	24	21
Biogaz torchère 5								
Moyenne	273	5788	< L.D.	3666	8	276	956	2568
C.V. (%)	22	66	-	12	31	7	13	13
Biogaz moteur 1								
Moyenne	277	2778	< L.D.	3660	34	< L.D.	1088	2539
C.V. (%)	28	35	-	26	45	-	25	26
Biogaz moteur 6								
Moyenne	3562	2160	< L.D.	4222	< L.D.	64	293	657
C.V. (%)	80	53	-	131	-	135	114	137
Moy. générale	2749	2880	< L.D.	3234	14	169	705	1777
C.V. (%)	109	56	-	27	85	44	42	44

L.D. : limite de détection qui est de 0,1 µg/Nm³

Les concentrations en composés organiques volatils varient dans le temps. Le coefficient de variation est élevé pour l'ensemble des paramètres. Les résultats montrent des teneurs faibles par rapport à des mesures effectuées sur du biogaz produits par des déchets de même type.

Les concentrations en éléments chlorés sont très faibles et inférieures à la limite de détection. A titre de comparaison, le biogaz analysé en 1999 présentait une teneur moyenne en dérivés chlorés de l'ordre de 10.000 µg/Nm³.

Ce sont les BTEX qui sont présents majoritairement ; le benzène présente la concentration la plus faible de cette famille de composés aromatiques.

2.2 Moteurs

Deux des six moteurs ont été soumis aux différentes mesures pour les paramètres figurant dans le tableau ci-dessous. Le choix s'est porté sur le moteur 1 sur lequel un entretien venait d'être réalisé quelques jours auparavant et le moteur 6 pour lequel l'entretien n'avait pas encore été fait.

❖ Composés majeurs et polluants organiques minéraux

Tableau 16 : Résultats des analyses des éléments majeurs des fumées (MAG 1)

Composés majeurs sur le moteur 1					
Valeurs exprimées en mg/Nm ³ rapportées à 273 °K, 101.3 kPa et 5 % d'O ₂ sur gaz sec (sauf *)					
Date de prélèvement	30/10/2001	31/10/2001	5/11/2001	Moyenne	Norme
Période	10h10->16h12	09h12->15h15	09h17->15h17		
O ₂ (% v/v.sec) (*)	7,2	7,1	7,2	7,2	-
CO ₂ (% v/v.sec) (*)	11,6	11,7	11,8	11,7	-
NO (mg/Nm ³ .sec)	87	76	80	81	-
NO _x (mg/Nm ³ .sec)	255	211	261	242	500
CO (mg/Nm ³ .sec)	789	778	836	801	650
SO ₂ (mg/Nm ³ .sec)	56	56	59	57	-
CxHy (mg C/Nm ³ .sec)	1040	1054	974	1022	-
Poussières (mg/Nm ³ .sec)	5,3	6,2	6,5	6,0	100

Date de prélèvement	6/11/2001	7/11/2001	8/11/2001	Moyenne	Norme
Période	11h39->14h39	11h01->14h01	10h52->13h52		
O ₂ (% v/v.sec) (*)	7,1	7,1	7,1	7,1	-
CO ₂ (% v/v.sec) (*)	11,8	11,7	11,9	11,8	-
NO (mg/Nm ³ .sec)	92	98	95	95	-
NO _x (mg/Nm ³ .sec)	260	280	255	265	500
CO (mg/Nm ³ .sec)	813	811	812	812	650
SO ₂ (mg/Nm ³ .sec)	49	56	53	53	-
CxHy (mg C/Nm ³ .sec)	-	-	-	-	-
Poussières (mg/Nm ³ .sec)	1,3	1,1	2,1	1,5	100

Tableau 17 : Résultats des analyses des éléments majeurs des fumées (MAG 6)

Composés majeurs sur le moteur 6					
Valeurs exprimées en mg/Nm ³ rapportées à 273 °K, 101.3 kPa et 5 % d'O ₂ sur gaz sec (sauf *)					
Date	18/10/2001	19/10/2001	23/10/2001	Moyenne	Norme
Période	12h24->14h55	11h33->14h40	09h44->12h44		
O ₂ (% v/v.sec) (*)	7,6	7,7	8,0	7,8	-
CO ₂ (% v/v.sec) (*)	11,3	11,2	10,8	11,1	-
NO (mg/Nm ³ .sec)	51	32	51	45	-
NO _x (mg/Nm ³ .sec)	172	141	154	156	500
CO (mg/Nm ³ .sec)	746	755	785	762	650
SO ₂ (mg/Nm ³ .sec)	51	52	39	47	-
CxHy (mg C/Nm ³ .sec)	-	-	-	-	-
Poussières (mg/Nm ³ .sec)	1,1	1,6	1,8	1,5	100

Date	24/10/2001	25/10/2001	26/10/2001	Moyenne	Norme
Période	10h27->16h30	11h57->17h59	09h45->15h46		
O ₂ (% v/v.sec) (*)	7,8	7,6	7,4	7,6	-
CO ₂ (% v/v.sec) (*)	11,2	11,4	11,5	11,4	-
NO (mg/Nm ³ .sec)	45	50	53	49	-
NO _x (mg/Nm ³ .sec)	162	172	180	171	500
CO (mg/Nm ³ .sec)	795	799	784	793	650
SO ₂ (mg/Nm ³ .sec)	42	44	44	43	-
CxHy (mg C/Nm ³ .sec)	1208	1047	997	1084	-
Poussières (mg/Nm ³ .sec)	5,3	4,3	6,1	5,2	100

Les valeurs mesurées tant sur le moteur 1 (après entretien) que sur le moteur 6 (entretien non réalisé) sont assez semblables.

Les valeurs observées pour le monoxyde d'azote (NO), l'oxyde d'azote (NO_x) et le dioxyde de soufre (SO₂) sont faibles. Les concentrations en NO_x sont nettement inférieures à la norme imposée de 500 mg/Nm³ sec

Par contre, les concentrations observées pour le monoxyde de carbone sont toutes élevées et dépassent la valeur limite de 650 mg/Nm³.sec. Ces valeurs demeurent assez stables au cours d'une période de mesures de 6 heures. Des mesures ont également été menées sur une période de 24 heures et ont permis de confirmer la stabilité temporelle des concentrations.

Quant à la présence d'hydrocarbures, les résultats montrent des teneurs habituellement rencontrées dans les fumées des moteurs du même type. Soulignons que la concentration en hydrocarbures totaux dans les fumées d'échappement du moteur

peut être assimilée à la concentration en méthane.

Comparativement à la première campagne de mesures, les concentrations observées montrent des valeurs un peu plus élevées en CO pour cette campagne. Par contre, les concentrations en NO_x sont plus faibles en 2001. Pour les autres paramètres, les valeurs sont similaires pour les deux campagnes de mesures.

❖ Composés organiques volatils (COV)

Tableau 18 : Résultats des analyses des COV des fumées (C.V. : coefficient de variation)

Paramètres	Alcanes µg/Nm ³	Alcènes µg/Nm ³	Chlorés µg/Nm ³	BTEX µg/Nm ³	Benzène µg/Nm ³	Toluène µg/Nm ³	Ethylbenzène µg/Nm ³	Xylènes µg/Nm ³
Moteur 1								
Moyenne	3,2	13,6	< L.D.	8,8	0,7	4,2	2,2	2
C.V. (%)	16	54	-	64	71	79	109	100
Moteur 6								
Moyenne	2,3	33,7	< L.D.	5,5	1,9	< L.D.	1,8	1,8
C.V. (%)	22	26	-	25	61	-	30	29
Moy. générale								
Moyenne	2,7	23,6	< L.D.	7,1	1,3	4,2	2	1,9
C.V. (%)	16	43	-	23	46	-	10	5

L.D. : limite de détection de l'appareil qui est de 0,1 µg/Nm³

C.V. : coefficient de variation

Les valeurs observées pour l'ensemble des paramètres sont très faibles, les composés chlorés étant en dessous de la limite de détection. Les teneurs observées sur les fumées des deux moteurs ne permettent pas de mettre en évidence l'influence d'un entretien sur le moteur 1, ce dernier présentant parfois des valeurs plus élevées que le moteur 6 dont l'entretien était prévu ultérieurement.

Comparativement aux résultats obtenus lors de la première campagne de contrôle en 1999, les concentrations des paramètres sont sensiblement inférieures lors de cette campagne 2001. Les valeurs mesurées sur les deux moteurs sont dans la même gamme de concentrations que celles observées sur des moteurs opérationnels sur d'autres C.E.T. du réseau.

Les concentrations en alcanes et alcènes (hydrocarbures non méthaniques) sont très faibles par rapport à la quantité d'hydrocarbures totaux émises dans les fumées d'échappement, ce qui conforte l'affirmation que ces hydrocarbures sont surtout du méthane.

Grâce aux nombreux paramètres physico-chimiques enregistrés à la source (excès d'air, températures des gaz, concentration de l'oxygène dans les fumées, débits, ...) et les concentrations en méthane mesurées à la fois dans le biogaz et dans les fumées, il est possible de déterminer son rendement de destruction en conditions normales d'utilisation. Celui-ci est de 98,7 % et est identique pour les deux moteurs.

Cependant, ce raisonnement peut difficilement être appliqué à toutes les familles de produits organiques détectés à l'état de traces, en raison de l'apparition de composés chimiques durant le processus de combustion (acides, phénols, aldéhydes, ...).

Pour cette raison, on ne parlera pas de rendement de destruction pour ces familles mais bien de réduction de quantité émise (R.Q.E.) par rapport aux concentrations de départ dans le biogaz. Cette réduction de quantité émise est de l'ordre de 98 % pour le moteur 1 et de 98,8 % pour le moteur 6.

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

❖ Analyse des métaux lourds

Tableau 19 : Résultats des métaux lourds des fumées du moteur 1

Métaux lourds et volatils sur le moteur 1					
Valeurs exprimées en mg/Nm ³ rapportées à 273 °K, 101.3 kPa et 5 % d'O ₂ sur gaz sec					
Date	6/11/2001	7/11/2001	8/11/2001	Moyenne	Norme
Période	11h39->14h39	11h01->14h01	10h52->13h52		
As	0,004	0,003	0,004	0,004	-
Cd	0,00004	0,0001	0,0005	0,0002	-
Hg	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	-
Pb	0,001	0,004	0,013	0,006	-
Cr	0,001	0,001	0,002	0,001	-
Ni	0,003	0,002	0,002	0,002	-
Cu	0,006	0,004	0,009	0,006	-
Mn	0,06	0,05	0,03	0,04	-
Tl	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	-
Be	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00004	-
Co	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-
Se	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	-
Te	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	-
Sb	0,01	0,01	0,01	0,01	-
V	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	-
Zn	0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	-
Sn	0,02	0,01	0,01	0,01	-

Tableau 20 : Résultats des métaux lourds des fumées du moteur 6

Métaux lourds et volatils sur le moteur 6					
Valeurs exprimées en mg/Nm ³ rapportées à 273 °K, 101.3 kPa et 5 % d'O ₂ sur gaz sec					
Date	18/10/2001	19/10/2001	23/10/2001	Moyenne	Norme
Période	12h24->14h55	11h33->14h40	09h44->12h44		
As	0,004	0,004	0,003	0,003	-
Cd	0,00012	0,0001	0,0002	0,0001	-
Hg	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	-
Pb	0,001	0,001	0,001	0,001	-
Cr	0,001	0,001	0,001	0,001	-
Ni	0,002	0,002	0,004	0,003	-
Cu	0,003	0,005	0,002	0,004	-
Mn	0,00	0,003	0,01	0,01	-
Tl	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	-
Be	< 0,00004	< 0,00004	< 0,00003	< 0,00004	-
Co	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-
Se	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	-
Te	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	-
Sb	0,01	0,01	0,01	0,01	-
V	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	-
Zn	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
Sn	0,02	0,01	0,01	0,01	-

Les résultats montrent des valeurs très faibles pour l'ensemble des métaux analysés, et ce pour les deux moteurs.

❖ Analyse des dioxines

Tableau 21 : Résultats des dioxines des fumées du moteur 1

Moteur n°1					
Dioxines et Furanes EQT (Valeurs exprimées en ng/Nm ³)					
Date Période	30/10/2001 10h10->16h12	31/10/2001 09h12->15h15	5/11/2001 09h17->15h17	Moyenne	Norme
2,3,7,8-TCDD	0,006	< 0,02	< 0,018	0,006	-
2,3,7,8-TCDF	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-
12378-PeCDD	0,004	< 0,009	< 0,009	0,004	-
12378-PeCDF	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-
23478-PeCDF	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	-
123478-HxCDD	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	-
123678-HxCDD	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	-
123789-HxCDD	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	-
123478-HxCDF	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	-
123678-HxCDF	0,001	< 0,006	< 0,006	0,001	-
234678-HxCDF	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	-
123789-HxCDF	< 0,006	< 0,006	< 0,005	< 0,006	-
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	-
1234678-HpCDF	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-
1234789-HpCDF	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0001	< 0,0002	-
OCDD	< 0,0002	< 0,0002	0,0001	< 0,0002	-
OCDF	< 0,00001	< 0,0001	< 0,00002	< 0,0001	-
Tot.2378-PCDD	0,01	< 0,037	0,00005	< 0,037	-
Tot.2378-PCDF	0,001	< 0,035	< 0,038	< 0,038	-
Total	0,01-0,05	< 0,07	0,00005-0,08	0,00005-0,08	-

Tableau 22 : Résultats des dioxines des fumées du moteur 6

Moteur n° 6					
Dioxines et Furanes EQT (Valeurs exprimées en ng/Nm ³)					
Date Période	24/10/2001 10h27->16h30	25/10/2001 11h57->17h59	26/10/2001 09h45->15h46	Moyenne	Norme
2,3,7,8-TCDD	< 0,01	< 0,016	< 0,016	< 0,01	-
2,3,7,8-TCDF	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-
12378-PeCDD	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	-
12378-PeCDF	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0008	< 0,0008	-
23478-PeCDF	0,02	0,003	0,002	0,008	-
123478-HxCDD	< 0,002	0,001	< 0,002	0,001	-
123678-HxCDD	< 0,002	< 0,003	< 0,003	< 0,002	-
123789-HxCDD	< 0,001	< 0,002	< 0,002	< 0,001	-
123478-HxCDF	0,02	0,005	< 0,005	0,01	-
123678-HxCDF	0,003	0,001	0,003	0,002	-
234678-HxCDF	0,002	0,001	0,001	0,001	-
123789-HxCDF	< 0,004	< 0,005	< 0,005	< 0,004	-
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	-
1234678-HpCDF	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-
1234789-HpCDF	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	-
OCDD	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	-
OCDF	< 0,00002	0,00001	< 0,00002	0,00001	-
Tot.2378-PCDD	< 0,03	0,001	< 0,03	0,001	-
Tot.2378-PCDF	0,01	0,01	0,006	0,01	-
Total	0,009-0,048	0,01-0,05	0,006-0,05	0,006-0,05	-

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

Il n'existe pas de normes d'émissions imposées aux moteurs industriels concernant les dioxines et les furannes. A titre informatif, et sans comparaison possible, la norme d'émission imposée aux incinérateurs d'ordures ménagères est de 0,1 ng/ Nm³.

Les quantités de dioxines produites étant très faibles, on peut dire que les moteurs valorisant le biogaz en énergie électrique du site de Mont-Saint Guibert ne sont pas une source d'émissions de dioxines.

❖ Analyse des PCB et HAP

Les valeurs observées sont très faibles pour les deux moteurs étudiés.

2.3 Torchères

❖ Composés majeurs et polluants organiques minéraux

Tableau 23 : Résultats des analyses des éléments majeurs des fumées des torchères

Torchère n° 1

Paramètres	Unités	Essai du 10 octobre 2001			Essai du 11 octobre 2001			Essai du 12 octobre 2001		
		Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.
O ₂	% v/v	6,8	9,5	3,8	6,6	9,7	3,6	6,7	10,3	2,7
CO ₂	% v/v	12,5	15,3	10,2	12,7	15,4	10,2	12,7	16,3	9,6
NO	mg/Nm ³ sec	42	59	28	42	63	29	43	72	27
NOx	mg/Nm ³ sec *	64	82	43	66	92	47	70	113	45
CO	mg/Nm ³ sec	4	179	< 3	4	699	< 3	3	790	3
SO ₂	mg/Nm ³ sec	51	71	43	54	66	46	54	66	37
CxHy	mg C/Nm ³	< 1	2	< 1	< 1	2	< 1	1	3	< 1

* exprimé en NO₂

Torchère n° 2

Paramètres	Unités	Essai du 25 septembre 2001			Essai du 02 octobre 2001			Essai du 03 octobre 2001		
		Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.
O ₂	% v/v	8,4	9,7	7,4	8,2	10,2	6,1	8,1	9,1	6,9
CO ₂	% v/v	10,5	11,6	9,3	10,7	13,2	8,8	11,0	12,0	10,1
NO	mg/Nm ³ sec	37	47	31	37	60	24	35	44	29
NOx	mg/Nm ³ sec *	57	64	49	55	80	35	55	70	45
CO	mg/Nm ³ sec	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
SO ₂	mg/Nm ³ sec	29	31	17	29	60	23	31	34	23
CxHy	mg C/Nm ³	1	3	< 1	1	5	< 1	1	2	< 1

* exprimé en NO₂

Torchère n° 3

Paramètres	Unités	Essai du 12 novembre 2001			Essai du 13 novembre 2001			Essai du 14 novembre 2001		
		Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.
O ₂	% v/v	5,7	8,5	3,4	5,8	8,0	2,5	6,2	8,8	2,6
CO ₂	% v/v	12,9	14,8	10,6	11,7	15,2	10,8	12,2	15,2	10,3
NO	mg/Nm ³ sec	59	75	43	60	88	48	50	75	37
NOx	mg/Nm ³ sec *	99	129	70	96	144	76	76	109	57
CO	mg/Nm ³ sec	< 2	8	< 2	< 2	203	< 2	< 2	13	< 2
SO ₂	mg/Nm ³ sec	14	14	11	17	20	14	17	20	14
CxHy	mg C/Nm ³	< 1	1	< 1	< 1	4	< 1	< 1	3	< 1

* exprimé en NO₂

Torchère n° 5

Paramètres	Unités	Essai du 05 octobre 2001			Essai du 08 octobre 2001			Essai du 09 octobre 2001		
		Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.
O ₂	% v/v	6,3	12,0	0,2	8,1	15,0	3,8	9,8	15,9	3,8
CO ₂	% v/v	12,7	16,9	8,1	11,4	15,2	5,6	10,2	15,5	4,9
NO	mg/Nm ³ sec	54	86	42	35	59	15	27	52	12
NOx	mg/Nm ³ sec *	80	129	49	49	88	23	39	70	18
CO	mg/Nm ³ sec	101	7996	< 6	21	7350	< 6	4	798	< 2
SO ₂	mg/Nm ³ sec	49	89	40	40	49	26	49	60	37
CxHy	mg C/Nm ³	-	-	-	1	< 1	7	1	< 1	3

* exprimé en NO₂

Les torchères 1, 2 et 3 présentent des valeurs faibles pour l'ensemble des paramètres. La combustion dans les cheminées y est correcte, peu de variations des teneurs y sont observées lors des journées de mesures.

Quant à la torchère n°5, si les valeurs moyennes sont dans le même ordre de grandeur que les autres torchères étudiées, on peut cependant observer des maxima en CO très importants. Lors des mesures, on a pu observer que la flamme de cette torchère était visible hors du conduit, traduisant une combustion incomplète dans la gaine, au niveau de l'endroit de prélèvement. C'est pourquoi les valeurs en CO peuvent atteindre des pics élevés et être peu représentatives de la réalité.

Les teneurs en hydrocarbures sont très faibles pour toutes les torchères.

❖ Composés organiques volatils (COV)

Tableau 24 : Résultats des analyses des COV des fumées

Paramètres	Alcanes µg/Nm ³	Alcènes µg/Nm ³	Chlorés µg/Nm ³	BTEX µg/Nm ³	Benzène µg/Nm ³	Toluène µg/Nm ³	Ethylbenzène µg/Nm ³	Xylènes µg/Nm ³
Torchère 1								
Moyenne	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.
Torchère 2								
Moyenne	4	0,8	< L.D.	1,1	1,1	< L.D.	< L.D.	< L.D.
Torchère 5								
Moyenne	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.

L.D. : limite de détection fixée à 0,1 µg/m³

Ces résultats montrent les très faibles concentrations en COV dans les fumées des torchères ; la majorité des concentrations se situent en dessous de la limite de détection, fixée à 0,1 µg/m³. Ces valeurs très faibles confirment le bon rendement de combustion des différentes torchères installées sur le site de Mont-Saint-Guibert.

3 Troisième campagne de prélèvements (2005)

Deux des 13 moteurs ont été soumis aux différentes mesures : le moteur 5 (première génération) et le moteur 11 (installé en 2003).

3.1 Biogaz

❖ Composés majeurs et polluants organiques minéraux

Tableau 25 : Résultats des analyses des éléments majeurs du biogaz

Mont-St-Guibert – Entrée des moteurs : Composition du biogaz				
Dates de prélèvement	Moteurs	CH ₄ (%) Moy. Journ.	CO ₂ (%) Moy. Journ.	O ₂ (%) Moy. Journ.
7-avr-05	Moteur 5	47,2	36,9	0,9
8-avr-05	Moteur 5	46,4	36,6	1,1
11-avr-05	Moteur 5	48	36,8	1,5
12-avr-05	Moteur 11	49,9	37,7	0,8
13-avr-05	Moteur 11	49,5	37,9	0,9
14-avr-05	Moteur 11	48,6	37,1	1
Moyenne		48,3	37,2	1,0
Coeff. Var.		3%	1%	24%

La composition du biogaz produit par le C.E.T. de Mont-Saint-Guibert présente des teneurs en méthane, en dioxyde de carbone et en oxygène très stables au cours des différentes journées de mesures.

La concentration moyenne en CH₄ de 48 % permet un fonctionnement correct des unités de valorisation. Celle-ci est très stable dans le temps de même que celle en dioxyde de carbone. A noter que les teneurs en oxygène sont faibles et proches de la limite de détection, ce qui explique un coefficient de variation plus élevé.

La composition du biogaz en gaz majeurs est sensiblement la même que celle mesurée lors de nos précédentes campagnes.

❖ Composés organiques volatils (COV)

Tableau 26 : Résultats des analyses des COV du biogaz

Mont-Saint-Guibert - Entrée des moteurs : Composition du biogaz en COV								
Paramètres	Alcanes µg/Nm ³	Alcènes µg/Nm ³	Chlorés µg/Nm ³	BTEX µg/Nm ³	Benzène µg/Nm ³	Toluène µg/Nm ³	Ethylbenzène µg/Nm ³	Xylènes µg/Nm ³
Biogaz moteur 5								
Moyenne	67162	12136	7416	75735	4141	30793	8946	31856
C.V. (%)	7	6	12	6	8	5	6	8
Biogaz moteur 11								
Moyenne	70473	15924	7857	76651	4189	31311	8969	32182
C.V. (%)	10	30	12	4	7	4	5	6
Moy. générale	68818	14030	7636	76193	4165	31052	8957	32019
C.V. (%)	9	28	12	5	8	4	6	7

En ce qui concerne les composés organiques volatils, le biogaz du C.E.T. de Mont-Saint-Guibert présente des concentrations du même ordre de grandeur que celles mesurées sur des biogaz issus de différents C.E.T. de notre réseau. Ce sont les BTEX qui sont présents majoritairement avec une prédominance du benzène.

3.2 Moteurs

❖ Composés majeurs et polluants organiques minéraux

Tableau 27 : Résultats des analyses des éléments majeurs des fumées des moteurs 5 et 11

Composés majeurs sur le moteur 5					
Valeurs exprimées en mg/Nm ³ rapportées à 273 K, 101.3 kPa et 5 % d'O ₂ sur gaz sec (sauf (*))					
Date de prélèvement Période	7/04/2005 12h38->16h02	8/04/2005 11h12->14h40	11/04/2005 10h25->14h35	Moyenne	Norme
O ₂ (% v/v.sec) (*)	6,7	6,7	6,9	6,7	-
CO ₂ (% v/v.sec) (*)	12,4	12,7	12,6	12,6	-
NO (mg/Nm ³ .sec)	50	47	48	48	-
NO _x (mg/Nm ³ .sec)	167,2	170,0	173,8	170	500
CO (mg/Nm ³ .sec)	557	560	587	568	650
SO ₂ (mg/Nm ³ .sec)	65	63	62	63	-
CxHy (mg C/Nm ³ .sec)	922	965	979	955	-
Poussières (mg/Nm ³ .sec)					100

Composés majeurs sur le moteur 11					
Valeurs exprimées en mg/Nm ³ rapportées à 273 K, 101.3 kPa et 5 % d'O ₂ sur gaz sec (sauf (*))					
Date de prélèvement Période	12/04/2005 11h33->15h43	13/04/2005 11h12->14h36	14/04/2005 10h01->14h21	Moyenne	Norme
O ₂ (% v/v.sec) (*)	6,4	7,0	7,1	6,8	-
CO ₂ (% v/v.sec) (*)	12,7	12,4	12,2	12,5	-
NO (mg/Nm ³ .sec)	113	60	54	76	-
NO _x (mg/Nm ³ .sec)	302,5	216,2	177,4	232	500
CO (mg/Nm ³ .sec)	608	650	664	641	650
SO ₂ (mg/Nm ³ .sec)	67	63	67	66	-
CxHy (mg C/Nm ³ .sec)	676	888	925	830	-
Poussières (mg/Nm ³ .sec)					100

Les résultats obtenus tant sur le moteur 5 (ancienne génération) que le moteur 11 (nouvelle génération) sont similaires.

Les teneurs mesurées pour le monoxyde d'azote (NO), l'oxyde d'azote (NO_x) et le dioxyde de soufre (SO₂) sont très faibles ; les concentrations en NO_x sont largement inférieures à la norme imposée de 500 mg/Nm³ sec. Les valeurs oscillent entre 175 et 300 mg/Nm³sec pour le moteur 11 tandis que les valeurs sont plus constantes pour le moteur 5 (variation entre 167 et 173 mg/Nm³ sec).

Concernant le monoxyde de carbone (CO), la norme imposée est de 650 mg/Nm³ sec. Toutes les mesures effectuées sur le moteur 5 ont montré des valeurs inférieures à la norme. La moyenne est de 568 mg/Nm³ sec.

Le moteur 11 présente des concentrations en CO très proches de la valeur de 650 mg/Nm³sec avec un léger dépassement pour une des 3 journées de mesures. La moyenne des 3 jours d'investigation est de 641 mg/Nm³ sec ; elle reste donc inférieure à la norme.

Il est à noter que les teneurs en CO obtenues lors de cette campagne sont significativement inférieures à celles mesurées lors de la campagne 2001. A cette époque, la moyenne était de l'ordre de 800 mg/Nm³ sec.

Les valeurs en hydrocarbures sont plus faibles en 2005 que pour les mesures réalisées en 2001.

❖ Composés organiques volatils (COV)

Tableau 28 : Résultats des analyses des COV des fumées des moteurs 5 et 11

Composés organiques volatils sur le moteur 5								
Paramètres	Alcanes µg/Nm ³	Alcènes µg/Nm ³	Chlorés µg/Nm ³	BTEX µg/Nm ³	Benzène µg/Nm ³	Toluène µg/Nm ³	Ethylbenzène µg/Nm ³	Xylènes µg/Nm ³
Moyenne	56	42	23	73	72,5	0,5	< L.D.	< L.D.
C.V. (%)	44	32	29	29	29	9	-	-

Composés organiques volatils sur le moteur 11

Paramètres	Alcanes µg/Nm ³	Alcènes µg/Nm ³	Chlorés µg/Nm ³	BTEX µg/Nm ³	Benzène µg/Nm ³	Toluène µg/Nm ³	Ethylbenzène µg/Nm ³	Xylènes µg/Nm ³
Moyenne	50	49	24	147,2	145	1,8	0,1	0,3
C.V. (%)	29	30	10	14	14	74	-	63

L'analyse des composés en trace encore présents dans les fumées des deux moteurs montre des concentrations très faibles pour l'ensemble des paramètres, certaines étant proches voire en dessous de la limite de détection.

Les concentrations en alcanes et en alcènes (hydrocarbures non méthaniques) sont faibles par rapport à la quantité d'hydrocarbures totaux émises dans les fumées d'échappement, ce qui confirme que ces hydrocarbures sont essentiellement du méthane.

Connaissant les divers paramètres d'émission ainsi que les concentrations en méthane mesurées à la fois dans le biogaz et dans les fumées, il est possible de déterminer le rendement de destruction en conditions normales d'utilisation. Celui-ci est de 98,3% pour le moteur 5 et de 98 % pour le moteur 11, soit deux rendements similaires.

Cependant, ce raisonnement peut difficilement être appliqué à toutes les familles de produits organiques détectés à l'état de traces, en raison de l'apparition de composés chimiques durant le processus de combustion (acides, phénols, aldéhydes, ...).

Pour cette raison, on ne parlera plus de rendement de destruction pour ces familles mais bien de réduction de quantité émise (R.Q.E.) par rapport aux concentrations de départ dans le biogaz.

A titre d'indication, pour les BTEX, cette réduction est de l'ordre de 99,5% pour le moteur 5 et de 98,7 % pour le moteur 11. C'est le benzène qui présente la réduction des quantités émises la plus faible par rapport aux autres composés.

4 Quatrième campagne de prélèvements (2009)

La campagne sur le site s'est déroulée du 11 au 16 septembre 2009. Un seul moteur a fait l'objet de mesure, le moteur 5 (MAG5) de première génération, présent avant 2003, qui avait également été contrôlé par l'ISSeP en 2005.

4.1 Biogaz

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

❖ Composés majeurs et polluants organiques minéraux

Tableau 29 : Résultats des analyses des éléments majeurs du biogaz

	11 septembre 2009		14 septembre 2009		16 septembre 2009		Moyenne campagne 2009	Moyenne campagne 2005	Moyenne réseau
CH₄ moyen (%)	44,6		46,2		45,3		45,4	48,3	48
CO₂ moyen (%)	34,7		35,1		34,8		34,8	37,2	35
O₂ moyen (%)	1,5		1,4		1,6		1,5	1,0	1,3
H₂S (mg/Nm³) *	73	96	103	85	78	91	88	-	167

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

Le Tableau 29 ci-dessus reprend les résultats d'analyses des composés majeurs du biogaz réalisées par l'ISSeP durant la campagne de contrôle. Il permet également la comparaison des résultats obtenus en 2009 à ceux de 2005 et aux statistiques établies pour les C.E.T. du réseau valorisant le biogaz (voir rapport ISSeP 1634/2009 " Rapport annuel sur la qualité de l'air autour des C.E.T., première édition : 2009 ").

❖ Composés organiques volatils (COV)

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

❖ Composition du biogaz

La composition du biogaz a peu varié au cours des trois journées de mesures de septembre 2009. En moyenne, elle s'inscrit dans celle observée pour l'ensemble des biogaz du réseau de contrôle.

Par rapport à la campagne de 2005, une légère diminution de la concentration en CH₄ est observée dans le biogaz (45,4 % vs 48,3 %), conséquence probable d'une modification de la quantité et de la nature des déchets enfouis. Dans une plus faible mesure, la même tendance est constatée pour le CO₂. La valeur moyenne de la concentration en 2009 est redescendue pour atteindre celle du réseau.

Concernant la teneur en oxygène dans le biogaz, elle a augmenté d'un facteur 1,5 entre les deux campagnes de 2005 et 2009. Les deux valeurs restent néanmoins proches de la statistique établie pour le réseau.

Pour le sulfure d'hydrogène, une concentration moyenne de 88 mg/Nm³ a été déterminée sur base des 6 mesures effectuées durant les trois journées de septembre 2009. Cette concentration se situe en deçà des 167 mg/Nm³ obtenus en moyenne dans les biogaz produits par les C.E.T. wallons, vraisemblablement grâce à la succession d'étapes d'épuration du biogaz mise en place sur le site de Mont-Saint-Guibert. Ne disposant pas des teneurs en H₂S dans le biogaz brut (avant épuration), il est difficile d'évaluer l'abattement de ce polluant dans le biogaz.

Il est toutefois utile de mentionner que lors des deux autocontrôles de juin et décembre 2009, des concentrations beaucoup plus importantes ont été détectées par le laboratoire DCMS, de 260 et 280 mg/Nm³ respectivement. Elles sont du même ordre de grandeur que l'ensemble des valeurs habituellement mesurées dans le cadre des autocontrôles. Actuellement, l'ISSeP ne dispose malheureusement pas d'information sur d'éventuelles modifications des conditions épuratoires (changement de filtre, entretien, ...) qui permettraient de justifier de telles variations temporelles de la concentration en H₂S dans le biogaz.

La composition moyenne en COV du biogaz, déterminée sur base des résultats de juin et décembre du laboratoire DCMS, présente des concentrations en benzène relativement élevées par rapport à la statistique du réseau (de l'ordre de 50 % en plus). Cette constatation est corroborée par des concentrations également nettement plus élevées en BTEX dans le biogaz de Mont-Saint-Guibert (154 et 184 mg/Nm³ pour juin et décembre respectivement) que dans les autres biogaz du réseau (en moyenne: 46 mg/Nm³).

4.2 Moteurs

❖ Composés majeurs et polluants organiques minéraux

Tableau 30 : Résultats des analyses des éléments majeurs des fumées du moteur 5

	11 septembre 2009	14 septembre 2009	16 septembre 2009	Moyenne campagne 2009	Normes de référence	Moyenne réseau
Température moyenne (°C)	463	465	464	464	-	-
O ₂ (% v/v.sec)*	5,3	5,4	5,3	5,3	-	6,6
CO ₂ (% v/v.sec)*	13,3	13,3	13,5	13,4	-	12,5
NO (mg/Nm ³ .sec)	134	121	102	119	-	179
NO _x (mg/Nm ³ .sec)**	322	274	260	285	500	410
CO (mg/Nm ³ .sec)	483	481	484	483	650	690
SO ₂ (mg/Nm ³ .sec)	82	87	91	87	-	59
Hydrocarbures totaux (mg C/Nm ³ .sec)	652	711	725	696	-	620
Hydrocarbures méthaniques (mg C/Nm ³ .sec)	464	471	481	472	-	-
COV non méthaniques (mg C/Nm ³ .sec)	188	241	244	224	150	-

Valeurs rapportées à 273 °K, 1.013 hPa et 5 % d'O₂ sur gaz sec sauf *

** Exprimé en NO₂

❖ Composition des fumées du moteur

Globalement, la composition des fumées a peu varié au cours des trois journées de mesures de septembre. Les différences les plus notoires sont observées pour les paramètres tels que le NO, les NO_x et les hydrocarbures méthaniques et totaux, pour lesquels des différences de l'ordre de 20 % ont été relevées entre les différents jours de mesure.

Les normes de références imposées pour les NO_x et le CO sont respectées. Leurs concentrations sont clairement inférieures aux valeurs moyennes mesurées dans le cadre du réseau de contrôle.

Par contre, lors de cette campagne 2009, un dépassement significatif de la norme est constaté pour les hydrocarbures non méthaniques (224 mg/Nm³.sec vs 150 mg/Nm³.sec). Historiquement, sur base des campagnes ISSeP et des autocontrôles annuels disponibles depuis 2005, un tel pic de concentration n'a jamais été atteint. Bien que des fluctuations aient déjà été observées, avec des valeurs minimale et maximale de 7 et 96 mg/Nm³.sec, la concentration moyenne en hydrocarbures non méthaniques avoisine plutôt les 40 mg/Nm³.sec.

Il est difficile de se prononcer avec certitude quant à la raison d'un tel dépassement, d'autant plus qu'il ne correspond pas particulièrement à une défaillance technique du moteur (température conforme, absence d'anomalie pour les autres paramètres analysés). Il est plus vraisemblable que le problème trouve son origine dans un dysfonctionnement des techniques de dosage du CH₄ (analyseur en continu NDIR) et/ou des hydrocarbures totaux (analyseur en continu FID), dont les valeurs sont utilisées pour déduire les concentrations en hydrocarbures non méthaniques.

Afin de lever toute ambiguïté relative à d'éventuels dépassements, un suivi des mesures réalisées dans le cadre des autocontrôles devra être assuré et, au besoin, les mesures correctrices qui s'imposent devront être prises.

En conclusion, hormis la problématique des hydrocarbures non méthaniques, on peut considérer qu'en conditions normales d'utilisation le moteur assure une bonne destruction des différents composés du biogaz.

AUTOCONTRÔLES (DONNEES SHANKS/DCMS)

1 Contexte

Deux moteurs, parmi les treize existants, sont contrôlés annuellement. Les résultats sont présentés ci-dessous (Tableau 31); seuls sont repris les paramètres pour lesquels des normes de référence sont stipulées dans l'autorisation.

2 Evolution temporelle de la composition des fumées du moteur

L'ISSeP dispose des analyses d'autocontrôles (réalisées par le laboratoire DCMS) des fumées des moteurs valorisant le biogaz produit à Mont-Saint-Guibert depuis septembre 2006.

Depuis lors, aucun dépassement des valeurs limites pour les paramètres normés n'a été observé sur les 6 moteurs ayant fait l'objet d'analyses.

Tableau 31 : Fumées du moteur – évolution temporelle (Shanks/DCMS)

	Moteur	NOx (mg NO ₂ /Nm ³ .sec)	CO (mg/Nm ³ .sec)	Hydrocarbures non méthaniques (mg C/Nm ³ .sec)
Normes de référence		500	650	150
11 septembre 2006	11	293	559	96
12 septembre 2006	1	314	581	66
24 septembre 2007	12	402	540	38
25 septembre 2007	6	325	517	35
06 octobre 2008	8	398	533	7
08 octobre 2008	10	331	509	11

Valeurs rapportées à 273 °K, 1013 hPa et 5 % d'O₂ sur gaz sec

Vu le nombre d'unités de valorisation, il est impossible de réaliser un suivi annuel d'une de celles-ci et donc d'évaluer l'évolution temporelle de la qualité de ses fumées. Cependant, au vu des résultats présentés au Tableau 31, il semble que les émissions des moteurs dans leur globalité soient maîtrisées et en conformité avec les prescriptions légales.