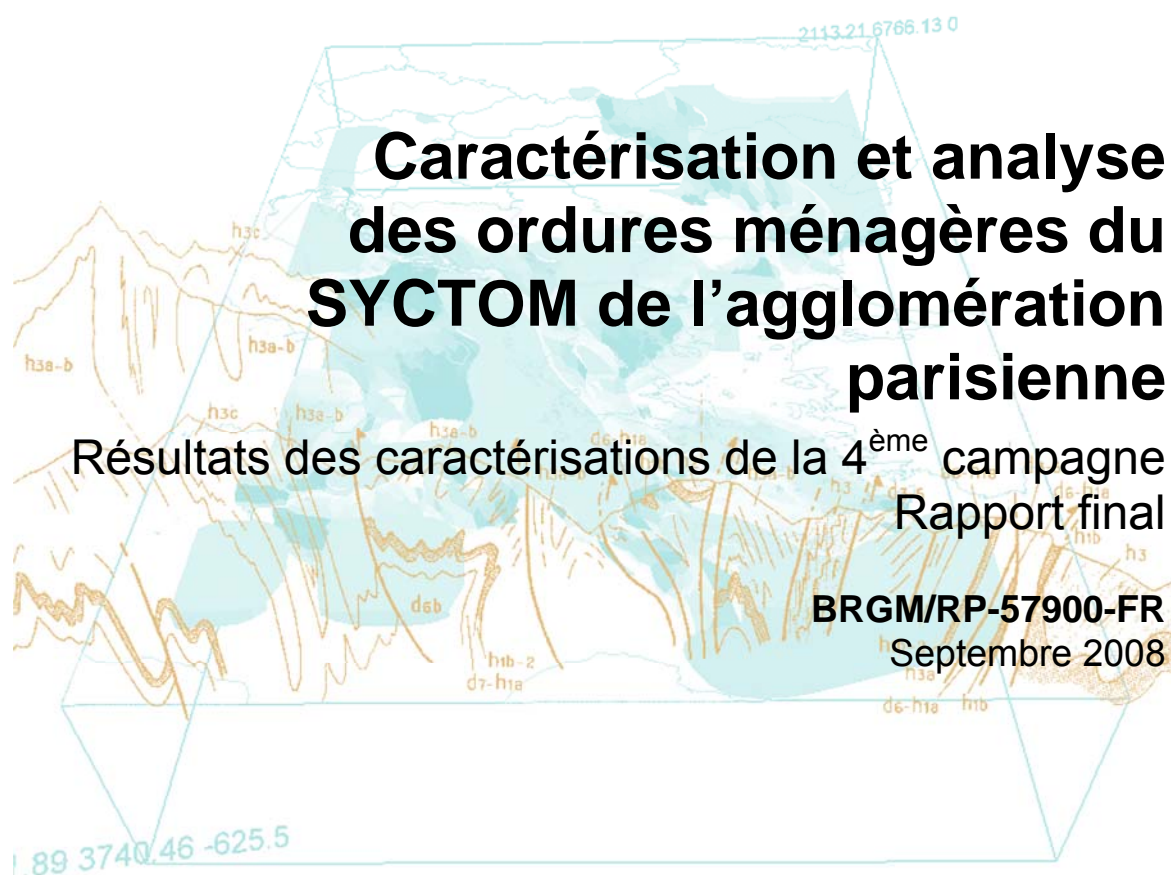


Document confidentiel



Document confidentiel

Caractérisation et analyse des ordures ménagères du SYCTOM de l'agglomération parisienne

Résultats des caractérisations de la 4^{ème} campagne
Rapport final

BRGM/RP-57900-FR
Septembre 2008

Étude réalisée dans le cadre du
marché OM 06 91 096

Ph. Wavrer, B. Jourdan, Y. Ménard, P. Chassary

Avec la collaboration de
M. Gamet.

Vérificateur :

Nom : G. BELLENFANT

Date :

Signature :

Approbateur :

Nom : H. GABORIAU

Date :

Signature :

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

Mots clés : Déchets ménagers, Caractérisation, Modecom, Tri, Analyses, Potentiel méthanogène.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Ph. Wavrer, B. Jourdan, Y. Ménard, P. Chassary, Caractérisation et analyse des ordures ménagères du SYCTOM de l'Agglomération parisienne, Résultats des caractérisation de la campagne n°4, Rapport final, BRGM/RP-57900-FR, Septembre 2008.

Synthèse

Dans le cadre d'une étude initiée en novembre 2006, le SYCTOM de l'Agglomération Parisienne souhaitait affiner sa connaissance des flux entrants et sortants de ses différents centres de transfert et de traitement des ordures ménagères, en vue notamment d'apprécier la performance des filières de valorisation matière et énergie, définir des actions de prévention et de tri et suivre l'impact de la collecte sélective sur la composition des ordures ménagères résiduelles. Dans ce contexte, le SYCTOM a confié au BRGM une étude étalée sur une durée d'environ deux ans, comprenant :

- l'échantillonnage, la caractérisation et la réalisation d'analyses élémentaires des ordures ménagères résiduelles (OMr) des bassins versants du centre de transfert d'OMr de Romainville et de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine. Sur la durée de l'étude, quatre campagnes d'échantillonnage et de caractérisation étaient prévues : deux sur le site d'Ivry-sur-Seine et deux sur le site de Romainville, prenant en compte fois six échantillons d'OMr (soit un total de 24 échantillons),
- la détermination du pouvoir méthanogène des OMr.

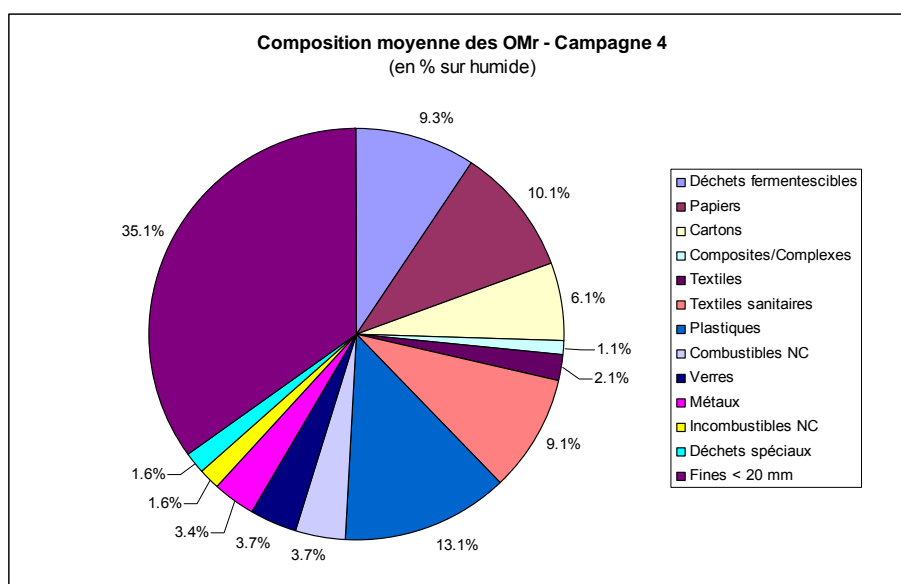
Ce quatrième et dernier rapport concerne les résultats de la quatrième campagne de caractérisation qui a consisté, courant mai 2008, en la réalisation des opérations suivantes :

- un échantillonnage dans les règles de l'art de six bennes d'OMr des communes de Vitry-sur-Seine, Montrouge, Paris 5^{ème}, Paris 14^{ème}, Maisons-Alfort et Villejuif sur l'unité d'incinération des ordures ménagères (UIOM) d'Ivry-sur-Seine, de façon à constituer des échantillons représentatifs de la benne d'origine et destinés au tri ;
- un tri des six échantillons constitués, en vue de déterminer la composition de chacun d'entre eux en catégories/sous-catégories MODECOMTM. Le tri a été réalisé en respect avec la norme AFNOR X30-466 concernant la caractérisation sur sec des déchets ménagers ;
- à partir des six échantillons triés, la constitution d'échantillons secondaires pour la réalisation d'analyses élémentaires (correspondant à des analyses bio-physico-chimiques), la détermination du pouvoir calorifique et la détermination du potentiel méthanogène, en considérant des catégories MODECOMTM, des fractions granulométriques ou des échantillons « globaux ».

En termes de composition des OMr, les différences les plus sensibles par rapport aux campagnes précédentes concernent les « Fines < 20 mm » dont la teneur est affectée d'une forte augmentation (on passe de 24% sur humide environ lors des deux premières campagnes, à 28.5% sur la troisième – à Romainville – et à plus de 35% lors de la dernière). Cette augmentation de la teneur en fines au sein des OMr est corrélée à une augmentation, certes moins marquée, de la teneur en « Déchets fermentescibles » pour lesquels on atteint ici une valeur de 9.3% sur humide.

A *contrario*, les « Papiers », les « Textiles sanitaires » et à un degré moindre les « Incombustibles non classés » montrent sur cette quatrième campagne une baisse de leur teneur par rapport à ce qui a été déterminé sur les campagnes précédentes.

Avant toute interprétation hâtive, on rappellera que chaque campagne a consisté en la caractérisation de six bennes, ce qui, au regard de la représentativité par rapport au gisement global, ne peut être considéré comme suffisant. La composition moyenne déduite à chaque fois des résultats obtenus sur les six bennes constitue néanmoins une bonne indication de la composition des OMr et ce, d'autant plus qu'on l'associe aux écarts-types déterminés pour chaque catégorie.



En ce qui concerne les analyses bio-physico-chimiques, là encore on ne montre pas, sur cette campagne, de différence fondamentale par rapport aux campagnes précédentes, notamment au regard des analyses biologiques (salmonelles) ou élémentaires.

En revanche, il a été décidé, en concertation avec le SYCTOM de l'Agglomération parisienne, d'augmenter fortement les répétitions des mesures de PCI sur l'ensemble des catégories : un total de **55 analyses** de détermination du PCI a ainsi été réalisé.

Sur la base des valeurs obtenues, on détermine pour cette dernière campagne, une valeur de PCI pour l'échantillon global de 2 204 cal/gMH (avec un écart-type de 435 cal/gMH). Cette valeur moyenne est inférieure à celles déterminées lors des trois campagnes précédentes.

Catégories	Campagne 4 - Ivry			Campagne 3 - Romainville		
	Moyennes % sur humide	Ecart-types % sur humide	Ecart-types Relatifs	Moyennes % sur sec	Ecart-types % sur sec	Ecart-types Relatifs
Déchets fermentescibles	9.3%	5.3%	56%	7.9%	4.3%	54%
Papiers	10.1%	2.6%	26%	14.2%	6.3%	44%
Cartons	6.1%	1.5%	25%	5.8%	1.4%	24%
Composites/Complexes	1.1%	0.2%	16%	1.2%	0.3%	29%
Textiles	2.1%	0.8%	40%	3.2%	1.6%	49%
Textiles sanitaires	9.1%	2.6%	28%	11.8%	3.9%	33%
Plastiques	13.1%	1.1%	9%	11.3%	1.7%	15%
Combustibles NC	3.7%	1.5%	40%	4.2%	2.8%	67%
Verres	3.7%	1.5%	41%	5.7%	1.3%	23%
Métaux	3.4%	1.0%	28%	2.9%	0.6%	19%
Incombustibles NC	1.6%	0.9%	54%	1.5%	0.9%	57%
Déchets spéciaux	1.6%	1.1%	68%	1.7%	1.2%	68%
Fines < 20 mm	35.1%	4.4%	13%	28.5%	8.1%	28%
Total	100%			100%		

Total Déchets putrescibles*	57.0%	4.8%	8%	59.1%	4.3%	7%
Total Déchets non putrescibles	43.0%	4.8%	11%	40.9%	4.3%	10%

Catégories	Campagne 2 - Ivry			Campagne 1 - Romainville		
	Moyennes % sur humide	Ecart-types % sur humide	Ecart-types Relatifs	Moyennes % sur humide	Ecart-types % sur humide	Ecart-types Relatifs
Déchets fermentescibles	8.8%	1.3%	15%	7.8%	3.1%	40%
Papiers	16.5%	4.4%	27%	16.4%	4.4%	27%
Cartons	7.5%	1.7%	23%	7.3%	1.7%	23%
Composites/Complexes	1.4%	0.6%	40%	1.2%	0.2%	19%
Textiles	1.8%	1.3%	71%	3.4%	2.2%	66%
Textiles sanitaires	10.2%	1.7%	17%	13.1%	5.6%	43%
Plastiques	13.1%	2.6%	20%	11.9%	1.4%	12%
Combustibles NC	4.6%	1.5%	33%	1.7%	0.8%	44%
Verres	5.6%	1.1%	19%	4.5%	1.0%	22%
Métaux	3.4%	0.7%	20%	3.3%	1.3%	40%
Incombustibles NC	2.2%	1.0%	46%	3.7%	3.6%	98%
Déchets spéciaux	1.2%	1.3%	103%	1.0%	0.6%	61%
Fines < 20 mm	23.6%	5.2%	22%	24.6%	3.7%	15%
Total	100%			100%		

Total Déchets putrescibles*	59.8%	3.8%	6%	62.7%	3.6%	6%
Total Déchets non putrescibles	40.2%	3.8%	10%	37.3%	3.6%	10%

* On considère comme Déchets putrescibles les catégories : "Déchets fermentescibles", "Papiers", "Cartons", Textiles Sanitaires et une partie des "Fines < 20 mm"

*Comparaison de la composition moyenne sur humide des OMr
des quatre campagnes de caractérisation*

Sommaire

1. Introduction	17
2. Echantillonnage sur site	19
2.1. INTRODUCTION	19
2.2. MODE OPERATOIRE.....	19
2.3. RESULTATS.....	21
3. Séchage - tri	23
3.1. INTRODUCTION	23
3.2. SECHAGE - DETERMINATION DES HUMIDITES	23
3.3. CRIBLAGES DE LA FRACTION < 350 mm	24
3.4. TRIS - RESULTATS	26
3.4.1. Présentation des résultats	26
3.4.2. Teneur en métaux ferreux/non ferreux des « Déchets spéciaux »	33
3.4.3. Comparaison des compositions moyennes des OMr des quatre campagnes	34
3.4.4. Répartition des catégories en fonction de la fraction granulométrique	39
3.4.5. 46	
3.4.6. Composition moyenne des différentes fractions granulométriques	46
4. Analyses bio-physico-chimiques	51
4.1. NATURE DES ANALYSES	51
4.2. PREPARATION DES ECHANTILLONS POUR ANALYSES	52
4.2.1. Echantillons du groupe 1 (analyses biologiques)	52
4.2.2. Echantillons des groupes 2, 3 et 4 (analyses élémentaires, PCI et potentiel méthanogène)	52
4.2.3. Liste des échantillons préparés pour analyses	52
4.3. REFERENCES NORMATIVES ET PROTOCOLES D'ANALYSES	53
4.4. RESULTATS DES ANALYSES BIOLOGIQUES (GROUPE 1)	54

4.5. RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES (GROUPE 2)	55
4.5.1. Préambule : éléments méthodologiques sur les calculs	55
4.5.2. Composition physico-chimique moyenne par catégorie.....	58
4.5.3. Composition chimique moyenne de l'échantillon global.....	112
4.5.4. Composition chimique moyenne pour un échantillon-type putrescible ..	116
4.6. RESULTATS DES ANALYSES DE DETERMINATION DU POUVOIR CALORIFIQUE INFÉRIEUR (GROUPE 3).....	121
4.6.1. Introduction	121
4.6.2. Résultats des mesures.....	121
4.6.3. Estimation de la contribution des catégories à la variabilité du PCI.....	122
4.6.4. Echantillon global	124
4.6.5. Synthèse des valeurs de PCI	126
5. Détermination du potentiel méthanogène	128
5.1. MATERIEL ET METHODES	128
5.1.1. Matériel de fermentation	128
5.1.2. Protocole expérimental	129
5.1.3. Traitement des résultats expérimentaux	130
5.1.4. Expérimentation	132
5.2. RESULTATS	136
5.2.1. Caractérisation des substrats.....	136
5.2.2. Potentiels méthanogènes des ordures ménagères.....	137
5.2.3. Production de biogaz brut	141
5.2.4. Potentiel méthanogène global.....	141
5.3. CONCLUSION	143
6. Conclusion.....	145
7. Bibliographie	205

Liste des figures

Figure 1 : Vue aérienne de l'Unité d'Incinération des Ordures Ménagères résiduelles d'Ivry-sur-Seine (source : www.syctom-paris.fr , cliché de mars 2007).....	18
Figure 2 : Schéma méthodologique des opérations d'échantillonnage sur site	20
Figure 3 : Composition moyenne des OMr de la Campagne 4 (en % sur sec)	30
Figure 4 : Composition moyenne des OMr de la Campagne 4 (en % sur humide).....	33
Figure 5 : Répartition des Fermentescibles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	40
Figure 6 : Répartition des Papiers (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	41
Figure 7 : Répartition des Cartons (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	41
Figure 8 : Répartition des Composites (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	42
Figure 9 : Répartition des Textiles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	42
Figure 10 : Répartition des Textiles sanitaires (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	43
Figure 11 : Répartition des Plastiques (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	43
Figure 12 : Répartition des Combustibles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	44
Figure 13 : Répartition du Verre (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	44
Figure 14 : Répartition des Métaux (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	45
Figure 15 : Répartition des Incombustibles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	45
Figure 16 : Répartition des Déchets spéciaux (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	46
Figure 17 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction < 20 mm.....	47
Figure 18 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction 20-50 mm.....	48
Figure 19 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction 50-100 mm.....	48
Figure 20 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction 100-350 mm.....	49
Figure 21 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction > 350 mm.....	49
Figure 22 : Taux d'humidité (ajustés et pondérés) des catégories MODECOM TM classés par ordre décroissant	56
Figure 23 : Sous-catégorie 7.3 « bouteilles et flacons en PET incolore/transparent » ; Fraction granulométrique 50-100 mm ; échantillon Maisons-Alfort	85

Figure 24 : Sous-catégorie 7.5 « autres emballages plastiques » ; Fraction granulométrique 50-100 mm ; échantillon Maisons-Alfort	85
Figure 25 : Sous-catégorie 10.1 « métaux ferreux » ; Fraction granulométrique 100-350 mm ; échantillon Maisons-Alfort.	98
Figure 26 : Sous-catégorie 10.1 « métaux ferreux » ; Fraction granulométrique 100-350 mm ; échantillon Montrouge.	98
Figure 27 : Sous-catégorie 11 « Incombustibles » ; Fraction granulométrique 20-50 mm ; échantillon Maisons-Alfort.	103
Figure 28 : Calage des mesures PCI de l'échantillon-type « Global » avec une loi normale de moyenne = 1 436 cal/gMH et d'écart-type = 348 cal/gMH.	124
Figure 29 : Classement par valeur décroissante des PCI mesurés sur les différentes catégories de déchets.....	127
Figure 30 : Schéma de principe du suivi expérimental.....	130
Figure 31 : Photographie de l'échantillon 0-20 mm.....	132
Figure 32 : Photographie de l'échantillon 20-50 mm.....	133
Figure 33 : Photographie de l'échantillon 50-100 mm.....	133
Figure 34 : Photographie de l'échantillon > 100 mm.....	134
Figure 35 : Photographie de l'échantillon « Matières Putrescibles»	134
Figure 36 : Photographie de l'échantillon « Echantillon Global»	135
Figure 37 : Potentiels méthanogènes des 4 campagnes (valeurs en Nm ³ CH ₄ /t MS)	143

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des informations relatives aux prélèvements des échantillons	22
Tableau 2 : Masses sèches et humidités des différentes fractions.....	23
Tableau 3 : Résultats du criblage de la fraction < 350 mm (en kg sur sec)	24
Tableau 4 : Résultats du criblage de la fraction < 350 mm (en % sur sec).....	24
Tableau 5 : Composition granulométrique des OMr.....	25
Tableau 6 : Composition détaillée moyenne (en % sur sec) des OMr de la 4 ^{ème} campagne	27
Tableau 7 : Composition détaillée (en % sur sec) des OMr de la 4 ^{ème} campagne Moyennes, valeurs min et max.....	28
Tableau 8 : Composition moyenne (en % sur sec) des OMr de la 4 ^{ème} campagne	29
Tableau 9 : Part de fermentescibles dans les fines < 20 mm (en % sur sec)	30
Tableau 10 : Compositions des OMr de la 4 ^{ème} campagne, recalculées en % sur humide	32

Tableau 11 : Teneur en métaux ferreux et non ferreux de la catégorie « Déchets spéciaux »	33
Tableau 12 : Comparaison de la composition moyenne sur sec des OMr des quatre campagnes.....	36
Tableau 13 : Comparaison de la composition moyenne sur humide des OMr des quatre campagnes.....	37
Tableau 14 : Compositions moyennes (sur sec) des OMr par site de traitement et sur l'ensemble de la l'étude.....	38
Tableau 15 : Compositions moyennes (sur humide) des OMr par site de traitement et sur l'ensemble de la l'étude.....	38
Tableau 16 : Liste des prestataires en charge de la réalisation des analyses	51
Tableau 17 : Liste des échantillons préparés pour analyses.....	53
Tableau 18 : Résultats des analyses de dénombrement des salmonelles.....	54
Tableau 19 : Humidités ajustées et pondérées des catégories MODECOM™ des OMr	56
Tableau 20 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Fermentescibles »	59
Tableau 21 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Fermentescibles » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051	61
Tableau 22 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Papiers »	63
Tableau 23 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Papiers » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051	65
Tableau 24 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Cartons »	67
Tableau 25 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Cartons » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051	69
Tableau 26 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Composites »	71
Tableau 27 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Composites » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051	73
Tableau 28 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Textiles »	75
Tableau 29 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Textiles » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051	77
Tableau 30 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Textiles Sanitaires »	79
Tableau 31 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Textiles Sanitaires » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051.....	81
Tableau 32 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Plastiques »	83
Tableau 33 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Plastiques » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051	86

Tableau 34 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Combustibles NC »	88
Tableau 35 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Combustibles NC » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051	90
Tableau 36 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Verres »	92
Tableau 37 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Verres » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051	94
Tableau 38 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Métaux »	96
Tableau 39 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Métaux » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051	99
Tableau 40 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Incombustibles NC »	101
Tableau 41 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Incombustibles NC » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051	104
Tableau 42 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Déchets Spéciaux »	106
Tableau 43 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Eléments Fins »	109
Tableau 44 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Eléments Fins » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051	111
Tableau 45 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons globaux	113
Tableau 46 : Comparaison entre les résultats d'analyses des échantillons globaux et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051	115
Tableau 47 : Composition massique moyenne de l'échantillon-type Putrescible	116
Tableau 48 : Composition physico-chimique moyenne d'un échantillon-type Putrescible (par calcul)	117
Tableau 49 : Comparaison entre les résultats d'analyses de l'échantillon-type Putrescible et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051	119
Tableau 50 : Valeurs de PCI mesurées sur les différentes catégories de déchets	122
Tableau 51 : Tableau récapitulatif des valeurs de PCI obtenues	126
Tableau 52 : Composition moyenne des échantillons (% MS, moyenne sur la campagne)	136
Tableau 53 : Valeurs moyennes en MS et MSV des échantillons	136
Tableau 54 : Proportions de biodéchets dans les échantillons	137
Tableau 55 : Potentiels méthanogènes des échantillons (campagne 4)	137
Tableau 56 : Potentiels méthanogènes des échantillons (comparatif des 4 campagnes, valeurs exprimées en $\text{Nm}^3 \text{CH}_4 / \text{t MS}$)	138

Tableau 57 : Potentiels méthanogènes des échantillons (campagne 4 ; valeurs exprimées en fonction de la MSV et de la quantité de biodéchets).....	139
Tableau 58 : Potentiels méthanogènes des échantillons (comparatif des 4 campagnes ; valeurs exprimées en fonction de la MSV)	140
Tableau 59 : Potentiels méthanogènes des échantillons (comparatif des 4 campagnes ; valeurs exprimées en fonction de la quantité de biodéchets).....	140
Tableau 60 : Potentiel méthanogène global (campagne 4)	141
Tableau 61 : Potentiel méthanogène global (comparatif des 4 campagnes)	142

Liste des annexes

Annexe 1 Fiches détaillées des prélèvements.....	147
Annexe 2 Liste des catégories et sous-catégories retenues pour les tris	155
Annexe 3 Composition détaillée (en % sur sec) des OMr issues des communes étudiées.....	159
Annexe 4 Composition détaillée (en g sur sec) des OMr issues des communes étudiées.....	169
Annexe 5 Humidités moyennes par catégorie	177
Annexe 6 Liste détaillée des échantillons préparés pour analyses bio-physico-chimiques	181
Annexe 7 Résultats des analyses physico-chimiques	187
Annexe 8 Calage des mesures de PCI.....	191
Annexe 9 Cinétiques de production de méthane (<i>en NL de biogaz et de CH₄</i>) pour chaque échantillon, en fonction de la quantité de MS (<i>en kg</i>).....	199

Liste des abréviations

AFNOR :	Association Française de Normalisation
BOM :	Benne à Ordures Ménagères
CEN :	Comité Européen de Normalisation
CT :	Carbone Total
CH ₄ :	Méthane
CIT :	Carbone Inorganique Total
CO ₂ :	Gaz carbonique
COT :	Carbone Organique Total
CTO	Composés Trace Organiques
ERR :	Erreur
ETM :	Eléments Traces Métalliques
FFOM :	Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères
HAP :	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HPLC :	Chromatographie liquide haute performance
ISO :	Organisation internationale de normalisation
IR :	Infrarouge
JO :	Journal Officiel
LSEHL :	Laboratoire SANTE ENVIRONNEMENT HYGIENE DE LYON
MODECOM™ :	Méthode de Caractérisation des Ordures Ménagères
MH :	Matière humide
MS :	Matière sèche
OM :	Ordures Ménagères
OMR :	Ordures ménagères Résiduelles
PE :	Polyéthylène
PCB :	Polychlorobiphényles
PCI :	Pouvoir Combustible Inférieur
PCS :	Pouvoir Combustible Supérieur
UIOM :	Usine d'Incinération des Ordures Ménagères
UV :	Ultraviolet

1. Introduction

Le SYCTOM de l'Agglomération Parisienne souhaite affiner sa connaissance des flux entrants et sortants de ses centres de transfert et de traitement des ordures ménagères, afin d'apprécier la performance des filières de valorisation matière et énergie, définir des actions de prévention et de tri et suivre l'impact de la collecte sélective sur la composition des ordures ménagères résiduelles et des mâchefers.

Le présent marché s'insère dans le contexte général des projets du SYCTOM de l'Agglomération Parisienne visant à réaménager et transformer tout ou partie des installations existantes pour améliorer la récupération matière et énergie.

Dans ce cadre, le SYCTOM a confié au BRGM une étude qui consiste en :

- l'échantillonnage, la caractérisation et la réalisation d'analyses élémentaires des ordures ménagères résiduelles (OMr) des bassins versants du centre de transfert d'OMr de Romainville et de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine. Sur la durée de l'étude, quatre campagnes d'échantillonnage et de caractérisation sont prévues : deux sur le site de Romainville et deux sur le site d'Ivry-sur-Seine, permettant à chaque fois d'étudier six échantillons d'OMr (soit un total de 24 échantillons),
- la détermination du pouvoir méthanogène des OMr.

Trois campagnes ont déjà réalisées : la première et la troisième sur le site du centre de transfert d'ordures ménagères résiduelles de Romainville, en novembre-décembre 2006 et novembre 2007 et la deuxième sur le site de l'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères d'Ivry-sur-Seine en mars 2007.

Elles ont fait l'objet de trois rapports de campagne intitulés respectivement « *Caractérisation et analyse de ordures ménagères du SYCTOM – Rapport de la 1^{ère} campagne* », référence BRGM/RP-55450-FR de Mars 2007, « *Caractérisation et analyse des ordures ménagères du SYCTOM, Rapport de la 2^{ème} campagne* », référence BRGM/RP-55586-FR de Juin 2007 et « *Caractérisation et analyse des ordures ménagères du SYCTOM, Rapport de la 3^{ème} campagne* », référence BRGM/RP-56249-FR de Mars 2008.

Le présent rapport concerne la quatrième et dernière campagne dont les prélèvements se sont déroulés sur le l'usine d'incinération des OMr d'Ivry-sur-Seine.

Construit en 1969 et modernisé en 1997, l'UIOM (ou centre de valorisation énergétique) d'Ivry-sur-Seine réceptionne les collectes traditionnelles (ordures ménagères résiduelles) de plus de 1,4 million d'habitants. Il peut valoriser jusqu'à 100 tonnes de déchets à l'heure, ce qui représente une capacité de 730 000 tonnes par an.

14 communes et de 4 à 10 arrondissements parisiens déversent leurs collectes traditionnelles dans ce centre :

Banlieue : Cachan, Charenton-le-Pont, Gentilly, Ivry-sur-Seine, Joinville-le-Pont, Le Kremlin-Bicêtre, **Montrouge**, Saint-Mandé, Saint-Maurice, **Villejuif**, Vincennes, **Vitry-sur-Seine**, **Maisons Alfort** et Valenton.

Paris : les 1^{er}, **5^{ème}**, 6^{ème}, 11^{ème}, 13^{ème} et **14^{ème}** arrondissements et une partie des 2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème}, 16^{ème} et 20^{ème} arrondissements.



Figure 1 : Vue aérienne de l'Unité d'Incinération des Ordures Ménagères résiduelles d'Ivry-sur-Seine (source : www.syctom-paris.fr, cliché de mars 2007)

Le SYCTOM étudie une profonde transformation du centre d'incinération avec valorisation énergétique d'Ivry-sur-Seine, d'ici à 2015, avec l'adoption de nouvelles techniques de valorisation (méthanisation) permettant de limiter l'incinération.

2. Echantillonnage sur site

2.1. INTRODUCTION

Les prélèvements des six échantillons de cette deuxième campagne ont été réalisés sur le site de l'usine d'incinération des OMr d'Ivry-sur-Seine en trois jours, deux échantillons étant prélevés à chaque fois. Le calendrier prévisionnel et les communes sélectionnées par le SYCTOM pour être échantillonnées étaient les suivants :

- Vendredi 16 mai 2008 : Vitry-sur-Seine, Montrouge
- Mercredi 21 mai 2008 : Paris 5^{ème}, Paris 14^{ème}
- Mardi 27 mai 2008 : Maisons-Alfort, Villejuif.

Comme pour les trois premières campagnes, la méthode de caractérisation des OMr retenue est la méthode sur sec (norme AFNOR X30-466), l'objectif de cette phase d'échantillonnage sur site étant de prélever dans les règles de l'art des échantillons d'environ 125 kg représentatifs des bennes sélectionnées.

2.2. MODE OPERATOIRE

Le mode opératoire mis en œuvre pour le prélèvement des échantillons lors de cette troisième campagne étant strictement identique à celui des précédentes, on se reportera au rapport BRGM/RP-55450-FR de Mars 2007 pour en connaître les détails.

Pour mémoire, la Figure 2 suivante reprend de façon schématique l'ensemble des opérations mises en œuvre lors de l'étape de prélèvement sur site.

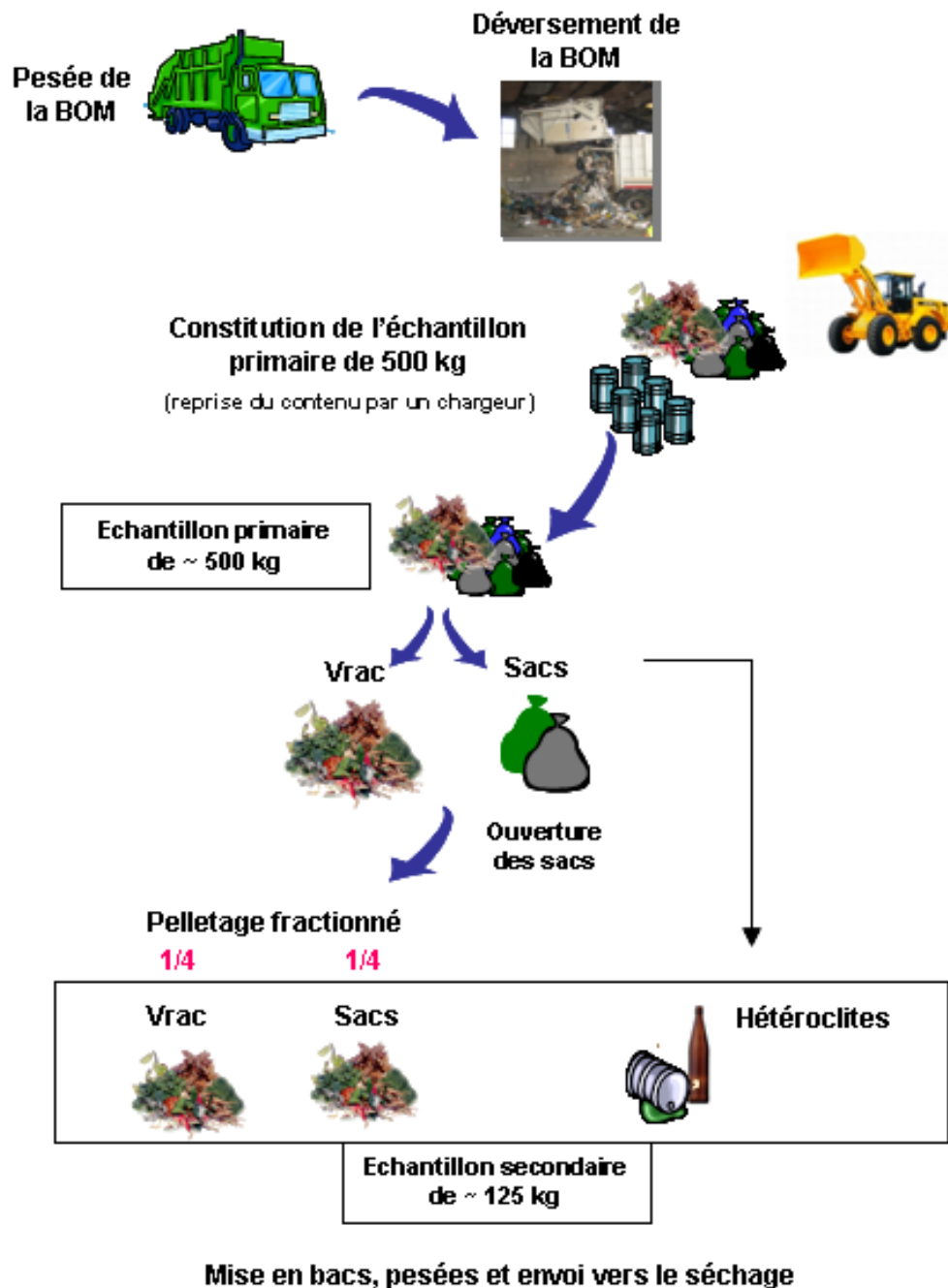


Figure 2 : Schéma méthodologique des opérations d'échantillonnage sur site

2.3. RESULTATS

Le Tableau 1 suivant présente pour chacune des six bennes échantillonnées les éléments caractérisant les conditions dans lesquelles le prélèvement a été réalisé, ainsi que les différentes masses de chacune des fractions identifiées lors du tri primaire réalisé sur site.

Le rapport d'échantillonnage de la fraction gardée pour le tri y a également été reporté ; en théorie, au regard de la méthode mise en œuvre, il correspond à environ $\frac{1}{4}$ de la masse échantillonnée sur la BOM, moins les hétéroclites qui sont conservés en totalité.

Le détail des fiches pour chacun des prélèvements est reporté en annexes.

A partir de ce Tableau 1, les points suivants sont mis en évidence :

- la proportion massique moyenne d'hétéroclites déterminée au sein des échantillons primaires de masse d'environ 500 kg est de 10.1%. Les valeurs relevées pour chacune des six bennes échantillonnées varient entre 8.0% et 11.9%, respectivement pour Paris 14^{ème} et Villejuif.

pour mémoire, la proportion moyenne d'hétéroclites relevée lors de la précédente campagne sur l'UIOM d'Ivry était de 10.8% avec des valeurs comprises entre 8.5% et 15.0%.

- la proportion massique moyenne des OMr en sacs est de 47.3%, soit moins que la précédente campagne réalisée à Ivry (56.1%). Sur les six échantillons constitués les teneurs d'OMr en sacs varient en fait entre 31.8% (Villejuif) et 59.8% (Vitry-sur-Seine), soit une fourchette de variation sensiblement comparable aux deux campagnes précédentes.

Campagne n°4 - Prélèvements sur site	Vitry sur Seine	Montrouge	Paris 5ème	Paris 14ème	Maison Alfort	Villejuif
Date	16-mai-08	16-mai-08	21-mai-08	21-mai-08	27-mai-08	27-mai-08
Météo	Beau, sec, 15°C	Beau, sec, 15°C	15°C, soleil, sec	15°C, soleil, sec	Humide ; brouillard ; pluie dans la nuit ; 16°C	Humide ; brouillard ; pluie dans la nuit ; 16°C
Heure	8h15	8h45	8h05	8h20	8h40	9h00
Immatriculation benne	3140 TK 94	678 DPY 92	841 QDD 75	977 PEA 75	404 FCV 92	695 FML 92
Collecte	Vitry sur Seine	Montrouge	Paris 5ème	Paris 14ème	Maison Alfort	Villejuif
Observations						
Masse benne pleine (kg)	20 440	20 100	15 380	13 860	25 140	25 940
Masse benne vide (kg)	12 600	11 800	11 920	8 900	15 360	16 320
Masse déchets (kg)	7 840	8 300	3 460	4 960	9 780	9 620
☛ Prélèvement total Echantillon primaire (kg)	498.4	502.3	526.4	507.1	507.7	524.0
☛ Tri au sol Hétéroclites (kg)	46.3	50.9	59.2	40.4	50.7	62.3
% Hétéroclites/r éch. primaire	9.3%	10.1%	11.2%	8.0%	10.0%	11.9%
Masse OMr gardées (environ 1/4) (kg)	102.6	93.5	99.4	98.9	107.3	116.0
Dont Fraction "Sacs" (kg)	61.4	45.8	47.4	55.1	42.7	36.9
% "sacs"/r éch. secondaire	59.8%	49.0%	47.7%	55.7%	39.8%	31.8%
Dont Fraction "Vrac" (kg)	41.2	47.7	52.0	43.8	64.6	79.2
% "vrac"/r éch. secondaire	40.2%	51.0%	52.3%	44.3%	60.2%	68.2%
Total pour séchage et tri (kg)	148.9	144.4	158.6	139.3	158.0	178.3
Masse rejetée en fosse (kg)	349.4	357.9	367.9	367.9	349.8	345.7
Rapport d'échantillonnage du quart retenu	0.23	0.21	0.21	0.21	0.23	0.25

Tableau 1 : Synthèse des informations relatives aux prélèvements des échantillons

3. Séchage - tri

3.1. INTRODUCTION

On rappelle ici que, pour éviter l'évolution des déchets échantillonnés, la méthode de caractérisation sur sec des déchets ménagers implique de sécher rapidement l'intégralité de l'échantillon constitué. L'humidité déterminée consiste en l'humidité globale des OMr qui pourra être utilisée pour recalculer l'humidité catégorie par catégorie. Après le séchage, les opérations suivantes consistent en un criblage des déchets puis en un tri selon les catégories et sous-catégories préalablement définies.

3.2. SECHAGE - DETERMINATION DES HUMIDITES

Les six échantillons ont été séchés en étuve à 70°C pendant 5 jours avec un retournement des déchets au bout de 2.5 jours de façon à garantir un séchage homogène. Une fois sèches, les différentes fractions prises en compte (hétéroclites, « vrac » et « sacs ») ont été pesées pour détermination de leur humidité respective. L'humidité globale de l'échantillon primaire de 500 kg est, pour sa part, calculée en considérant le rapport d'échantillonnage de la fraction d'OMr conservée lors de l'opération de prélèvement sur site (environ 1/4, cf. Tableau 1 pour les valeurs exactes).

	Vitry sur Seine		Montrouge		Paris 5ème	
	Masses sèches (en kg)	Humidités	Masses sèches (en kg)	Humidités	Masses sèches (en kg)	Humidités
"Hétéroclites"	40.5	12.7%	38.4	24.6%	49.5	16.5%
Masse OMr gardées						
Fraction "Sacs"	36.0	41.3%	27.6	39.7%	26.0	45.2%
Fraction "Vrac"	28.0	32.0%	32.4	32.1%	31.3	39.7%
Total pour séchage et tri	104.5	29.8%	98.4	31.9%	106.7	32.7%
Echantillon primaire 500 kg - Recalculé	322.7	35.2%	328.1	34.7%	318.9	39.4%

	Paris 14ème		Maison Alfort		Villejuif	
	Masses sèches (en kg)	Humidités	Masses sèches (en kg)	Humidités	Masses sèches (en kg)	Humidités
"Hétéroclites"	34.3	15.2%	41.3	18.5%	51.6	17.3%
Masse OMr gardées						
Fraction "Sacs"	35.0	36.5%	29.1	32.0%	23.9	35.0%
Fraction "Vrac"	28.7	34.4%	40.6	37.2%	52.3	33.9%
Total pour séchage et tri	98.0	29.6%	110.9	29.8%	127.8	28.3%
Echantillon primaire 500 kg - Recalculé	335.1	33.9%	337.8	33.5%	355.0	32.2%

Moyenne 6 BOM	
Masses sèches (en kg)	Humidités
42.6	17.4%
29.6	38.3%
35.6	34.9%
107.7	30.4%
332.9	34.8%

Tableau 2 : Masses sèches et humidités des différentes fractions

Pour cette quatrième campagne, les humidités globales sont comprises dans une fourchette comprise entre 32.2% (Villejuif) et 39.4% (Paris 5^{ème}), avec une moyenne de 34.8%. Si ces valeurs restent comparables avec les valeurs déterminées lors des campagnes précédentes, tant en ce qui concerne les humidités moyennes (respectivement 33.1%, 32.0% et 32.7%), que les fourchettes de variation, on notera toutefois qu'on enregistre ici la valeur moyenne la plus élevée des quatre campagnes.

De la même façon, les **hétéroclites** présentent des humidités comprises entre 12.7% (Vitry-sur Seine) et 24.6% (Montrouge), avec une moyenne de 17.4%. On a donc là encore des hétéroclites sensiblement plus humides que lors des trois premières campagnes pour lesquelles on avait relevé des humidités de 12.2%, 10.6% et 16.3%.

Sauf en ce qui concerne Maisons-Alfort, l'ensemble des humidités déterminées sur les fractions « Sacs » sont supérieures à celles relevées sur les fractions « vrac ».

3.3. CRIBLAGES DE LA FRACTION < 350 mm

Une fois sèches, les différentes fractions « en sacs » et « vrac » des échantillons prélevés ont été remélangées pour être criblées à l'aide d'un trommel (crible rotatif) aux mailles de : 100 mm, 50 mm et 20 mm.

On rappelle que les éléments supérieurs à 350 mm ont été triés « à la main » lors de l'étape de prélèvement sur site ; ils constituent la fraction des hétéroclites.

Les résultats des criblages sont présentés ci-après, d'abord sous la forme des masses relevées pour chacune des fractions granulométriques prises en compte (Tableau 3), puis, sous forme des distributions granulométriques qui en découlent (Tableau 4).

	Vitry sur Seine	Montrouge	Paris 5ème	Paris 14ème	Maison Alfort	Villejuif	Moyenne	Ecart-type
Masses (en kg sur sec)								
< 20 mm	24.29	22.10	19.26	19.29	21.93	36.02	23.8	6.3
20-50 mm	7.71	8.60	9.39	8.85	8.17	11.74	9.1	1.4
50-100 mm	15.04	11.98	13.03	15.08	15.34	13.91	14.1	1.3
> 100 mm	17.03	17.34	15.61	20.50	24.10	14.50	18.2	3.5
Total	64.07	60.02	57.29	63.73	69.54	76.18	65.1	

Tableau 3 : Résultats du criblage de la fraction < 350 mm (en kg sur sec)

	Vitry sur Seine	Montrouge	Paris 5ème	Paris 14ème	Maison Alfort	Villejuif	Moyenne	Ecart-type
Distributions (en % sur sec)								
< 20 mm	37.9%	36.8%	33.6%	30.3%	31.5%	47.3%	36.2%	6.2%
20-50 mm	12.0%	14.3%	16.4%	13.9%	11.7%	15.4%	14.0%	1.8%
50-100 mm	23.5%	20.0%	22.7%	23.7%	22.1%	18.3%	21.7%	2.1%
> 100 mm	26.6%	28.9%	27.2%	32.2%	34.7%	19.0%	28.1%	5.4%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	

Tableau 4 : Résultats du criblage de la fraction < 350 mm (en % sur sec)

Par rapport aux résultats des campagnes précédentes, on peut noter une augmentation importante de la teneur en fines < 20 mm, puisqu'on détermine une teneur moyenne de 36.2% (sur sec), alors que sur les trois premières campagne, on avait respectivement en moyenne 24.3%, 22.0% et 28.5%. Cette augmentation se fait au détriment de la teneur en 100-350 mm, les fractions granulométriques intermédiaires (20-50 mm et 50-100 mm) montrant des teneurs comparables sur les quatre campagnes. On notera également que, sur cette quatrième campagne, si la moyenne en fines < 20 mm est de 36.2%, on détermine sur la benne de Villejuif une teneur en fines de 47.3%.

Le Tableau 5 suivant reprend les compositions granulométriques pour les six bennes échantillonnées ainsi que la composition moyenne, en tenant compte de la proportion d'hétéroclites déterminée lors de la phase de prélèvement (cf. Tableau 1).

	Vitry sur Seine	Montrouge	Paris 5ème	Paris 14ème	Maison Alfort	Villejuif	Moyenne	Ecart-type
Distributions* (en % sur sec)								
< 20 mm	34.4%	33.1%	29.8%	27.9%	28.4%	41.7%	32.5%	5.2%
20-50 mm	10.9%	12.9%	14.5%	12.8%	10.6%	13.6%	12.5%	1.5%
50-100 mm	21.3%	17.9%	20.2%	21.8%	19.9%	16.1%	19.5%	2.1%
> 100 mm*	33.4%	36.1%	35.4%	37.6%	41.2%	28.7%	35.4%	4.2%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	

* Les hétéroclites ont été intégrés à la fraction > 100 mm

Tableau 5 : Composition granulométrique des OMr

L'opération suivante a consisté à prélever, pour chaque fraction granulométrique ainsi constituée, une masse de matière suffisante pour le tri en catégories et sous-catégories, sachant que, en accord avec la norme X30-466 :

- la fraction > 100 mm a été intégralement triée,
- seuls 5 kg des fractions 50-100 mm et 20-50 mm ont été triés. On rappelle ici que, si le tri d'une masse de 5 kg de chacune de ces deux fractions peut apparaître comme faible en termes de représentativité, les travaux du Cemagref, à l'origine de la norme X30-466, ont montré que le tri de 5 kg de la fraction 20-100 mm séchée permettait d'obtenir des résultats du même ordre de grandeur que ce qui était obtenu à l'aide du MODECOM™ « original » (préconisant le tri d'environ 1/8^{ème} des 20-100 mm après quartages successifs à partir des 500 kg initiaux). Dans notre cas, du fait de la coupure supplémentaire à 50 mm qui n'existe pas dans le MODECOM™ original, ce sont 10 kg (2 fois 5 kg) qui sont effectivement triés pour la fraction 20-100 mm.
- seuls 500 g de la fraction des fines < 20 mm ont été triés.

Pour cela des sous-échantillons des fractions 50-100 mm, 20-50 mm et < 20 mm ont été constitués dans les règles de l'art selon la méthode des deux récipients décrite dans la norme.

3.4. TRIS - RESULTATS

3.4.1. Présentation des résultats

Les tris ont été réalisés selon les catégories et sous-catégories définies par le SYCTOM et présentées en Annexe 2. On rappellera que, pour la fraction < 20 mm, le tri a été réalisé uniquement selon les catégories : les faibles quantités et la difficulté à identifier précisément les fragments ne permettent pas d'envisager pour cette fraction < 20 mm un tri fiable en sous-catégories.

Les résultats de tri complets et détaillés sont présentés en annexes (Annexe 3 et Annexe 4), pour chaque commune prise en compte, sous la forme des compositions en % sur sec recalculées pour les échantillons initiaux de 500 kg prélevés sur les BOM. Le Tableau 6 présente la composition moyenne sur sec des OMr en catégories et sous-catégories déterminée pour les six communes de cette troisième campagne.

Un tableau de synthèse (Tableau 8) reprend pour chaque commune l'ensemble des résultats exprimés sous la forme d'une composition (en % sur sec) en catégories considérant uniquement pour les éléments > 20 mm, les éléments < 20 mm constituant une catégorie unique. Dans ce tableau sont également reportés la composition moyenne calculée sur les six échantillons, ainsi que les écart-types associés (en valeurs absolues et en valeurs relatives).

Sur la base des valeurs des écart-types relevés, on retrouve certains comportements déjà observés sur les campagnes précédentes : les « Incombustibles » et les « Déchets spéciaux » montrent ainsi des teneurs fortement variables avec des écart-types de 52% et 66%, tout comme les « Déchets fermentescibles » (écart-type 57%) ce qui avait déjà été observé lors de la troisième campagne. Par contre, certaines catégories semblent moins variables cette fois-ci : les « Papiers » (écart-type 26%) retrouvent ainsi une variabilité de l'ordre de celle déterminée sur les deux premières campagnes, tout comme les « Combustibles » (écart-type 39%).

Par contre, la teneur en « Verre » apparaît cette fois plus variable, puisqu'on détermine un écart-type de 37%, ce qui en fait la plus forte valeur observée sur les quatre campagnes (les valeurs précédentes s'échelonnant entre 19% et 23%).

Moyenne Campagne 4

Catégories	Composition reconstituée de l'échantillon (env 500 kg)					
	(en % sur sec)					Total
	< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm	
1 Déchets fermentescibles	17.6%	2.9%	1.6%	0.6%	0.1%	22.9%
1.1 alimentaires		2.9%	1.3%	0.6%		4.7%
1.2 jardin ligneux		0.1%	0.02%	0.05%	0.1%	0.2%
1.3 jardins non ligneux						
2 Papiers	1.1%	1.0%	2.8%	9.0%	0.02%	13.9%
2.1 emballages papiers		0.1%	0.5%	0.5%	0.02%	1.1%
2.2 qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			0.2%	3.4%		3.6%
2.3 imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		0.1%	0.8%	2.8%		3.8%
2.4 autres imprimés non sollicités/publicitaires						
2.5 autres papiers		0.8%	1.3%	2.3%	0.002%	4.4%
3 Cartons	0.2%	0.3%	1.5%	3.7%	2.2%	7.9%
3.1 emballages cartons plats		0.2%	1.0%	2.1%	0.2%	3.6%
3.2 emballages cartons ondulés		0.03%	0.3%	1.5%	2.0%	3.9%
3.3 autres cartons		0.01%	0.2%		0.04%	0.2%
4 Composites/Complexes	0.2%	0.2%	0.4%	0.6%	0.004%	1.4%
4.1 ELA		0.01%	0.1%	0.4%		0.5%
4.2 autres		0.2%	0.3%	0.2%	0.004%	0.7%
5 Textiles	0%	0.01%	0.4%	0.7%	1.4%	2.5%
5.1 vêtements		0.003%	0.1%	0.5%	0.8%	1.5%
5.2 autres textiles		0.003%	0.2%	0.1%	0.6%	1.0%
6 Textiles sanitaires	1.8%	1.6%	2.9%	0.8%	0%	7.1%
7 Plastiques	0.7%	1.2%	4.8%	6.2%	1.8%	14.7%
7.1 films polyoléfines (PE et PP)		0.2%	1.1%	2.4%	1.4%	5.1%
7.2 bouteilles et flacons en PET de couleur			0.1%	0.1%		0.2%
7.3 bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.6%	1.0%		1.5%
7.4 bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)		0.01%	0.4%	0.5%	0.1%	1.0%
7.5 autres emballages plastiques		0.2%	1.4%	1.9%	0.2%	3.6%
7.6 autres déchets plastiques		0.8%	1.2%	0.4%	0.2%	2.7%
8 Combustibles NC	0.3%	0.3%	0.7%	1.2%	2.6%	5.2%
8.1 emballages en bois		0.1%	0.1%	0.1%	0.5%	0.7%
8.2 chaussures			0.3%	0.5%	0.3%	1.1%
8.3 autres déchets combustibles NC		0.3%	0.4%	0.6%	1.8%	3.1%
9 Verres	7.2%	2.5%	0.7%	2.1%	0%	12.5%
9.1 emballages en verre incolore/transparent		1.3%	0.4%	0.6%		2.3%
9.2 emballages en verre de couleur		1.2%	0.2%	1.5%		2.9%
9.3 autres déchets en verre			0.1%			0.1%
10 Métaux	0.1%	0.4%	1.9%	1.3%	1.0%	4.7%
10.1 métaux ferreux		0.2%	1.5%	1.1%	1.0%	3.8%
10.2 métaux non ferreux		0.2%	0.4%	0.2%	0.05%	0.8%
11 Incombustibles NC	2.6%	1.5%	0.5%	0.1%	0.1%	4.8%
12 Déchets spéciaux	0%	0.2%	0.7%	0.2%	1.0%	2.1%
12.1 DEEE		0.1%	0.5%	0.2%	1.0%	1.8%
12.2 piles, batteries et accumulateurs		0.1%				0.08%
12.3 produits chimiques		0.04%	0.1%		0.01%	0.17%
12.4 tubes fluorescents et ampoules basse conso					0.003%	0.003%
12.5 déchets de soins, hospitaliers		0.0%	0.1%			0.1%
12.6 autres déchets spéciaux						0.0%
13 Fines < 20 mm		0.0%	0.10%	0.1%	0.1%	0.3%
Total	31.8%	12.2%	19.0%	26.6%	10.4%	100%
			100%			

Tableau 6 : Composition détaillée moyenne (en % sur sec) des OMr de la 4^{ème} campagne

Catégories		Composition reconstituée de l'échantillon (env 500 kg)					
		(en % sur sec)					Total
		< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm	
1 Déchets fermentescibles		17.6%	2.9%	1.6%	0.6%	0.1%	22.9%
	Valeur min	12.9%	1.3%	0.7%	0.0%	0.0%	15.0%
	Valeur max	23.5%	4.6%	3.8%	2.2%	0.4%	28.2%
2 Papiers		1.1%	1.0%	2.8%	9.0%	0.02%	14.0%
	Valeur min	0.4%	0.5%	2.6%	3.8%	0.0%	8.3%
	Valeur max	2.0%	1.5%	3.1%	11.9%	0.1%	16.6%
3 Cartons		0.2%	0.3%	1.5%	3.7%	2.2%	7.8%
	Valeur min	0.1%	0.2%	1.0%	2.3%	0.4%	5.4%
	Valeur max	0.3%	0.4%	2.1%	4.7%	3.6%	10.4%
4 Composites/Complexes		0.2%	0.2%	0.4%	0.6%	0.004%	1.4%
	Valeur min	0.0%	0.1%	0.1%	0.3%	0.0%	1.2%
	Valeur max	0.5%	0.3%	0.6%	1.1%	0.02%	1.5%
5 Textiles		0.0%	0.01%	0.4%	0.7%	1.4%	2.5%
	Valeur min	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.3%	1.3%
	Valeur max	0.0%	0.0%	0.7%	1.2%	3.0%	3.5%
6 Textiles sanitaires		1.8%	1.6%	2.9%	0.8%	0%	7.1%
	Valeur min	0.4%	1.3%	1.8%	0.4%	0.0%	4.9%
	Valeur max	3.1%	2.0%	3.9%	1.8%	0.0%	9.2%
7 Plastiques		0.7%	1.2%	4.8%	6.2%	1.8%	14.7%
	Valeur min	0.4%	0.7%	3.5%	5.1%	1.3%	13.6%
	Valeur max	1.4%	1.4%	5.6%	7.9%	2.8%	17.3%
8 Combustibles NC		0.3%	0.3%	0.7%	1.2%	2.6%	5.2%
	Valeur min	0.2%	0.1%	0.0%	0.7%	1.4%	3.1%
	Valeur max	0.6%	0.6%	1.6%	1.8%	5.0%	8.4%
9 Verres		7.2%	2.5%	0.7%	2.1%	0%	12.4%
	Valeur min	4.1%	1.4%	0.0%	0.9%	0.0%	8.7%
	Valeur max	10.7%	4.6%	2.5%	4.4%	0.0%	19.2%
10 Métaux		0.1%	0.4%	1.9%	1.3%	1.0%	4.7%
	Valeur min	0.0%	0.2%	0.9%	0.5%	0.1%	3.5%
	Valeur max	0.2%	0.9%	2.8%	2.2%	2.0%	6.6%
11 Incombustibles NC		2.6%	1.5%	0.5%	0.1%	0.1%	4.8%
	Valeur min	0.8%	0.4%	0.2%	0.0%	0.0%	1.7%
	Valeur max	5.4%	2.6%	1.0%	0.6%	0.6%	8.0%
12 Déchets spéciaux		0.0%	0.2%	0.7%	0.2%	1.0%	1.7%
	Valeur min	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%
	Valeur max	0.0%	0.5%	2.9%	0.8%	3.4%	3.8%
13 Fines < 20 mm			0.05%	0.10%	0.1%	0.1%	0.3%
	Valeur min		0.03%	0.06%	0.01%	0.02%	0.1%
	Valeur max		0.11%	0.13%	0.17%	0.13%	0.4%
Total		31.8%	12.2%	19.0%	26.6%	10.4%	100%
		100%					

Tableau 7 : Composition détaillée (en % sur sec) des OMr de la 4^{ème} campagne
Moyennes, valeurs min et max

Catégories	VITRY/SEINE % sur sec	MONTRouGE % sur sec	PARIS 5 % sur sec	PARIS 14 % sur sec	MAISON ALFORT % sur sec	VILLEJUIF % sur sec	Moyennes % sur sec	Ecart-types % sur sec	Ecart-types Relatifs	Val min % sur sec	Val max % sur sec
Déchets fermentescibles	4.3%	3.9%	5.5%	10.9%	2.2%	4.7%	5.2%	3.0%	57%	2.2%	10.9%
Papiers	10.7%	14.4%	15.8%	14.3%	15.2%	7.1%	12.9%	3.4%	26%	7.1%	15.8%
Cartons	5.3%	9.3%	5.4%	10.3%	9.0%	6.5%	7.7%	2.2%	29%	5.3%	10.3%
Composites/Complexes	1.2%	0.9%	1.2%	1.3%	1.4%	1.3%	1.2%	0.2%	15%	0.9%	1.4%
Textiles	3.5%	1.9%	3.3%	1.8%	1.3%	2.9%	2.5%	0.9%	38%	1.3%	3.5%
Textiles sanitaires	5.2%	4.9%	4.4%	6.1%	7.5%	3.8%	5.3%	1.3%	25%	3.8%	7.5%
Plastiques	13.8%	13.4%	13.2%	13.6%	16.6%	13.4%	14.0%	1.3%	9%	13.2%	16.6%
Combustibles NC	7.7%	3.2%	6.2%	2.9%	5.5%	3.7%	4.9%	1.9%	39%	2.9%	7.7%
Verres	4.7%	3.2%	5.0%	5.6%	4.2%	8.9%	5.3%	2.0%	37%	3.2%	8.9%
Métaux	6.6%	4.3%	3.6%	3.3%	5.6%	4.2%	4.6%	1.2%	27%	3.3%	6.6%
Incombustibles NC	2.6%	3.3%	3.7%	1.1%	0.9%	1.8%	2.2%	1.2%	52%	0.9%	3.7%
Déchets spéciaux	1.6%	3.5%	3.8%	1.1%	2.9%	0.2%	2.2%	1.4%	66%	0.2%	3.8%
Fines < 20 mm	32.8%	33.8%	29.0%	27.8%	27.8%	41.4%	32.1%	5.2%	16%	27.8%	41.4%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				
Total Déchets putrescibles*	46.9%	54.6%	47.6%	61.0%	48.8%	50.1%	51.5%	5.4%	10%		
Total Déchets non putrescibles	53.1%	45.4%	52.4%	39.0%	51.2%	49.9%	48.5%	5.4%	11%		

* On considère comme Déchets putrescibles les catégories : "Déchets fermentescibles", "Papiers", "Cartons", "Textiles Sanitaires" et environ 65% des "Fines < 20 mm"

Tableau 8 : Composition moyenne (en % sur sec) des OMr de la 4^{ème} campagne

Le Tableau 8 présente également la part de déchets dits « putrescibles » par rapport à ceux dits « non putrescibles » contenus dans les OMr, en considérant que les déchets putrescibles sont constitués des catégories « Déchets fermentescibles », « Papiers », « Cartons », « Textiles Sanitaires » et d'une fraction de la catégorie « Fines < 20 mm ». Sur la base des résultats obtenus lors des tris, cette fraction est de l'ordre de 65% environ (cf. Tableau 9 ci-dessous), la valeur moyenne exacte déterminée étant de 64.1% sur sec.

Part de fermentescibles dans les fines						
Vitry/Seine	Montrouge	Paris 5	Paris 14	Maison Alfort	Villejuif	Moyenne
65.4%	70.9%	57.2%	69.5%	53.6%	67.6%	64.1%

Tableau 9 : Part de fermentescibles dans les fines < 20 mm (en % sur sec)

La Figure 3 suivante reprend graphiquement la composition moyenne sur matière sèche calculée pour les 6 échantillons pris en compte.

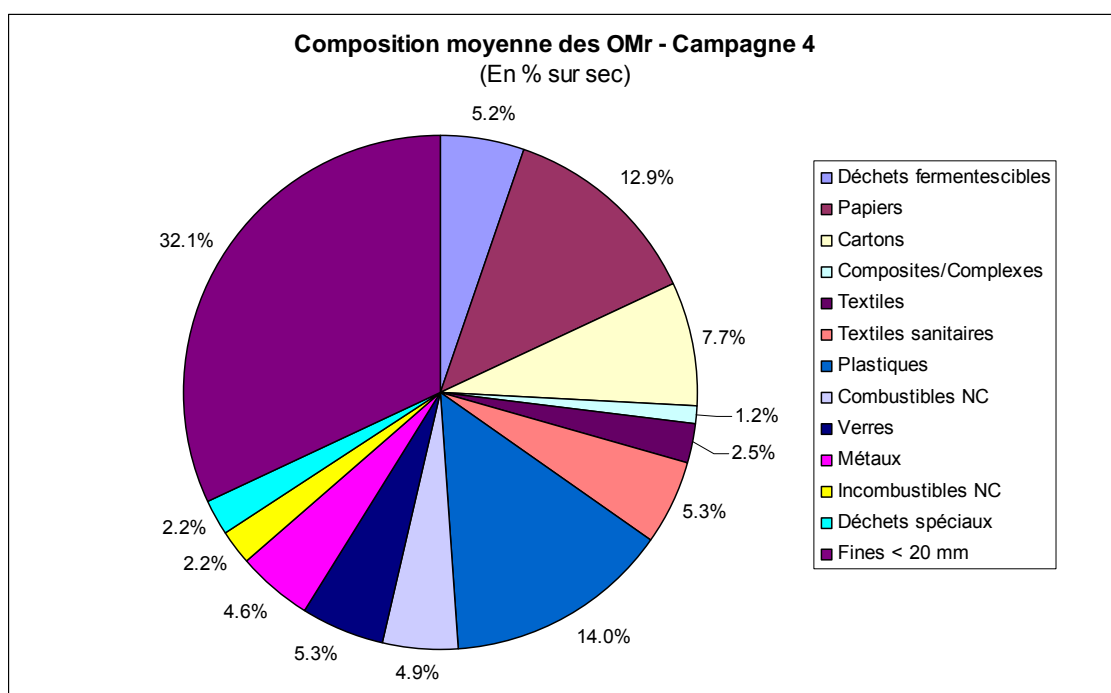


Figure 3 : Composition moyenne des OMr de la Campagne 4 (en % sur sec)

Les précédentes campagnes réalisées par le SYCTOM l'ont été selon le protocole MODECOM™ qui fait l'objet de la norme AFNOR X30-408 et qui met en œuvre un tri sur matière brute, c'est-à-dire sur déchets non séchés avant le tri. Afin de pouvoir comparer les résultats, le SYCTOM a souhaité que la composition des OMr caractérisées sur cette étude soit également exprimée en % sur humide.

Pour cela, on a utilisé une méthode de calcul prenant en compte les valeurs moyennes d'humidité par catégorie déterminées par le CEMAGREF de Rennes dans le cadre d'études spécifiques (cf. Annexe 5) ainsi que la valeur de l'humidité globale des échantillons déterminée après le séchage en étuve à 70°C (cf. Tableau 2). **Le détail du calcul des taux d'humidités pour chaque catégorie est exposé au §4.5.1.**

On rappellera encore une fois ici que cette méthode de calcul de la composition sur humide ne permet pas dans l'absolu de recalculer exactement la composition qui serait déterminée à l'aide du MODECOM™ sur brut : en effet, lors de la mise en œuvre de ce dernier, l'expérience a montré qu'une certaine proportion d'éléments fins de la catégorie des fines < 20 mm restait systématiquement collée aux constituants des différentes catégories ou sous-catégories. La proportion de cette fraction « fines < 20 mm » dans les OMr se trouve donc systématiquement entachée d'un biais lorsqu'elle est déterminée avec le MODECOM™ sur brut.

Au contraire, la méthode de caractérisation sur sec permet de déterminer une proportion de fines fiable, non biaisée, dans la mesure où le séchage initial des OMr et le criblage mécanique à l'aide du trommel permettent de « décoller » ces fines des constituants sur lesquels elles se trouvaient collées. La difficulté réside par contre dans redistribution des fines au sein des différentes catégories pour passer de la composition sur sec à la composition sur humide.

Les résultats présentés ici pour la composition des OMr sur matière humide ne tiennent PAS compte d'une redistribution des fines.

Le Tableau 10 suivant présente les compositions en % sur humide recalculées pour chaque échantillon et exprimées en catégories, ainsi que la composition moyenne calculée à partir des six échantillons, également présentée sous forme graphique sur la Figure 4.

On peut y remarquer que, sans surprise, la teneur des catégories telles que « Fermentescibles », « Textiles sanitaires » et « Fines < 20 mm » en particuliers augmente lorsque la composition est exprimée sur matière humide.

A contrario, les teneurs moyennes des catégories telles que « Papiers », « Cartons », « Verre » et à un degré moindre « Métaux » diminuent sur humide.

Catégories	VITRY/SEINE % sur humide	MONTRouGE % sur humide	PARIS 5 % sur humide	PARIS 14 % sur humide	MAISON ALFORT % sur humide	VILLEJUIF % sur humide	Moyennes % sur humide	Ecart-types % sur humide	Ecart-types Relatifs	Val min % sur humide	Val max % sur humide
Déchets fermentescibles	8.5%	6.6%	7.7%	19.7%	4.8%	8.8%	9.3%	5.3%	56%	4.8%	19.7%
Papiers	8.8%	11.3%	12.6%	10.1%	12.1%	5.6%	10.1%	2.6%	26%	5.6%	12.6%
Cartons	4.3%	7.6%	4.4%	7.4%	7.2%	5.5%	6.1%	1.5%	25%	4.3%	7.6%
Composites/Complexes	1.0%	0.8%	1.1%	1.0%	1.2%	1.2%	1.1%	0.2%	16%	0.8%	1.2%
Textiles	2.9%	1.6%	2.9%	1.4%	1.1%	2.7%	2.1%	0.8%	40%	1.1%	2.9%
Textiles sanitaires	8.2%	9.1%	7.9%	8.9%	14.0%	6.5%	9.1%	2.6%	28%	6.5%	14.0%
Plastiques	13.1%	12.9%	12.3%	12.1%	15.3%	13.1%	13.1%	1.1%	9%	12.1%	15.3%
Combustibles NC	5.9%	2.5%	4.8%	1.9%	4.2%	3.0%	3.7%	1.5%	40%	1.9%	5.9%
Verres	3.3%	2.3%	3.6%	3.5%	3.0%	6.7%	3.7%	1.5%	41%	2.3%	6.7%
Métaux	4.9%	3.2%	2.7%	2.2%	4.1%	3.3%	3.4%	1.0%	28%	2.2%	4.9%
Incombustibles NC	1.9%	2.4%	2.8%	0.7%	0.6%	1.4%	1.6%	0.9%	54%	0.6%	2.8%
Déchets spéciaux	1.2%	2.6%	2.8%	0.7%	2.1%	0.2%	1.6%	1.1%	68%	0.2%	2.8%
Fines < 20 mm	36.1%	37.1%	34.5%	30.5%	30.2%	42.0%	35.1%	4.4%	13%	30.2%	42.0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				
Total Déchets putrescibles*	52.8%	58.3%	54.7%	65.6%	57.4%	53.3%	57.0%	4.8%	8%		
Total Déchets non putrescibles	47.2%	41.7%	45.3%	34.4%	42.5%	46.7%	43.0%	4.8%	11%		

* On considère comme Déchets putrescibles les catégories : "Déchets fermentescibles", "Papiers", "Cartons", "Textiles Sanitaires" et environ 65% des "Fines < 20 mm"

Tableau 10 : Compositions des OMr de la 4^{ème} campagne, recalculées en % sur humide

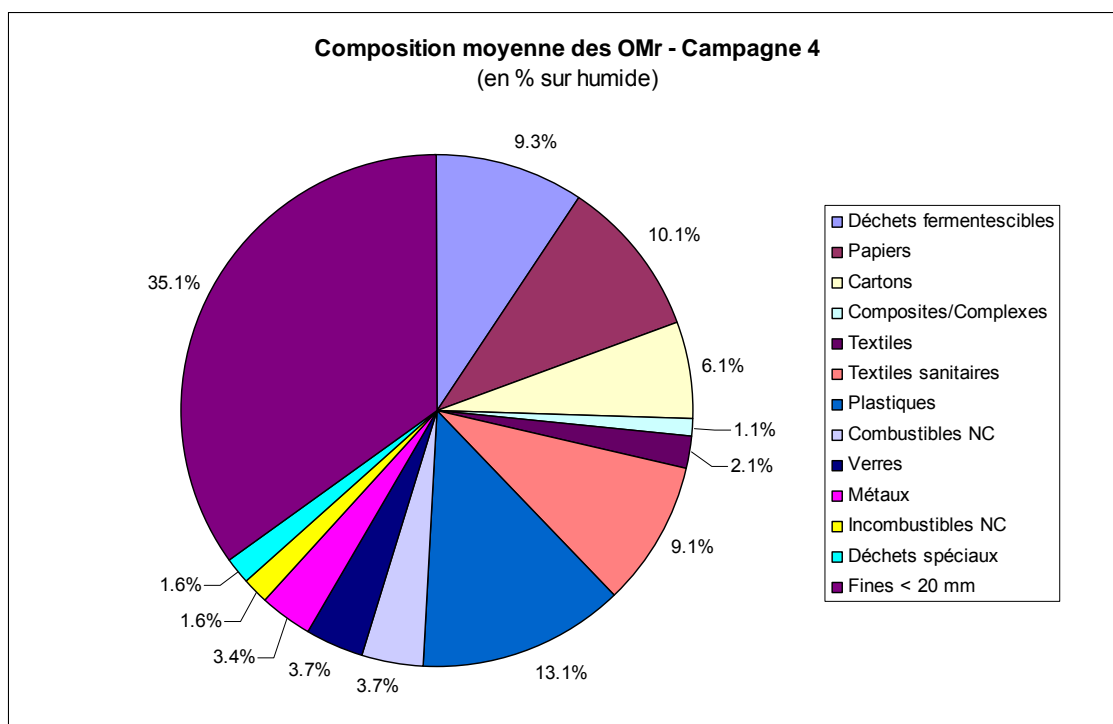


Figure 4 : Composition moyenne des OMr de la Campagne 4 (en % sur humide)

3.4.2. Teneur en métaux ferreux/non ferreux des « Déchets spéciaux »

Lors des tris, la catégorie « Déchets spéciaux » a été subdivisée en six sous-catégories (cf. Tableau 6 pour les résultats). Conformément au cahier des charges du SYCTOM, les teneurs en métaux ferreux et non ferreux ont été déterminées. On trouvera en Annexe 4 les résultats de tri détaillés, **avec notamment l'inventaire des éléments ferreux et non ferreux identifiés**.

Le Tableau 11 ci-dessous reprend, pour chaque benne échantillonnée, la teneur en métaux ferreux et non ferreux, recalculée pour un échantillon de 500 kg d'OMr, ainsi que la teneur moyenne de la campagne.

	Vitry/Seine	Montrouge	Paris 5	Paris 14	Maison alfort	Villejuif	Moyenne
Déchets spéciaux (en g sur sec)	5 148	11 222	11 985	3 778	9 856	686	
Métaux ferreux (en g sur sec)	1 872	9 416	8 392	3 003	6 840	0	
Métaux ferreux (en % sur sec)	36%	83.9%	70%	79.5%	69.4%	0.0%	57%
Métaux non ferreux (en g sur sec)	1167	862	2617	379	359	0	
Métaux non ferreux (en % sur sec)	23%	7.7%	21.8%	10%	4%	0.0%	11.0%

Tableau 11 : Teneur en métaux ferreux et non ferreux de la catégorie « Déchets spéciaux »

On rappellera ici que le tri a été effectué sur les différentes fractions granulométriques de la façon suivante :

- Fractions > 350 mm et 100-350 mm : intégralement triées,
- Fractions 20-50 mm et 50-100 mm : 5 kg ont été triés,
- Fractions < 20 mm : 500 g ont été triés.

Les teneurs exprimées dans le Tableau 11 ont ainsi été recalculées pour l'échantillon initial de 500 kg d'OMr brutes, en tenant compte des différents rapports d'échantillonnages successifs.

Or, concernant la catégorie des « Déchets spéciaux », l'expérience et les études antérieures ont montré qu'elle était peu représentée et que sa distribution ne suivait pas une loi normale. Par conséquent, les erreurs d'échantillonnage liées à la détermination de sa teneur peuvent être élevées : en 1996, dans son document « Modecom et les collectes sélectives », l'Ademe affichait ainsi une valeur d'erreur fondamentale d'échantillonnage de l'ordre de 26% sur la détermination de la teneur en « Déchets spéciaux » dans leur ensemble pour une masse d'échantillon de 500 kg, cette valeur pouvant largement être dépassée si on considère les sous-catégories. **En d'autres termes, cela signifie que le prélèvement de 500 kg d'OMr ne permet en aucun cas d'être représentatif par rapport à la teneur en déchets spéciaux.**

Au regard du protocole de tri mis en œuvre dans la méthode de tri sur sec, le sous-échantillonnage des fractions < 100 mm a pour principale conséquence d'augmenter l'erreur d'échantillonnage. Travailler sur des échantillons de plus faible masse rend la teneur en déchets spéciaux d'autant moins représentative.

Les valeurs présentées dans le Tableau 11 (en particulier la moyenne) ne peuvent donc être considérées que comme des valeurs indicatives et en aucun cas comme des valeurs fiables au regard de la teneur en métaux ferreux et non ferreux des déchets spéciaux.

On notera en particulier que, pour la benne en provenance de Villejuif, d'une part la masse de « Déchets spéciaux » (et par conséquent la teneur de cette catégorie au sein des OMr) apparaît comme étant particulièrement faible par rapport aux autres bennes, et d'autre part, aucun constituant en métaux (ferreux ou non-ferreux) n'a été identifié sur les échantillons triés.

3.4.3. Comparaison des compositions moyennes des OMr des quatre campagnes

Les tableaux suivants reprennent les compositions moyennes (et les écart-types associés) des OMr prélevées sur l'ensemble des campagnes (Romainville – Décembre 2006 et Novembre 2007, Ivry – Mars 2007 et Mai 2008), d'une part sur matière sèche (Tableau 12) et d'autre part recalculées sur humide (Tableau 13).

On note des différences sensibles de compositions moyennes des OMr d'une campagne à l'autre, la plus marquée concernant la teneur en « Fines < 20 mm » qui passe de 24% sur humide environ lors des deux premières campagnes, à plus de 35% lors de la dernière.

Avant toute interprétation hâtive, on gardera à l'esprit que chaque campagne a consisté en la caractérisation de six bennes, ce qui, au regard de la représentativité par rapport au gisement global, ne peut être considéré comme suffisant. La composition moyenne déduite à chaque fois des résultats obtenus sur les six bennes constitue néanmoins une bonne indication de la composition des OMr et ce, d'autant plus qu'on l'associe aux écarts-types déterminés pour chaque catégorie.

Les Tableau 14 et Tableau 15 présentent les compositions moyennes des OMr, sur sec et sur humide, par site de traitement (Centre de Transfert de Romainville et UIOM d'Ivry sur Seine) et pour l'ensemble de l'étude (regroupant les quatre campagnes).

Catégories	Campagne 4 - Ivry			Campagne 3 - Romainville			Campagne 2 - Ivry			Campagne 1 - Romainville		
	Moyennes	Ecart-types	Ecart-types	Moyennes	Ecart-types	Ecart-types	Moyennes	Ecart-types	Ecart-types	Moyennes	Ecart-types	Ecart-types
	% sur sec	% sur sec	Relatifs	% sur sec	% sur sec	Relatifs	% sur sec	% sur sec	Relatifs	% sur sec	% sur sec	Relatifs
Déchets fermentescibles	5.2%	3.0%	57%	4.0%	2.2%	56%	4.6%	1.4%	31%	4.1%	1.8%	43%
Papiers	12.9%	3.4%	26%	17.1%	7.3%	43%	19.5%	5.2%	27%	18.9%	4.2%	22%
Cartons	7.7%	2.2%	29%	7.4%	1.6%	22%	9.4%	1.8%	20%	9.3%	2.2%	24%
Composites/Complexes	1.2%	0.2%	15%	1.4%	0.3%	24%	1.6%	0.7%	42%	1.4%	0.2%	17%
Textiles	2.5%	0.9%	38%	3.9%	1.9%	49%	2.1%	1.4%	67%	4.2%	3.1%	73%
Textiles sanitaires	5.3%	1.3%	25%	6.9%	1.5%	22%	5.9%	1.7%	29%	6.7%	3.0%	44%
Plastiques	14.0%	1.3%	9%	12.3%	1.9%	15%	14.1%	3.2%	23%	12.9%	1.9%	15%
Combustibles NC	4.9%	1.9%	39%	5.5%	3.5%	64%	6.1%	2.0%	33%	2.3%	1.0%	44%
Verres	5.3%	2.0%	37%	8.2%	1.9%	23%	8.1%	1.7%	21%	6.5%	1.2%	19%
Métaux	4.6%	1.2%	27%	3.9%	0.6%	15%	4.5%	0.8%	18%	4.6%	1.7%	37%
Incombustibles NC	2.2%	1.2%	52%	2.2%	1.4%	64%	3.1%	1.5%	47%	5.0%	4.6%	91%
Déchets spéciaux	2.2%	1.4%	66%	2.4%	1.6%	67%	1.7%	1.8%	103%	1.4%	0.8%	58%
Fines < 20 mm	32.1%	5.2%	16%	24.9%	7.5%	30%	19.2%	5.2%	27%	22.7%	3.7%	16%
Total	100%			100%			100%			100%		
Total Déchets putrescibles*	51.5%	5.4%	10%	51.9%	5.9%	11%	53.1%	5.1%	10%	55.7%	3.4%	6%
Total Déchets non putrescibles	48.5%	5.4%	11%	48.1%	5.9%	12%	46.9%	5.1%	11%	44.3%	3.4%	8%

* On considère comme Déchets putrescibles les catégories : "Déchets fermentescibles", "Papiers", "Cartons", Textiles Sanitaires et une partie des "Fines < 20 mm"

Tableau 12 : Comparaison de la composition moyenne sur sec des OMr des quatre campagnes

Catégories	Campagne 4 - Ivry			Campagne 3 - Romainville			Campagne 2 - Ivry			Campagne 1 - Romainville		
	Moyennes	Ecart-types	Ecart-types	Moyennes	Ecart-types	Ecart-types	Moyennes	Ecart-types	Ecart-types	Moyennes	Ecart-types	Ecart-types
	% sur humide	% sur humide	Relatifs	% sur sec	% sur sec	Relatifs	% sur humide	% sur humide	Relatifs	% sur humide	% sur humide	Relatifs
Déchets fermentescibles	9.3%	5.3%	56%	7.9%	4.3%	54%	8.8%	1.3%	15%	7.8%	3.1%	40%
Papiers	10.1%	2.6%	26%	14.2%	6.3%	44%	16.5%	4.4%	27%	16.4%	4.4%	27%
Cartons	6.1%	1.5%	25%	5.8%	1.4%	24%	7.5%	1.7%	23%	7.3%	1.7%	23%
Composites/Complexes	1.1%	0.2%	16%	1.2%	0.3%	29%	1.4%	0.6%	40%	1.2%	0.2%	19%
Textiles	2.1%	0.8%	40%	3.2%	1.6%	49%	1.8%	1.3%	71%	3.4%	2.2%	66%
Textiles sanitaires	9.1%	2.6%	28%	11.8%	3.9%	33%	10.2%	1.7%	17%	13.1%	5.6%	43%
Plastiques	13.1%	1.1%	9%	11.3%	1.7%	15%	13.1%	2.6%	20%	11.9%	1.4%	12%
Combustibles NC	3.7%	1.5%	40%	4.2%	2.8%	67%	4.6%	1.5%	33%	1.7%	0.8%	44%
Verres	3.7%	1.5%	41%	5.7%	1.3%	23%	5.6%	1.1%	19%	4.5%	1.0%	22%
Métaux	3.4%	1.0%	28%	2.9%	0.6%	19%	3.4%	0.7%	20%	3.3%	1.3%	40%
Incombustibles NC	1.6%	0.9%	54%	1.5%	0.9%	57%	2.2%	1.0%	46%	3.7%	3.6%	98%
Déchets spéciaux	1.6%	1.1%	68%	1.7%	1.2%	68%	1.2%	1.3%	103%	1.0%	0.6%	61%
Fines < 20 mm	35.1%	4.4%	13%	28.5%	8.1%	28%	23.6%	5.2%	22%	24.6%	3.7%	15%
Total	100%			100%			100%			100%		
Total Déchets putrescibles*	57.0%	4.8%	8%	59.1%	4.3%	7%	59.8%	3.8%	6%	62.7%	3.6%	6%
Total Déchets non putrescibles	43.0%	4.8%	11%	40.9%	4.3%	10%	40.2%	3.8%	10%	37.3%	3.6%	10%

* On considère comme Déchets putrescibles les catégories : "Déchets fermentescibles", "Papiers", "Cartons", Textiles Sanitaires et une partie des "Fines < 20 mm"

Tableau 13 : Comparaison de la composition moyenne sur humide des OMr des quatre campagnes

Catégories	Moyenne		
	UIOM Ivry-sur-Seine % sur sec	CT Romainville % sur sec	Globale % sur sec
Déchets fermentescibles	4.9%	4.0%	4.5%
Papiers	16.2%	18.0%	17.1%
Cartons	8.5%	8.3%	8.4%
Composites/Complexes	1.4%	1.4%	1.4%
Textiles	2.3%	4.0%	3.2%
Textiles sanitaires	5.6%	6.8%	6.2%
Plastiques	14.1%	12.6%	13.3%
Combustibles NC	5.5%	3.9%	4.7%
Verres	6.7%	7.4%	7.0%
Métaux	4.6%	4.2%	4.4%
Incombustibles NC	2.7%	3.6%	3.1%
Déchets spéciaux	1.9%	1.9%	1.9%
Fines < 20 mm	25.6%	23.8%	24.7%
Total	100%	100%	100%
Total Déchets putrescibles*	52.3%	53.8%	53.0%
Total Déchets non putrescibles	47.7%	46.2%	47.0%

Tableau 14 : Compositions moyennes (sur sec) des OMr par site de traitement et sur l'ensemble de la l'étude

Catégories	Moyenne	Moyenne	Moyenne
	UIOM Ivry-sur-Seine % sur humide	CT Romainville % sur humide	Globale % sur humide
Déchets fermentescibles	9.1%	7.8%	8.5%
Papiers	13.3%	15.3%	14.3%
Cartons	6.8%	6.6%	6.7%
Composites/Complexes	1.2%	1.2%	1.2%
Textiles	1.9%	3.3%	2.6%
Textiles sanitaires	9.6%	12.5%	11.1%
Plastiques	13.1%	11.6%	12.4%
Combustibles NC	4.2%	2.9%	3.6%
Verres	4.7%	5.1%	4.9%
Métaux	3.4%	3.1%	3.2%
Incombustibles NC	1.9%	2.6%	2.3%
Déchets spéciaux	1.4%	1.4%	1.4%
Fines < 20 mm	29.3%	26.5%	27.9%
Total	100%	100%	100%
Total Déchets putrescibles*	58.4%	60.9%	59.7%
Total Déchets non putrescibles	41.6%	39.1%	40.3%

Tableau 15 : Compositions moyennes (sur humide) des OMr par site de traitement et sur l'ensemble de la l'étude

3.4.4. Répartition des catégories en fonction de la fraction granulométrique

Les graphiques suivants (Figure 5 à Figure 16) présentent la **répartition sur sec** des différentes catégories en fonction des cinq fractions granulométriques identifiées (< 20mm ; 20-50 mm ; 50-100 mm ; 100-350 mm et > 350 mm).

- Près de 90% (89.9%) des fermentescibles ont une granulométrie inférieure à 50 mm, avec un peu moins de 80% (77.1%) contenus dans la fraction < 20 mm.
- La majorité des papiers est encore une fois essentiellement représentée par la fraction 100-350 mm (64.6% sur sec). Si on additionne cette fraction aux 50-100 mm, on obtient près de 85% des papiers (84.9%). La fraction > 350 mm ne représente plus que 0.2% (contre 4% environ lors des 2^{ème} et 3^{ème} campagnes).
- Les cartons de la tranche > 350 mm représentent « seulement » un peu plus de 28% (28.4%) sur cette campagne, contre environ 1/3 sur les deux campagnes précédentes et 24% pour la 1^{ère}. Quasiment 47% (46.8%) constituent la tranche 100-350 mm.
- 44.7% des composites (essentiellement constitués des ELA de type Tetrapack) se retrouvent dans la tranche 100-350 mm (ELA d'un litre ou plus) ; c'est la plus faible teneur enregistrée pour cette tranche granulométrique sur les quatre campagnes (66.5%, 58% et 53.5%). 29.3% constituent la tranche 50-100 mm (petits ELA type crème liquide), les classes granulométriques < 50 mm, représentant environ 26% environ des composites.
- La part des textiles de la fraction > 350 mm représente cette fois plus de 50 % (57.7%) ; il s'agit encore des grands vêtements, mais également des tapis, voilages, serviettes de bain, etc. 26.8% des textiles ont une taille comprise entre 100 et 350 mm.
- En ce qui concerne les textiles sanitaires, la fraction 100-350 mm (essentiellement constituée des couches culottes) ne représente que 11.7% (contre environ 24% sur les autres campagnes). Les 50-100 mm représentent pour leur part 40.2%, la fraction < 20 mm étant cette fois plus représentée que d'habitude (25.4%).
- Les plastiques sont présents à 42.3% dans la fraction 100-350 mm et à 32.4% dans la fraction 50-100 mm ce qui est tout-à-fait comparable à ce qui a été observé auparavant. Dans les deux cas il s'agit majoritairement des bouteilles et flacons plastiques, avec une part de films non négligeable dans la fraction 100-350 mm. Les films constituent encore une fois l'essentiel de la fraction > 350 mm qui représente un peu plus de 12% (12.4%).
- 49.8% (soit une valeur comparable à ce qui a été déterminé lors de la première campagne à Romainville) des combustibles non classés se retrouvent dans la fraction > 350 mm, la fraction 100-350 mm représentant pour sa part 22.7%.

- La encore, et de façon plus marquée que lors de la troisième campagne, le verre n'est pas réparti de façon homogène au sein des différentes fractions granulométriques : 57.4% du verre se retrouve ainsi dans la tranche < 20 mm. La tranche 100-350 mm, au sein de laquelle on retrouve les bouteilles entières ne représente que 16.9%. En fait, 77.5% du verre présente une granulométrie < 50 mm : la casse (compactage des bennes ?) semble donc avoir été importante aussi sur cette campagne.
- On retrouve ici des valeurs comparables à ce qui avait été déterminé sur les deux premières campagnes : 67.4% des métaux (essentiellement des boites de boisson et des boites de conserve) se retrouvent dans les tranches comprises entre 50 et 350 mm. La tranche > 350 mm représente quasiment 22% (21.9%).
- La encore, l'essentiel des incombustibles se retrouve dans les fines < 20 mm (53.8%), les tranches > 50 mm ne représentant que 14.4%.
- Les déchets spéciaux sont encore une fois majoritairement représentés (à un peu moins de 50%) dans la fraction > 350 mm. Il s'agit des emballages ayant contenu des produits dangereux, de type pots de peinture. La tranche 50-100 mm n'est pour autant pas négligeable puisqu'elle représente 33.1%.

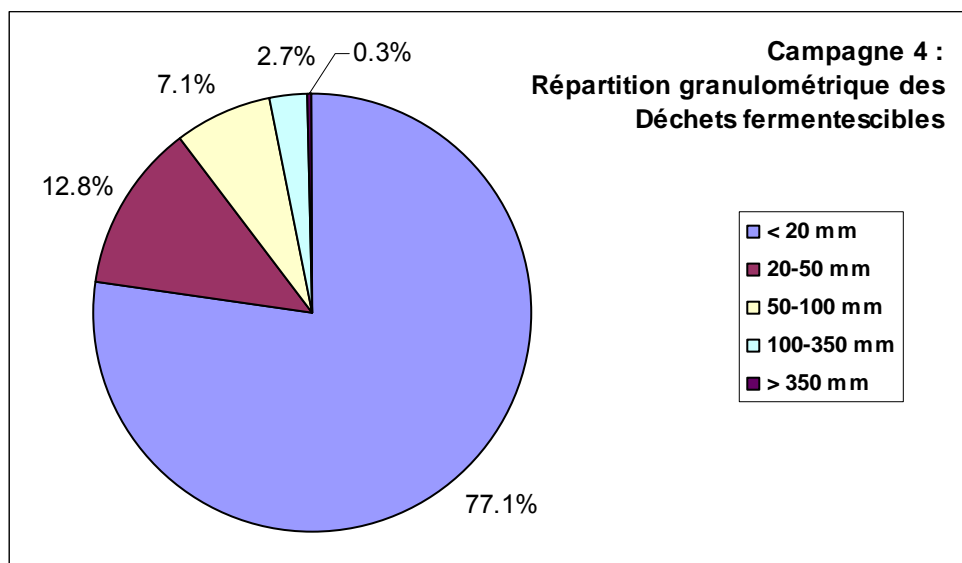


Figure 5 : Répartition des Fermentescibles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

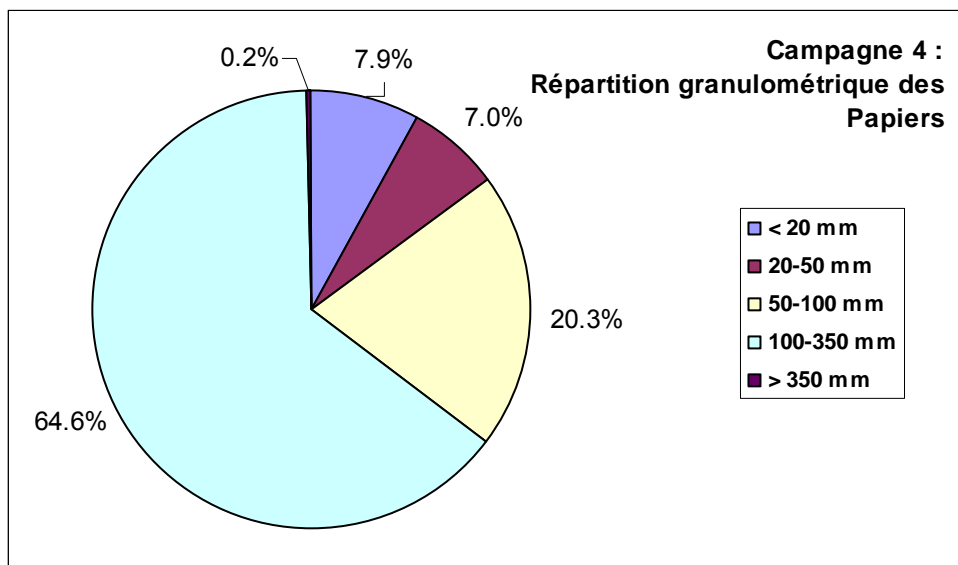


Figure 6 : Répartition des Papiers (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

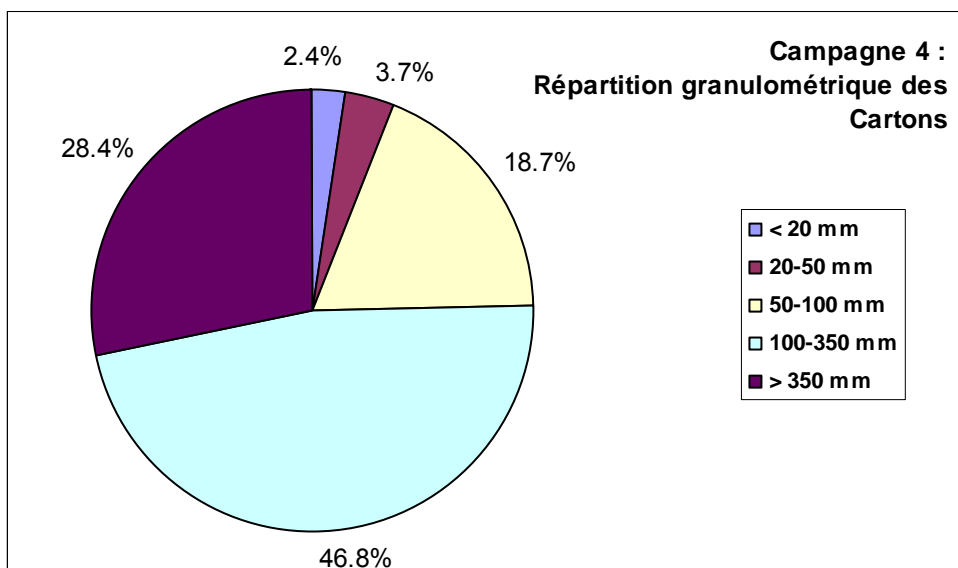


Figure 7 : Répartition des Cartons (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

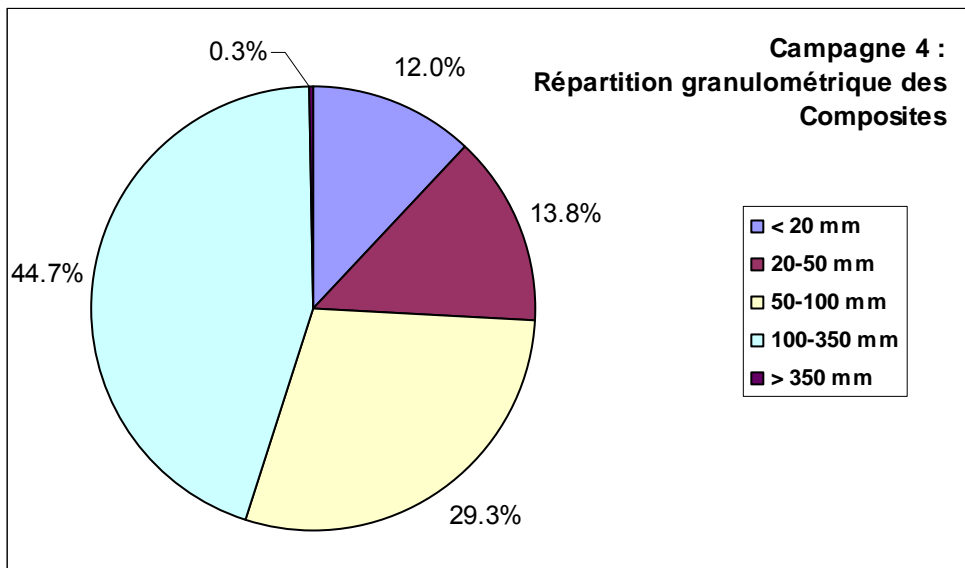


Figure 8 : Répartition des Composites (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

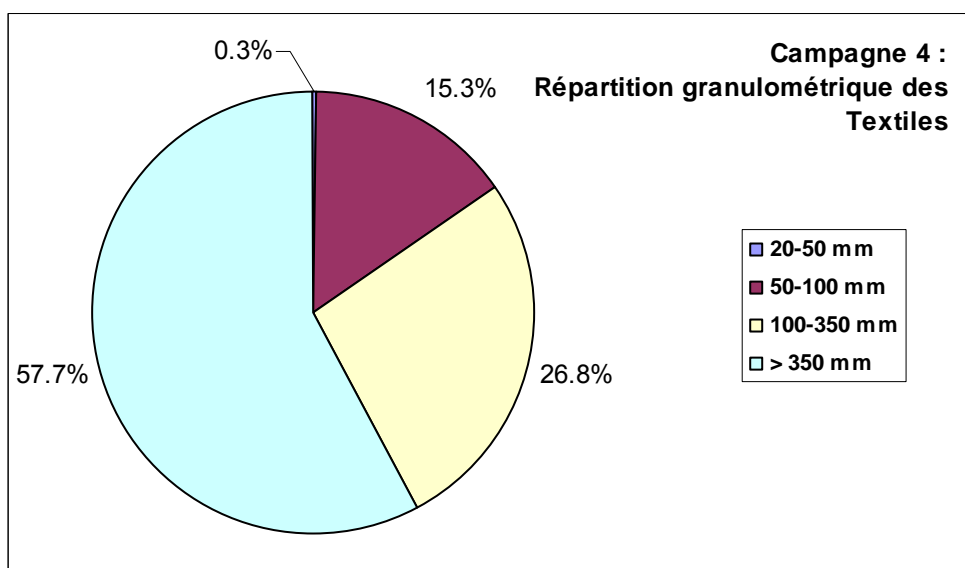


Figure 9 : Répartition des Textiles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

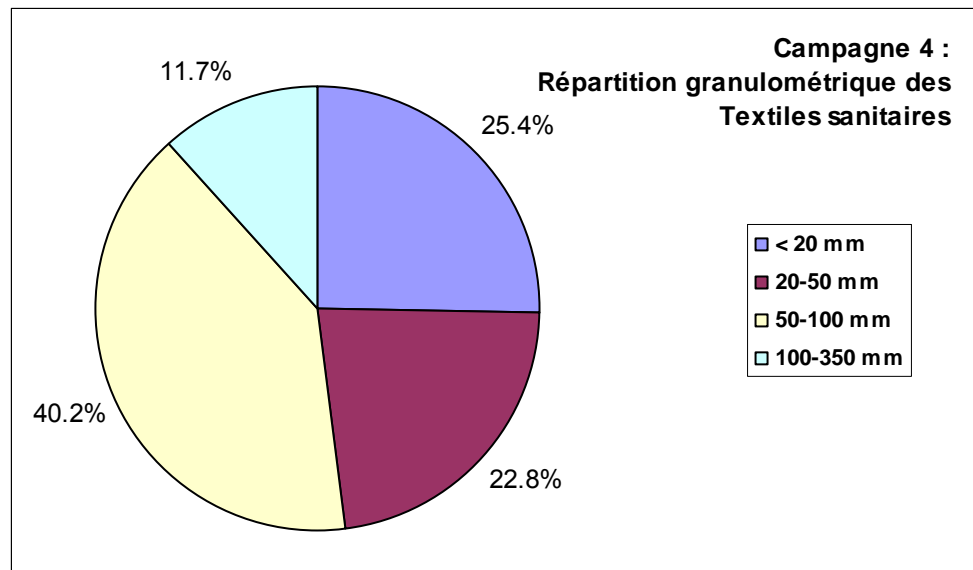


Figure 10 : Répartition des Textiles sanitaires (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

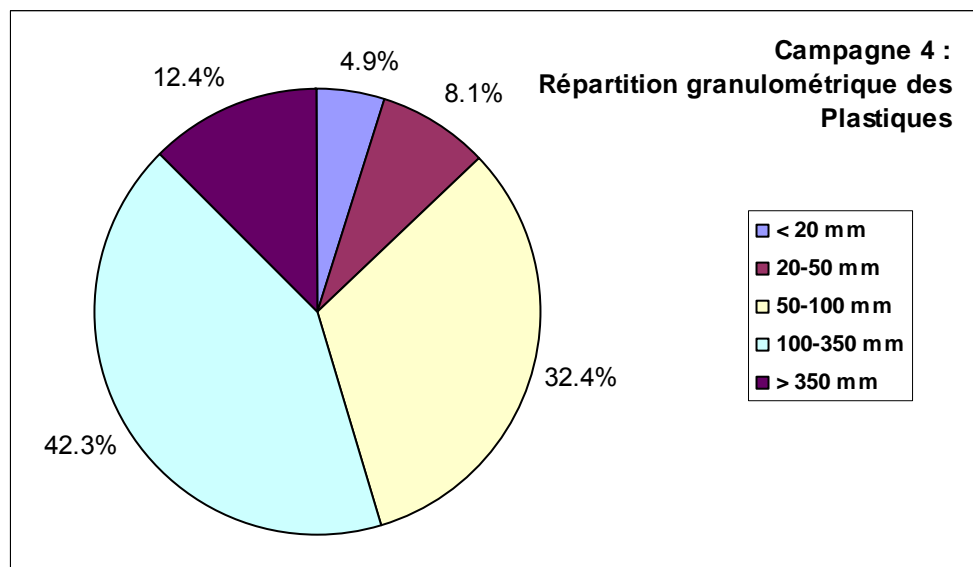


Figure 11 : Répartition des Plastiques (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

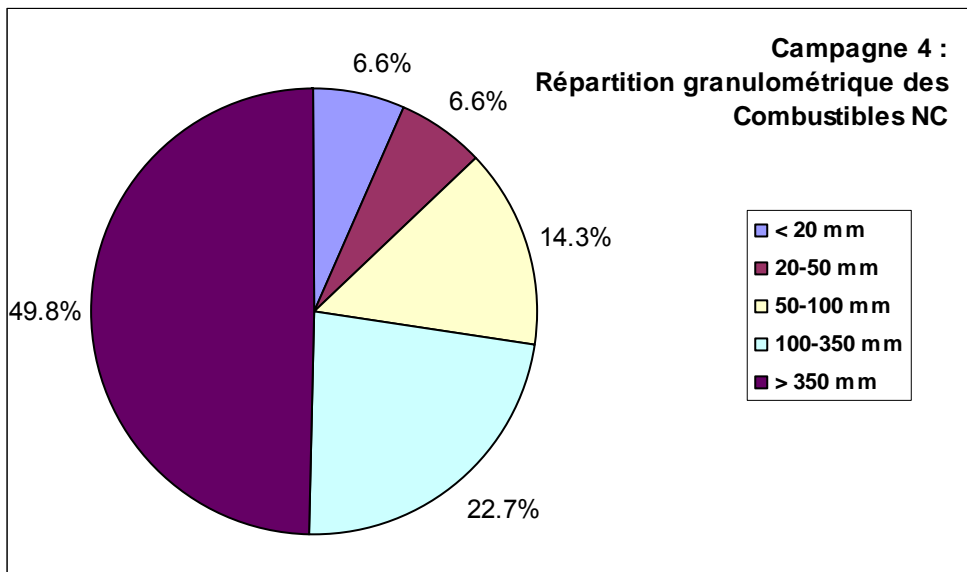


Figure 12 : Répartition des Combustibles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

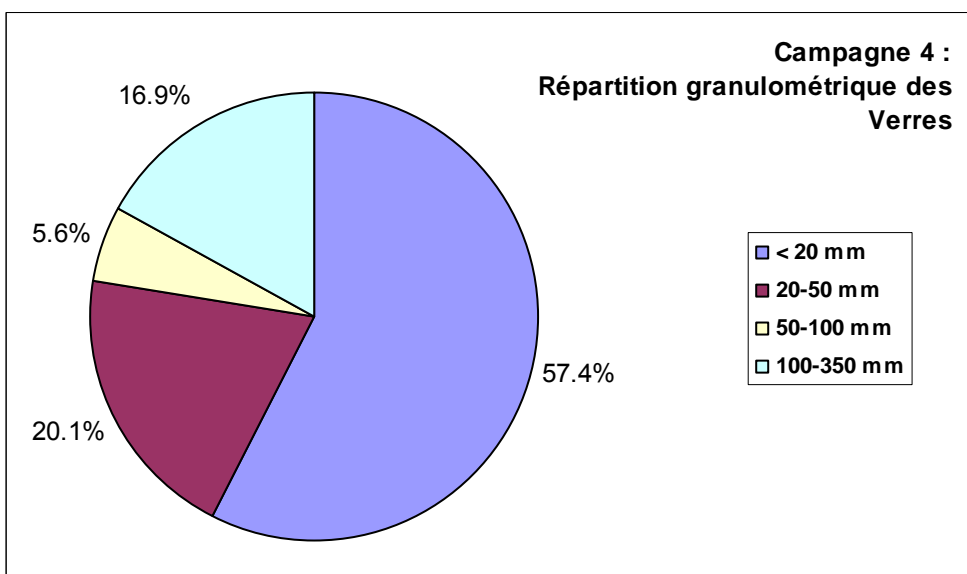


Figure 13 : Répartition du Verre (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

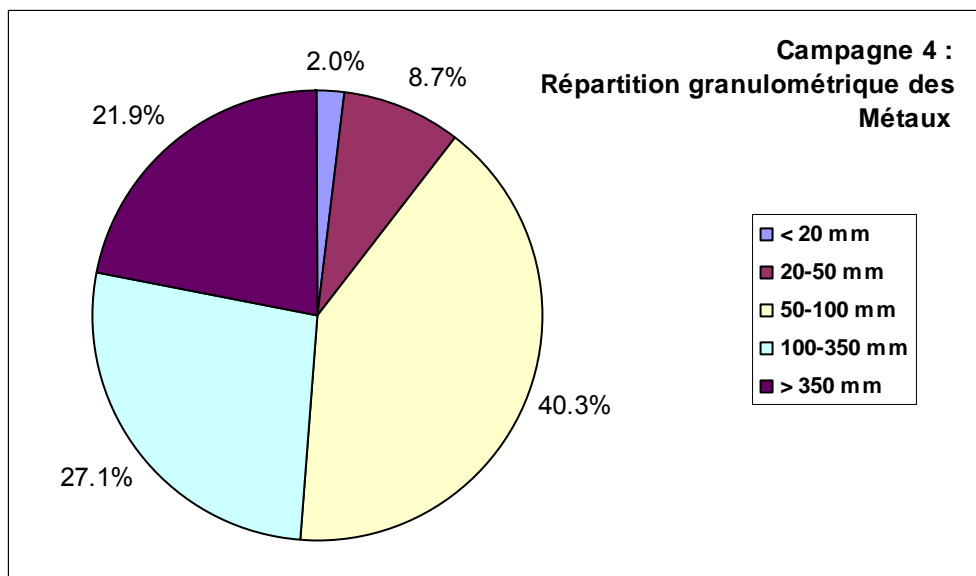


Figure 14 : Répartition des Métaux (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

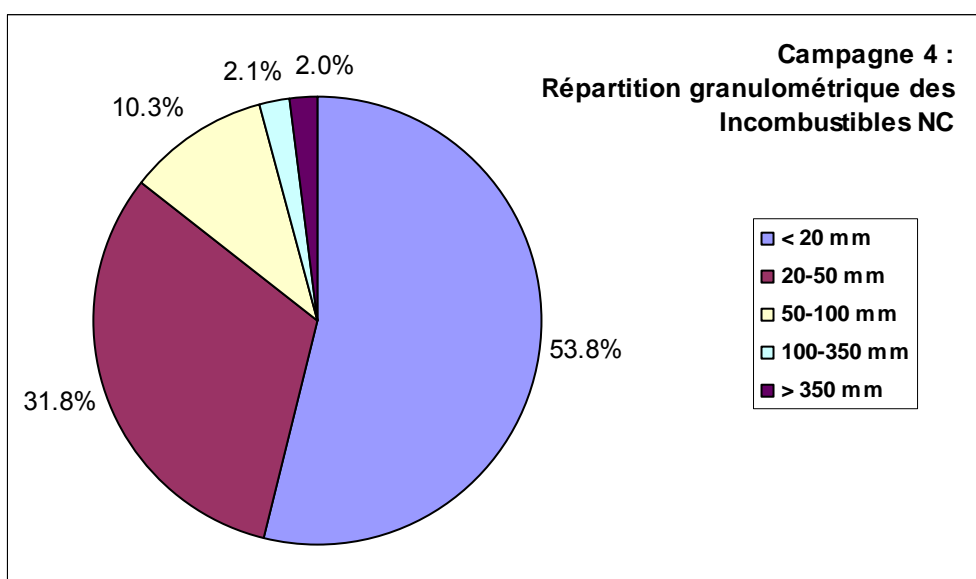


Figure 15 : Répartition des Incombustibles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

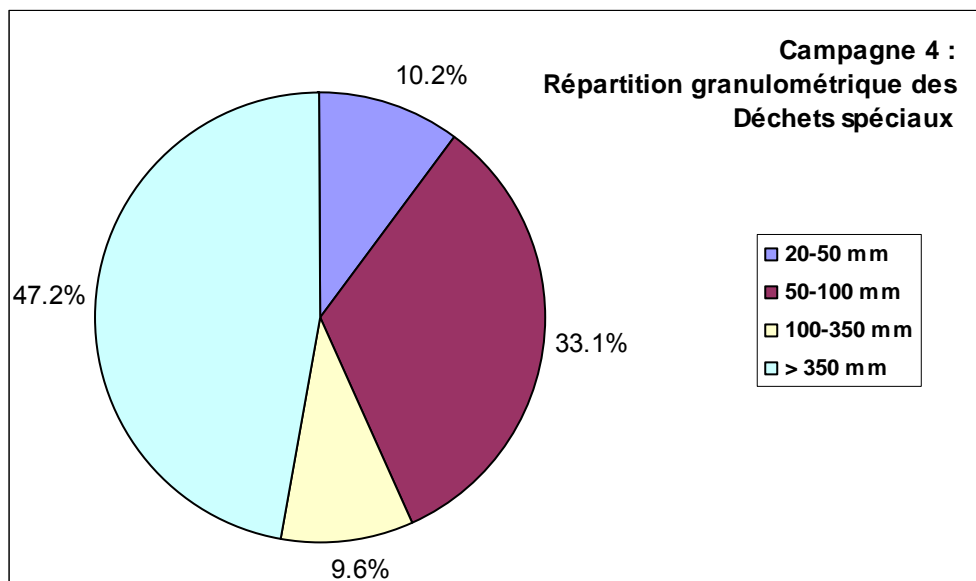


Figure 16 : Répartition des Déchets spéciaux (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

3.4.5.

3.4.6. Composition moyenne des différentes fractions granulométriques

Les figures 17 à 21 suivantes présentent la composition (en % sur sec) de chacune des fractions granulométriques considérées. On peut ainsi noter que :

- La fraction < 20 mm est composée à 55.4% de déchets fermentescibles ; même si c'est la plus faible valeur enregistrée sur les quatre campagnes, on est bien sur la même tendance générale. En corrélation avec la diminution sensible de la proportion de fermentescibles, on note une augmentation de la teneur en verre (22.6%), ainsi qu'en incombustibles non classés (8.1%).
- La fraction 20-50 mm montre une composition sensiblement différente puisque les fermentescibles sont majoritaires et en légère augmentation (23.8%), tandis que le verre diminue un peu (20.5%) Pour le reste, les textiles sanitaires représentent 13.3%, et les incombustibles 12.4%. Les autres catégories les plus représentées sont les plastiques (9.8%) et les papiers (7.9%).
- L'essentiel de la fraction 50-100 mm (65.1%) est constituée des plastiques (25.1%), des textiles sanitaires (15.1%), des papiers (14.9%) et à un degré moindre des métaux (10.0%). Le verre à tendance là aussi à enregistrer une baisse puisqu'il ne représente plus que 3.7%. Le reste des catégories les plus représentées est constitué des fermentescibles (8.6%) et des cartons (7.7%).

- Sans surprise, l'essentiel (71.1%) de la fraction 100-350 mm est constitué des papiers (33.9%), des plastiques (23.4%) et des cartons (13.8%). C'est la tranche granulométrique où l'on retrouve l'essentiel des valorisables, à savoir les journaux-magazines pour le papier, les emballages pour les cartons et les bouteilles pour les plastiques.
- La fraction > 350 mm est composée majoritairement des combustibles (25.0%), des cartons (21.5%), des plastiques (quasiment uniquement constitués de films 17.6%) et des textiles (13.7%). Les métaux représentent toutefois un peu moins de 10% (9.9%) et les déchets spéciaux 9.7%.

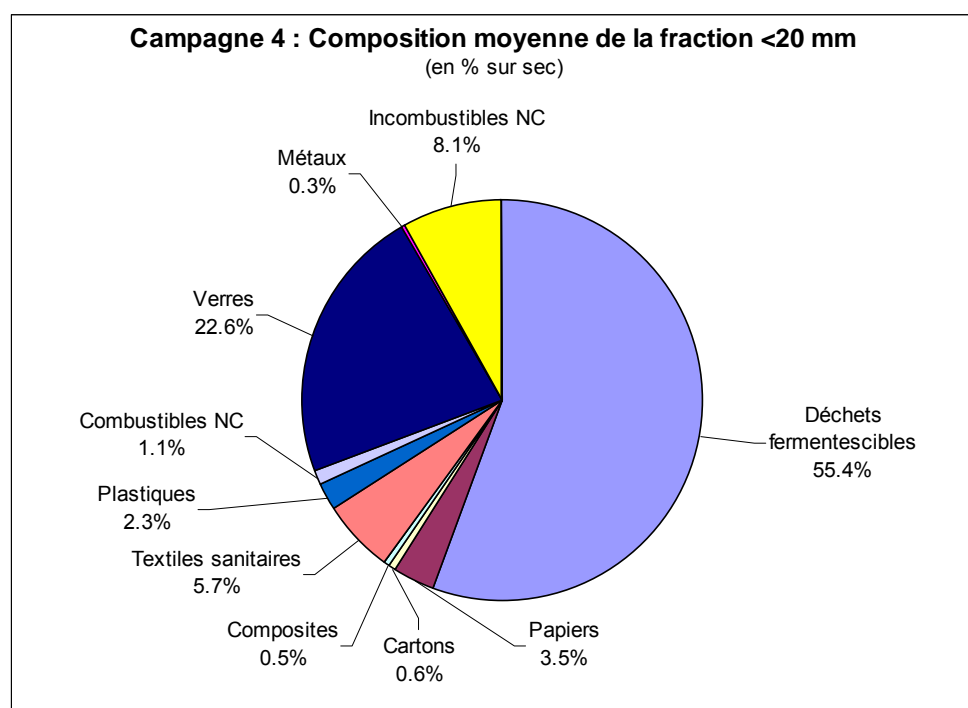


Figure 17 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction < 20 mm

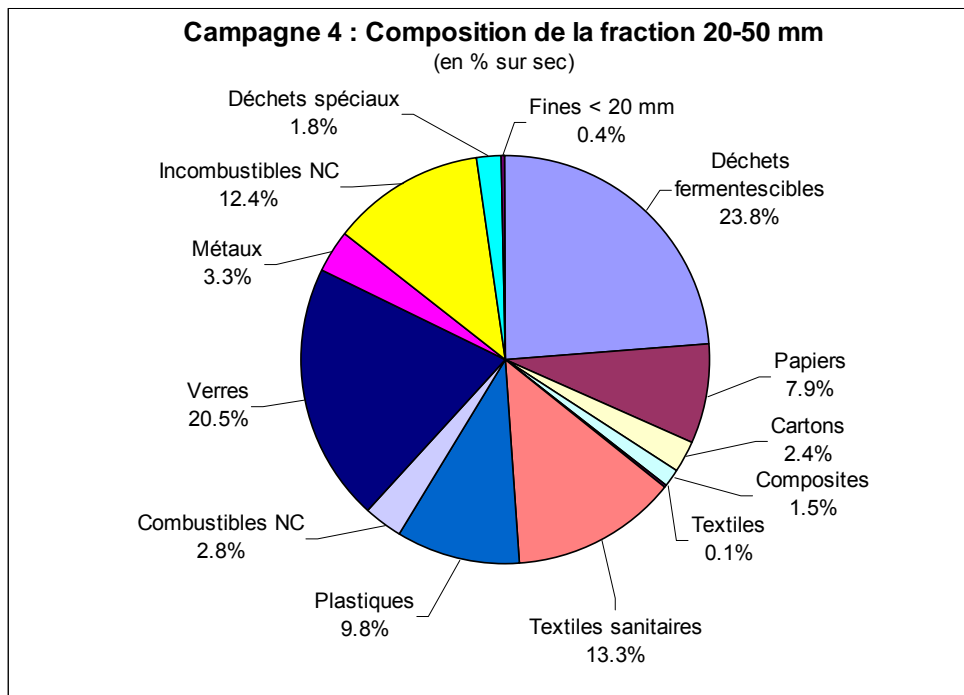


Figure 18 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction 20-50 mm

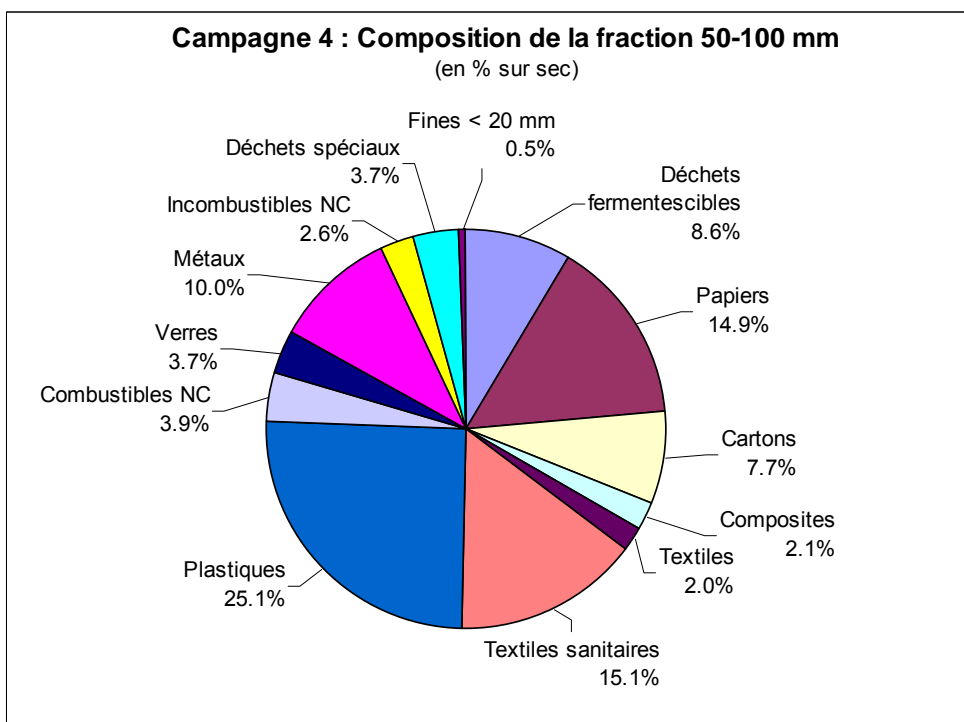


Figure 19 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction 50-100 mm

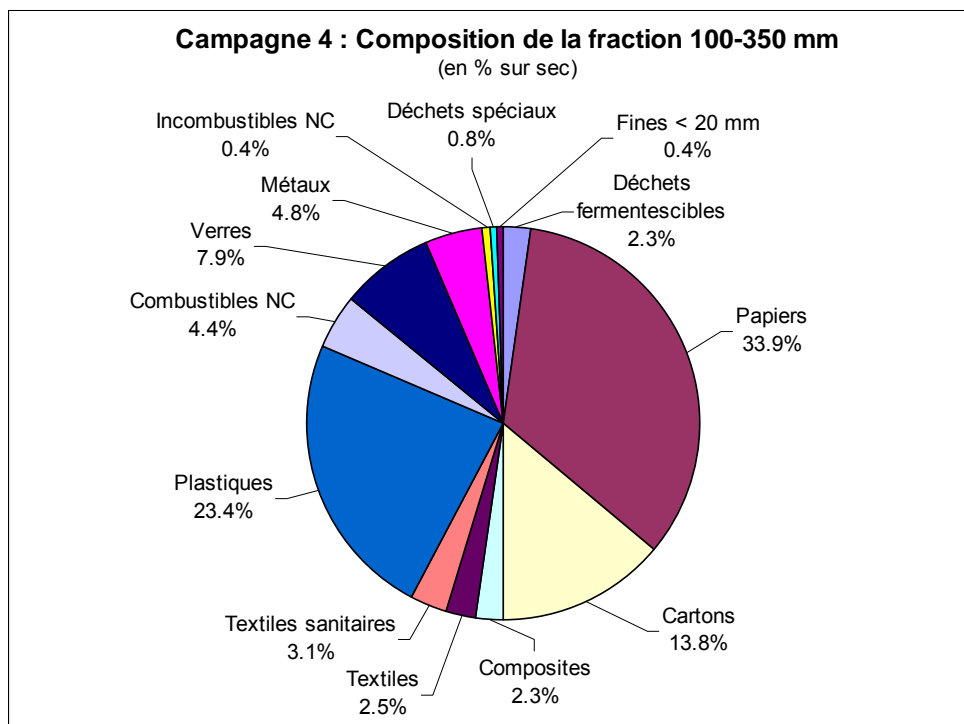


Figure 20 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction 100-350 mm

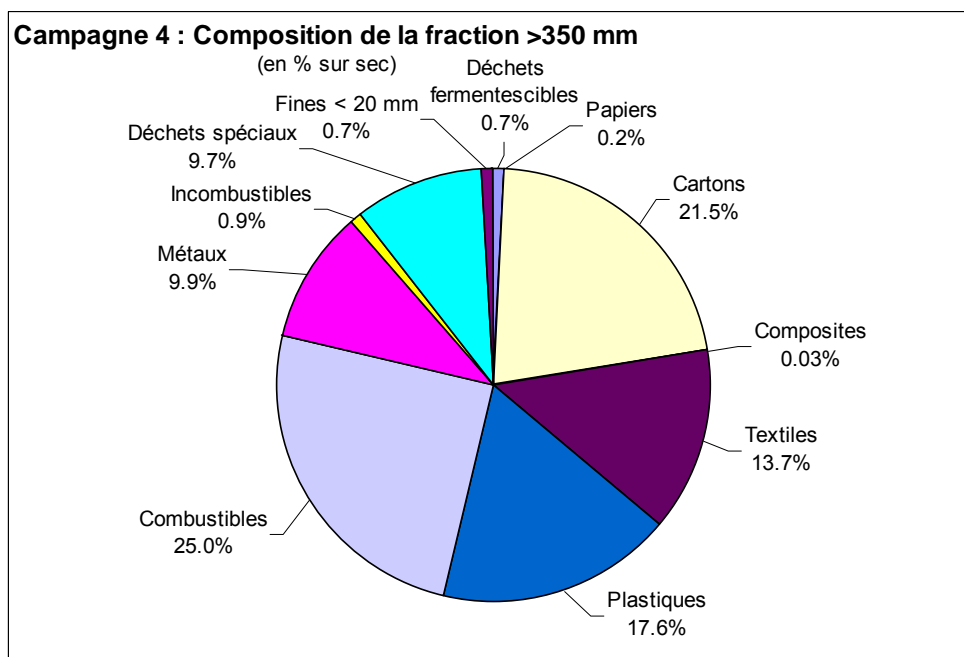


Figure 21 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction > 350 mm

4. Analyses bio-physico-chimiques

4.1. NATURE DES ANALYSES

Des analyses bio-physico-chimiques sont menées sur quatre groupes d'échantillons :

- Groupe 1 : échantillons bruts et humides pour les **analyses biologiques, dénombrement des salmonelles**,
- Groupes 2, 3 et 4 : échantillons séchés, triés et reconstitués.
 - ✓ Groupe 2 : échantillons destinés aux analyses physico-chimiques,
 - ✓ Groupe 3 : échantillons destinés à la détermination du pouvoir calorifique (PCI),
 - ✓ Groupe 4 : échantillons destinés à la détermination du potentiel méthanogène des déchets.

Les analyses ne concernent pas les déchets dont la fraction granulométrique est supérieure à 350 mm. La liste des prestataires en charge de la réalisation des analyses est présentée sur le Tableau 16 ci-dessous.

Groupes d'échantillons	Nature des analyses	Prestataires en charge de leur réalisation
Groupe 1 : Echantillons bruts et humides	Biologiques (salmonelles)	Laboratoire SOCOR (en sous-traitance à un laboratoire extérieur spécialisé en biochimie : le laboratoire SANTE ENVIRONNEMENT HYGIENE DE LYON, groupe CARSO)
Groupe 2 : Echantillons reconstitués	Physico-chimiques	Laboratoire SOCOR
Groupe 3 : Echantillons reconstitués	Détermination du PCI	Laboratoire SOCOR
Groupe 4 : Echantillons reconstitués	Détermination du potentiel méthanogène	ARIA-ENERGIES

Tableau 16 : Liste des prestataires en charge de la réalisation des analyses

4.2. PREPARATION DES ECHANTILLONS POUR ANALYSES

4.2.1. Echantillons du groupe 1 (analyses biologiques)

Les échantillons du groupe 1 ont été prélevés sur site à partir de chaque échantillon primaire d'OMr.

Le détail de la préparation des échantillons pour analyses (mode opératoire, catégories visées, caractère aléatoire du prélèvement, conservation, transport des échantillons et nombre d'échantillons prélevés) est présenté dans le rapport de la deuxième campagne BRGM RP-55586-FR de Juin 2007.

4.2.2. Echantillons des groupes 2, 3 et 4 (analyses élémentaires, PCI et potentiel méthanogène)

Les échantillons des groupes 2, 3 et 4 sont destinés respectivement aux analyses physico-chimiques, à la détermination du PCI et à la détermination du potentiel méthanogène.

a) Reconstitution des échantillons

Une fois réalisées les opérations de séchage, criblage et tri pour l'ensemble des échantillons primaires, des échantillons secondaires sont constitués. Cette étape est menée dans les locaux du Brgm à Orléans. Ces échantillons secondaires sont reconstitués soit sans distinction granulométrique, soit de manière représentative d'une granulométrie donnée, selon les analyses réalisées.

Chaque échantillon secondaire est formé selon la répartition pondérale de chacune des sous-catégories concernées. La méthodologie de cette étape est exposée en détail dans le rapport de la première campagne BRGM/RP-55450-FR de Mars 2007. Les échantillons reconstitués sont enveloppés individuellement, palettisés et envoyés par messenger au laboratoire d'analyses (SOCOR).

b) Préparation par broyage et homogénéisation

Dès leur arrivée au laboratoire, les échantillons sont préparés par broyage et homogénéisation. L'utilisation d'un broyeur déchiqueteur semi-industriel permet de déchiqueter la totalité des catégories à l'exception des métaux. Ces derniers sont préparés au moyen de scies et de limes puis sont homogénéisés. En complément, un broyeur à marteau pour le broyage fin des déchets est utilisé. La granulométrie des poudres d'échantillon s'élève entre 200 et 250 µm.

4.2.3. Liste des échantillons préparés pour analyses

Les étapes de prélèvement sur site (pour analyses biologiques) et celles relatives à la constitution des échantillons secondaires ont permis de former une liste d'échantillons

indiquée dans le Tableau 17. Au total, un nombre de 84 échantillons ont été envoyés pour être analysés. La liste détaillée est présentée en Annexe 6.

Groupes d'échantillons	Nature des analyses	Nombre d'échantillons constitués
Groupe 1 : Echantillons bruts et humides	Biologiques (salmonelles)	6
Groupe 2 : Echantillons reconstitués	Physico-chimiques	17
Groupe 3 : Echantillons reconstitués	Détermination du PCI	55
Groupe 4 : Echantillons reconstitués	Détermination du potentiel méthanogène	6
TOTAL		84 échantillons

Tableau 17 : Liste des échantillons préparés pour analyses

Vu que la composition physico-chimique de certaines catégories peut demeurer identique voire très proche pour des fractions granulométriques voisines, l'ensemble des fractions granulométriques n'a pas été préparée pour analyses. Il a ainsi été réalisé une analyse par catégorie.

En ce qui concerne les échantillons reconstitués pour la **détermination du pouvoir calorifique (PCI)**, devant l'enjeu que représente la connaissance de ce paramètre pour les projets en cours de préparation par le SYCTOM de l'Agglomération Parisienne, nous avons fait réaliser plusieurs analyses par catégories de déchets. Ces analyses sont au nombre de **neuf** pour les catégories où il est le plus potentiellement variable, à savoir les composites, les textiles et les combustibles. Ces répétitions permettent d'obtenir une tendance sur l'estimation de la variance des résultats obtenus.

Les catégories verres et métaux n'ont pas fait l'objet d'analyses de détermination du PCI. En effet, dans le cas du verre, les campagnes précédentes ont montré que le PCI, très faible, était le fait de la présence de souillures sur les échantillons analysés. Pour les métaux, en accord avec le laboratoire SOCOR, le PCI a été calculée selon les résultats des analyses élémentaires par une méthode exposée en § 4.5.2.

4.3. REFERENCES NORMATIVES ET PROTOCOLES D'ANALYSES

Les analyses sont menées selon les dernières normes en vigueur : les références normatives ainsi que les protocoles d'analyses sont identiques à ceux présentés dans le rapport de la deuxième campagne BRGM RP-55586-FR de Juin 2007.

4.4. RESULTATS DES ANALYSES BIOLOGIQUES (GROUPE 1)

Les analyses portent sur une masse de 10 g d'échantillon brut et humide. Les résultats sont exposés dans le Tableau 18 ci-après.

Secteurs d'origine des échantillons	Résultats des analyses de dénombrement des salmonelles
Vitry sur Seine	Absence
Montrouge	Absence
Paris 5°	Absence
Paris 14°	Absence
Maisons Alfort	Absence
Villejuif	Absence

Tableau 18 : Résultats des analyses de dénombrement des salmonelles

Aucun des échantillons étudiés ne révèle la présence de salmonelles.

Rappelons que la présence de salmonelles est considérée comme l'un des principaux problèmes qualitatifs rencontrés dans la valorisation des composts. Ces agents pathogènes peuvent être présents dans de nombreux aliments (viande, volaille, lait, ..) et possèdent la capacité de se développer rapidement.

A titre d'information, l'agence de protection environnementale des Etats-Unis (U.S. EPA) exige un seuil standard maximum de 3 germes dans 4 g de matière sèche de compost ou de boue. Le seuil européen s'établit à « absence dans 50 g »¹; d'autre part, au Royaume-Uni, le seuil a été fixé à « absence dans 25 g ».

La norme NFU 44-051 d'avril 2006 exige :

- l'absence de germes dans 25 g de produit brut dans les amendements organiques destinés aux cultures maraichères,
- l'absence de germes dans 1 g de produit brut dans les amendements organiques destinés à toutes cultures sauf cultures maraichères.

¹ Working Document Biological Treatment of Biowaste 2nd Draft, DG ENV. A.2, Bruxelles, 2001.

4.5. RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES (GROUPE 2)

Ces résultats viennent compléter l'annexe 2 du cahier des charges de la présente mission.

4.5.1. Préambule : éléments méthodologiques sur les calculs

Calcul des taux d'humidités de chaque catégorie

Nous calculons des taux d'humidité pour chaque catégorie selon une procédure d'ajustement et de pondération à partir de la grille des humidités moyennes déterminées par le CEMAGREF. Au sein d'une même catégorie, nous utilisons, par défaut, le résultat de cette procédure pour chacune des diverses fractions granulométriques de la dite catégorie.

Cette procédure consiste en deux étapes :

- dans un premier temps, il s'agit, à partir du taux d'humidité de l'échantillon global mesuré expérimentalement, d'ajuster les valeurs du CEMAGREF en répartissant entre les diverses catégories la masse d'eau globale de chacun des 6 échantillons primaires. La masse d'eau globale est mesurée expérimentalement par séchage des échantillons.
- dans un deuxième temps, les valeurs obtenues sont pondérées en supposant une contribution égale (1/6) des 6 échantillons primaires. En toute rigueur, il nous faudrait connaître le gisement annuel correspondant à chacune des zones de collecte d'où proviennent les échantillons primaires.

Le Tableau 19 présente les taux d'humidité obtenus grâce à cette procédure de calcul et la Figure 22 présente les mêmes valeurs par ordre décroissant. Il est entendu qu'il nous est impossible de tenir compte de la redistribution des fines au sein des catégories. Ainsi, ces valeurs ne fournissent qu'une estimation des humidités réelles.

Catégories	Humidité (%)
Fermentescibles	65.1
Papiers	19.8
Cartons	14.8
Composites	23.7
Textiles	19.0
Textiles sanitaires	60.5
Plastiques	27.3
Combustibles non classés	10.1
Verres	2.7
Métaux Fe	7.9
Métaux NFe	7.7
Incombustibles	5.9
Déchets Spéciaux	6.0
Éléments fins	37.3
Moyenne	34.8

Tableau 19 : Humidités ajustées et pondérées des catégories MODECOM™ des OMr

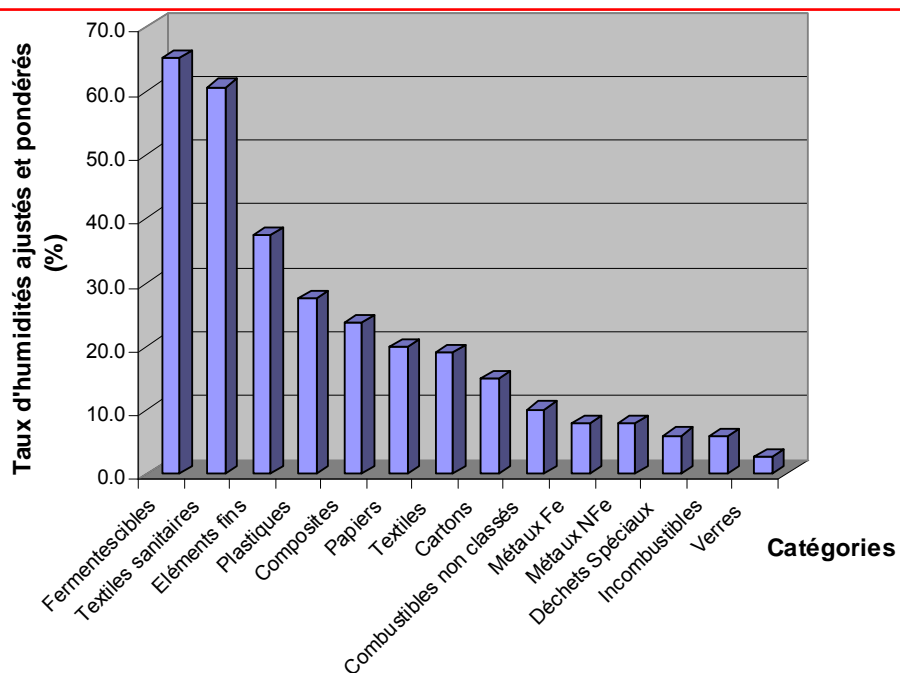


Figure 22 : Taux d'humidité (ajustés et pondérés) des catégories MODECOM™ classés par ordre décroissant

Conversion du « PCI sur sec » en « PCI sur humide »

La valeur de PCI sur humide est obtenue en appliquant la formule suivante :

$$PCI_{cal / g \text{ humide}} = PCI_{cal / g \text{ sec}} \times [(100 - Hum\%) / 100] - (550 \times Hum\% / 100)$$

La conversion des valeurs de PCI sur sec en valeurs sur humide tient compte des teneurs en eau (ajustées et pondérées pour chaque catégorie comme vu précédemment) et de l'enthalpie de vaporisation de l'eau à 100°C sous une pression de 1 atm.

Comparaison du PCI avec les résultats des analyses du groupe 3

Les valeurs de PCI issues des échantillons du groupe 2 (série analyses physico-chimiques avec distinction granulométrique) sont comparées à celles obtenues sur les échantillons du groupe 3 (série spécifique d'échantillons pour détermination du PCI, sans distinction granulométrique).

Pour les catégories qui ont fait l'objet de répétitions, les valeurs ont été calées selon une loi normale déterminée d'après la méthodologie décrite au § 4.6.

Les valeurs présentées sont exprimées en « cal/gMS » puis converties en « cal/gMH » et « kJ/kgMH ».

Présentation des résultats

Les résultats des analyses sont rassemblés et présentés sous forme de tableau de synthèse en Annexe 7.

4.5.2. Composition physico-chimique moyenne par catégorie

Cette partie présente en détail la composition physico-chimique de chacune des catégories MODECOM™.

a) Catégorie *FERMENTESCIBLES*

Composition, répartition en fonction de la granulométrie et poids de la catégorie au sein du gisement

Si l'on exclut la fraction < 20 mm, la catégorie Fermentescibles est majoritairement composée de déchets alimentaires. Elle présente, à 90% en masse, une granulométrie inférieure à 50 mm.

En moyenne sur la campagne, elle constitue **9.3% ± 5.3** de la masse humide des déchets étudiés (pour mémoire, campagne n°1 : 7.8% ± 3.1, campagne n° 2 : 8.8% ± 1.3 et campagne n°3 : 7.9% ± 4.3).

Distinction Paris – Banlieue

Cette catégorie représente **7.2%** de la masse humide des déchets sur les prélèvements de banlieue (Vitry sur Seine, Montrouge, Maisons-Alfort et Villejuif) et **13.7%** sur les deux arrondissements de Paris (Paris 5° et Paris 14°). On observe en effet de fortes disparités selon les secteurs : de 4.8% sur Maisons-Alfort à 19.7% sur Paris 14°.

Echantillons analysés

Les analyses ont été réalisées sur la fraction granulométrique 20-50 mm.

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 20 ci-après.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Fermentescibles 20-50 mm
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	93.0
Cendres	% (MS)	6.9
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	4 070
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	34.9
Matière organique	% (MS)	93.0
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	4.2
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	18 600
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	4 400
Potassium (K)	mg/kg (MS)	11 000
Carbone total	% (MS)	46.0
Rapport C/N	-	24.7
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	64
Chlore	% (MS)	0.33
Fluor	% (MS)	0.0270
Soufre	% (MS)	0.11
Hydrogène	% (MS)	6.20
Rapport C/H	-	7.4
Éléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	9 800
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	2 100
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	1 200
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	4 400
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	920
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	860
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	350
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	7
Mercurie (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	15
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	2
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	10
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	28
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	16
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	9
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	< 1
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	18
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	< 1
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	0.2
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 25
PCT	mg/kg (MS)	< 10
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	0.07
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05

Tableau 20 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Fermentescibles »

➤ **Comportement à l'incinération**

Les valeurs de **perte au feu** et **PCI sur sec** sont dans la fourchette des valeurs observées lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME.

Le taux de cendres sur produit sec s'établit à 6.9%MS. Il est intéressant de comparer ces valeurs à des données issues de la littérature (Garcia *et al.*, 2005) : on s'aperçoit ainsi que les valeurs de cendres peuvent s'échelonner entre 4.9% et 21.8%MS selon la nature du déchet : 4.9%MS pour des déchets de viande ; 7.9%MS pour des fruits et légumes ; 21.8%MS pour du poisson (valeurs obtenues par analyses sur des déchets ménagers biodégradables ; étude menée en Espagne).

➤ **PCI sur humide**

Le PCI sur sec s'élève à 4 070 cal/gMS, soit une valeur sur humide de **1 062 cal/gMH** (soit 4 445 kJ/kgMH).



Comparaison avec les résultats des analyses du groupe 3 (cf. 4.6)

Cette valeur de PCI est à rapprocher de celle obtenue sur les échantillons du groupe 3 (pour détermination du PCI) : 4 029 cal/gMS (moyenne sur 3 répétitions sur cette catégorie puis calée sur une loi normale), soit une valeur sur humide de **1 046 ± 20 cal/gMH** (soit 4 379 kJ/kgMH).

Les valeurs mesurées par analyses sont homogènes entre elles et conformes à la fourchette de valeurs observées lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 : 969 à 1 248 cal/gMH.

➤ **Potentiel de valorisation matière**

Le rapport C/N s'établit à **24.7**, pour une valeur de Carbone égale à 46.0% et une teneur en Azote total de 18 600 mg/kgMS.

Cette catégorie présente, très logiquement, un potentiel humique favorable à la formation d'humus stable après décomposition.

➤ **Autres composants**

Le rapport C/H de cette catégorie s'établit à 7.4. Il est le même que celui observé lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993.

➤ **Éléments majeurs**

La comparaison avec les valeurs observées au cours de la 3^{ème} campagne pour la même granulométrie révèle des ordres de grandeur similaires concernant la teneur en éléments majeurs, hormis dans le cas du **Fer** où les teneurs sont ici plus faibles.

➤ **Métaux et éléments mineurs**

En regard des valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 21), l'apport de la catégorie Fermentescibles ne contribue jamais à une hauteur supérieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour ces éléments.

Elément	Unité	Catégorie Fermentescibles	Valeurs limites NFU 44-051	Mesure / Valeur limite
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	18	< 1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	7	120	6%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	15	180	8%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	12	< 1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	2	60	3%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	10	300	3%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	28	600	5%
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	0.07	4	2%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	2.5	< 2%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05	1.5	< 3%

Tableau 21 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Fermentescibles » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

➤ **PCB**

Nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie. La limite de quantification des appareils d'analyse ne permet pas de mesurer des valeurs sous 25 mg/gMS.

A titre de comparaison, les mesures de PCB issues de la littérature (Garcia *et al.*, 2005) mettent en évidence des résultats très faibles, compris entre 4.0 ± 0.80 et 5.8 ± 0.51 ng/gMS sur des échantillons de déchets fermentescibles.

➤ **HAP**

L'apport de la catégorie Fermentescibles contribue à une hauteur inférieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour l'ensemble des HAP analysés.

A titre d'information, rappelons que c'est la combustion incomplète de produits organiques qui entraîne la formation d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dont certains sont probablement cancérogènes pour l'homme. La chaîne alimentaire est la principale voie de contamination.

La contamination peut avoir deux origines :

- origine environnementale, par les industries, le chauffage domestique, les transports, l'incinération des déchets,... émettant des HAP dans l'environnement qui vont ultérieurement se déposer sur les productions alimentaires,
- origine technologique, par certaines technologies alimentaires parmi lesquelles le fumage, le grillage, le séchage direct et la torréfaction qui peuvent contribuer à une pollution importante des aliments.

Plus généralement, les grillages directs sur flamme et les cuissons risquent d'entraîner un niveau élevé de HAP dans les aliments lorsque les fumées de combustion se trouvent en contact avec l'aliment.

Actuellement, aucune teneur maximale en HAP n'est fixée pour les produits dont la contamination en HAP résulte de mauvaises pratiques de séchage des denrées alimentaires ou de leur cuisson ou encore d'une pollution environnementale.

b) Catégorie PAPIERS

Composition, répartition en fonction de la granulométrie et poids de la catégorie au sein du gisement

La catégorie Papiers se divise de manière homogène entre les sous-catégories Autres papiers, Imprimés non sollicités et Journaux, les Emballages ne représentant qu'une faible part. Elle présente, à plus de 60% en masse, une granulométrie comprise entre 100 et 350 mm.

En moyenne sur la campagne, elle constitue **10.1% ± 2.6** de la masse humide des déchets étudiés (pour mémoire, campagne n°1 : 16.4% ± 4.4, campagne n° 2 : 16.5% ± 4.4 et campagne n° 3 : 14.2% ± 6.3).

Distinction Paris – Banlieue

Cette catégorie représente **9.4%** de la masse humide des déchets sur les prélèvements de banlieue (avec notamment une faible valeur de 5.6% sur Villejuif) et **11.4%** sur les deux arrondissements de Paris.

Echantillons analysés

Les analyses ont été réalisées sur la fraction granulométrique 100-350 mm.

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 22.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Papiers 100-350 mm
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	69.3
Cendres	% (MS)	24.4
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	2 813
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	80.2
Matière organique	% (MS)	69.3
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	20.4
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	2 000
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	160
Potassium (K)	mg/kg (MS)	2 200
Carbone total	% (MS)	35.1
Rapport C/N	-	176
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	220
Chlore	% (MS)	0.04
Fluor	% (MS)	0.0140
Soufre	% (MS)	0.03
Hydrogène	% (MS)	4.45
Rapport C/H	-	7.9
Éléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	46 000
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	1 200
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	3 800
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	36 000
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	16 000
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	160
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	1 100
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	0.1
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	21
Mercuré (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	2 200
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	18
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	32
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	20
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	15
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	3
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	2
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	50
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	3
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	0.2
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 25
PCT	mg/kg (MS)	< 10
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	0.12
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	0.06

Tableau 22 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Papiers »

➤ **Comportement à l'incinération**

Les valeurs de **perte au feu** et **PCI sur sec** sont dans la fourchette des valeurs observées lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME.

Le taux de cendres sur produit sec s'établit à 24.4%.

➤ **PCI sur humide**

Le PCI sur sec s'élève à 2 813 cal/gMS, soit une valeur sur humide de **2 146 cal/gMH** (soit 8 982 kJ/kgMH).



Comparaison avec les résultats des analyses du groupe 3 (cf. 4.6)

Cette valeur de PCI est à rapprocher de celle obtenue sur les échantillons du groupe 3 (pour détermination du PCI) : 2 799 cal/gMS (moyenne sur 3 répétitions sur cette catégorie puis calée sur une loi normale), soit une valeur sur humide de **2 133 ± 340 cal/gMH** (soit 8 926 kJ/kgMH).

Les valeurs mesurées par analyses sont homogènes entre elles et conformes à la fourchette de valeurs observées lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 : 1 980 à 3 277 cal/gMH.

➤ **Potentiel de valorisation matière**

Le rapport C/N s'établit à **176**, pour une valeur de Carbone égale à 35.1% et une teneur en Azote total de 2 600 mg/kgMS.

➤ **Autres composants**

Le rapport C/H de cette catégorie s'établit à 7.9. Il est tout à fait conforme à celui observé lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 qui s'établit à 7.6.

➤ **Éléments majeurs**

La comparaison avec les valeurs observées au cours de la 3^{ème} campagne pour la même granulométrie révèle des ordres de grandeur similaires concernant la teneur en éléments majeurs.

➤ **Métaux et éléments mineurs**

En regard des valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 23), l'apport de la catégorie Papiers contribue à une hauteur légèrement supérieure à sa contribution massique dans la composition des OMR pour les éléments **Chrome** et **Cuivre**. Cette contribution est plus élevée pour l'élément **Nickel**. La grande valeur relative au **Plomb** semble correspondre à une valeur aberrante en regard de celles obtenue lors des campagnes précédentes (18 ; 15 et 8 ppm MS). Cela peut éventuellement provenir d'un papier souillé, par la présence d'une erreur de saisie par le laboratoire d'analyses.

Elément	Unité	Catégorie Papiers	Valeurs limites NFU 44-051	Mesure / Valeur limite
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	0.3	18	1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	21	120	18%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	2 200	180	1 222%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	12	< 1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	18	60	30%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	32	300	11%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	20	600	3%
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	0.12	4	3%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	2.5	< 2%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	0.06	1.5	4%

Tableau 23 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Papiers » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

➤ **PCB**

Nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie. La limite de quantification des appareils d'analyse ne permet pas de mesurer des valeurs sous 25 mg/gMS.

➤ **HAP**

L'apport de la catégorie Papiers contribue à une hauteur inférieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour l'ensemble des HAP analysés.

c) Catégorie CARTONS

Composition, répartition en fonction de la granulométrie et poids de la catégorie au sein du gisement

La catégorie Cartons est quasi exclusivement composée de cartons d'emballages, équitablement répartis entre les cartons plats et ondulés. Elle présente, à plus de 75% en masse, une granulométrie supérieure à 100 mm.

En moyenne sur la campagne, elle constitue **6.1% ± 1.5** de la masse humide des déchets étudiés (pour mémoire, campagne n°1 : 7.3% ± 1.7 et campagne n°2 : 7.5% ± 1.7 et campagne n°3 : 5.8% ± 1.4).

Distinction Paris – Banlieue

Les teneurs en cartons, rapportées à la masse humide totale, sont globalement équivalentes qu'il s'agisse des prélèvements en banlieue ou sur les deux arrondissements de Paris.

Echantillons analysés

Les analyses ont été réalisées sur la fraction granulométrique 100-350 mm.

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 24.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Cartons 100-350 mm
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	85.5
Cendres	% (MS)	10.9
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	4 213
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	85.2
Matière organique	% (MS)	85.5
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	9.5
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	2 400
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	200
Potassium (K)	mg/kg (MS)	1 200
Carbone total	% (MS)	44.5
Rapport C/N	-	185
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	110
Chlore	% (MS)	0.10
Fluor	% (MS)	0.0012
Soufre	% (MS)	0.13
Hydrogène	% (MS)	5.76
Rapport C/H	-	7.7
Éléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	40 000
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	1 400
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	1 500
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	11 000
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	8 400
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	1 800
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	660
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	11
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	12
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	6
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	21
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	40
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	21
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	2
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	4
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	1
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	33
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	4
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	0.2
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 25
PCT	mg/kg (MS)	< 10
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	15.94
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	5.05
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	2.17

Tableau 24 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Cartons »

➤ **Comportement à l'incinération**

Les valeurs de **perte au feu** et **PCI sur sec** sont légèrement supérieures aux valeurs observées lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME.

Le taux de cendres sur produit sec s'établit à 10.9%MS.

➤ **PCI sur humide**

Le PCI sur sec s'élève à 4 213 cal/gMS, soit une valeur sur humide de **3 508 cal/gMH** (soit 14 682 kJ/kgMH).



Comparaison avec les résultats des analyses du groupe 3 (cf. 4.6)

Cette valeur de PCI est à rapprocher de celle obtenue sur les échantillons du groupe 3 (pour détermination du PCI) : 3 806 cal/gMS (moyenne sur 3 répétitions sur cette catégorie puis calée sur une loi normale), soit une valeur sur humide de **3 157 ± 213 cal/gMH** (soit 13 213 kJ/kgMH).

Les valeurs mesurées par analyses sont homogènes entre elles mais nettement supérieures à la fourchette de valeurs observées lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 : 2 258 à 2 352 cal/gMH.

➤ **Potentiel de valorisation matière**

Le rapport C/N s'établit à **185**, pour une valeur de Carbone égale à 44.5% et une teneur en Azote total de 2 400 mg/kgMS.

➤ **Autres composants**

Le rapport C/H de cette catégorie s'établit à 7.7. Il est conforme à celui observé lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 qui s'établit à 6.8.

➤ **Éléments majeurs**

La comparaison avec les valeurs observées au cours de la 3^{ème} campagne pour la même granulométrie révèle des ordres de grandeur similaires concernant la teneur en éléments majeurs.

➤ **Métaux et éléments mineurs**

En regard des valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 25), l'apport de la catégorie Cartons contribue à une hauteur légèrement supérieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour les éléments **Chrome, Plomb, Nickel, Cuivre et Zinc**.

Elément	Unité	Catégorie Cartons	Valeurs limites NFU 44-051	Mesure / Valeur limite
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	18	< 1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	11	120	9%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	12	180	7%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0.1	12	1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	6	60	10%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	21	300	7%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	40	600	7%
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	15.94	4	399%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	5.05	2.5	202%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	2.17	1.5	145%

Tableau 25 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Cartons » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

➤ **PCB**

Nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie. La limite de quantification des appareils d'analyse ne permet pas de mesurer des valeurs sous 25 mg/gMS.

➤ **HAP**

Les valeurs très importantes relevées pour ce paramètre ne peuvent s'expliquer que par une erreur de saisie au laboratoire d'analyses.

d) Catégorie COMPOSITES

Composition, répartition en fonction de la granulométrie et poids de la catégorie au sein du gisement

La catégorie Composites est composée pour quasiment la moitié d'Emballages Liquides Alimentaires. Elle présente ainsi, à 74% en masse, une granulométrie comprise entre 50 et 350 mm.

En moyenne sur la campagne, elle constitue **1.1% ± 0.2** de la masse humide des déchets étudiés (pour mémoire, campagne n°1 : 1.2% ± 0.2, campagne n° 2 : 1.4% ± 0.6 et campagne n°3 : 1.2% ± 0.3).

Distinction Paris – Banlieue

Les teneurs en composites, rapportées à la masse humide totale, sont quasi équivalentes qu'il s'agisse des prélèvements en banlieue ou sur les deux arrondissements de Paris.

Echantillons analysés

Les analyses ont été réalisées la fraction granulométrique 100-350 mm.

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 26.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Composites 100-350 mm
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	87.5
Cendres	% (MS)	11.1
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	5 241
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	76.3
Matière organique	% (MS)	87.5
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	9.0
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	2 400
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	61
Potassium (K)	mg/kg (MS)	350
Carbone total	% (MS)	49.5
Rapport C/N	-	206
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	45
Chlore	% (MS)	0.13
Fluor	% (MS)	0.0160
Soufre	% (MS)	0.03
Hydrogène	% (MS)	6.99
Rapport C/H	-	7.1
Éléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	10 000
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	750
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	340
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	5 700
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	15 000
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	230
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	280
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	6
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	2
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	4
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	14
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	11
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	10
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	< 1
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	2
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	1
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	10
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	2
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	0.4
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 25
PCT	mg/kg (MS)	< 10
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	0.25
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05

Tableau 26 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Composites »

➤ **Comportement à l'incinération**

Les valeurs de **PCI sur sec** et de **perte au feu** sont parfaitement conformes à celles observées lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME.

Le taux de cendres sur produit sec s'établit à 11.1%MS.

➤ **PCI sur humide**

Le PCI sur sec s'élève à 5 241 cal/gMS, soit une valeur sur humide de **3 868 cal/gMH** (soit 16 187 kJ/kgMH).



Comparaison avec les résultats des analyses du groupe 3 (cf. 4.6)

Cette valeur de PCI est à rapprocher de celle obtenue sur les échantillons du groupe 3 (pour détermination du PCI) : 5 271 cal/gMS (moyenne sur 9 répétitions de cette catégorie puis calée selon une loi normale), soit une valeur sur humide de **3 887 ± 114 cal/gMH** (soit 16 266 kJ/kgMH).

Les valeurs mesurées par analyses sont homogènes entre elles et légèrement supérieures à la fourchette de valeurs observées lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 : 3 396 à 3 730 cal/gMH.

➤ **Potentiel de valorisation matière**

Le rapport C/N s'établit à **206**, pour une valeur de Carbone égale à 49.5% et une teneur en Azote total de 2 400 mg/kgMS.

➤ **Autres composants**

Le rapport C/H de cette catégorie s'établit à 7.1. Il est légèrement plus important que celui observé lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 qui s'établit à 6.

➤ **Éléments majeurs**

La comparaison avec les valeurs observées au cours de la 3^{ème} campagne pour la même granulométrie révèle des ordres de grandeur similaires concernant la teneur en éléments majeurs, hormis dans le cas du **Sodium**, de l'**Aluminium** et du **Fer** où les teneurs sont ici légèrement plus faibles.

➤ **Métaux et éléments mineurs**

En regard des valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 27), l'apport de la catégorie Composites contribue à une hauteur supérieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour les éléments **Chrome**, **Nickel**, **Cuivre** et **Zinc**.

Elément	Unité	Catégorie Composites	Valeurs limites NFU 44-051	Mesure / Valeur limite
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	18	< 1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	6	120	5%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	2	180	1%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	12	< 1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	4	60	7%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	14	300	5%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	11	600	2%
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	0.25	4	6%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	2.5	< 2%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05	1.5	< 3%

Tableau 27 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Composites » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

➤ **PCB**

Nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie. La limite de quantification des appareils d'analyse ne permet pas de mesurer des valeurs sous 25 mg/gMS.

➤ **HAP**

L'apport de la catégorie Composites contribue à une hauteur supérieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour l'élément **Fluoranthène**.

e) Catégorie **TEXTILES**

Composition, répartition en fonction de la granulométrie et poids de la catégorie au sein du gisement

La catégorie Textiles est composée à plus de 60% de vêtements. Elle présente, à environ 85% en masse, une granulométrie supérieure à 100 mm.

En moyenne sur la campagne, elle constitue **2.1% ± 0.8** de la masse humide des déchets étudiés (pour mémoire, campagne n°1 : 3.4% ± 2.2, campagne n°2 : 1.8% ± 1.3 et campagne n°3 : 3.2% ± 1.6).

Distinction Paris – Banlieue

Cette catégorie représente **2.1%** de la masse humide des déchets sur les prélèvements de banlieue comme sur les deux arrondissements de Paris.

Echantillons analysés

Les analyses ont été réalisées sur la fraction granulométrique 100-350 mm.

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 28.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Textiles 100-350 mm
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	95.1
Cendres	% (MS)	3.7
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	4 029
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	81.0
Matière organique	% (MS)	95.1
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	3.1
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	2 800
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	670
Potassium (K)	mg/kg (MS)	480
Carbone total	% (MS)	45.6
Rapport C/N	-	163
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	54
Chlore	% (MS)	0.07
Fluor	% (MS)	0.0010
Soufre	% (MS)	0.03
Hydrogène	% (MS)	5.85
Rapport C/H	-	7.8
Éléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	14 000
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	630
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	470
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	1 300
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	1 500
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	430
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	300
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	6
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	10
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	3
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	6
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	31
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	17
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	300
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	1
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	21
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	< 1
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	7.0
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 25
PCT	mg/kg (MS)	< 10
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	0.10

Tableau 28 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Textiles »

➤ **Comportement à l'incinération**

Les valeurs de **PCI sur sec** et de **perte au feu** sont conformes aux valeurs observées lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME.

Le taux de cendres sur produit sec s'établit à 3.7%MS.

➤ **PCI sur humide**

Le PCI sur sec s'élève à 4 029 cal/gMS, soit une valeur sur humide de **3 160 cal/gMH** (soit 13 225 kJ/kgMH).



Comparaison avec les résultats des analyses du groupe 3 (cf. 4.6)

Cette valeur de PCI est à rapprocher de celle obtenue sur les échantillons du groupe 3 (pour détermination du PCI) : 4 907 cal/gMS (moyenne sur 9 répétitions de cette catégorie puis calée selon une loi normale), soit une valeur sur humide de **3 865 ± 422 cal/gMH** (16 175 kJ/kgMH).

La valeur relevée au cours des analyses physico-chimiques est globalement inférieure à celles mesurées au cours des analyses spécifiques du PCI. Ces dernières sont légèrement supérieures à la fourchette de valeurs observées lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 : 2 756 à 3 516 cal/gMH.

➤ **Potentiel de valorisation matière**

Le rapport C/N s'établit à **163**, pour une valeur de Carbone égale à 45.6% et une teneur en Azote total de 2 800 mg/kgMS.

➤ **Autres composants**

Le rapport C/H de cette catégorie s'établit à 7.8. Il est légèrement plus faible que celui observé lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 qui s'établit à 9.3.

➤ **Éléments majeurs**

La comparaison avec les valeurs observées au cours de la 3^{ème} campagne pour la même granulométrie révèle des ordres de grandeur similaires concernant la teneur en éléments majeurs.

➤ **Métaux et éléments mineurs**

En regard des valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 29), l'apport de la catégorie Textiles contribue à une hauteur supérieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour les éléments **Chrome, Plomb, Nickel et Zinc**.

Élément	Unité	Catégorie Textiles	Valeurs limites NFU 44-051	Mesure / Valeur limite
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	18	< 1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	6	120	5%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	10	180	6%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	12	< 1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	3	60	5%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	6	300	2%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	31	600	5%
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	4	< 1%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	2.5	< 2%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	0.10	1.5	7%

Tableau 29 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Textiles » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

➤ **PCB**

Nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie. La limite de quantification des appareils d'analyse ne permet pas de mesurer des valeurs sous 25 mg/gMS.

➤ **HAP**

L'apport de la catégorie Textiles contribue à une hauteur supérieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour l'élément **Benzo(a)pyrène**.

f) Catégorie TEXTILES SANITAIRES

Composition, répartition en fonction de la granulométrie et poids de la catégorie au sein du gisement

La catégorie Textiles Sanitaires présente, à presque 40% en masse, une granulométrie comprise entre 50 et 100 mm.

En moyenne sur la campagne, elle constitue **9.1% ± 2.6** de la masse humide des déchets étudiés (pour mémoire, campagne n°1 : 13.1% ± 5.6, campagne n° 2 : 10.2% ± 1.7 et campagne n°3 : 11.8% ± 3.9).

Distinction Paris – Banlieue

Cette catégorie représente **9.4%** de la masse humide des déchets sur les prélèvements de banlieue et **8.4%** sur les deux arrondissements de Paris. A noter que cette part n'est que de 6.5% sur le secteur de Villejuif.

Echantillons analysés

Les analyses ont été réalisées la fraction granulométrique 50-100 mm.

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 30.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Textiles Sanitaires 50-100 mm
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	93.5
Cendres	% (MS)	6.8
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	4 285
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	39.5
Matière organique	% (MS)	93.5
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	4.2
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	8 100
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	760
Potassium (K)	mg/kg (MS)	2 300
Carbone total	% (MS)	47.9
Rapport C/N	-	59.1
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	45
Chlore	% (MS)	0.49
Fluor	% (MS)	0.0010
Soufre	% (MS)	0.15
Hydrogène	% (MS)	6.37
Rapport C/H	-	7.5
Éléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	9 200
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	3 300
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	2 300
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	13 000
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	2 200
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	850
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	1 100
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	22
Mercuré (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	38
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	8
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	20
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	85
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	33
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	9
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	2
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	150
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	3
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	4.8
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 25
PCT	mg/kg (MS)	< 10
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	0.26
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	0.07
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05

Tableau 30 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Textiles Sanitaires »

➤ **Comportement à l'incinération**

Les valeurs de **PCI sur sec** et de **perte au feu** sont conformes aux valeurs observées lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME.

Le taux de cendres sur produit sec s'établit à 6.8%MS.

➤ **PCI sur humide**

Le PCI sur sec s'élève à 4 285 cal/gMS, soit une valeur sur humide de **1 360 cal/gMH** (soit 5 691 kJ/kgMH).



Comparaison avec les résultats des analyses du groupe 3 (cf. 4.6)

Cette valeur de PCI est à rapprocher de celle obtenue sur les échantillons du groupe 3 (pour détermination du PCI) : 4 275 cal/gMS (moyenne sur 3 répétitions sur cette catégorie puis calée sur une loi normale), soit une valeur sur humide de **1 354 ± 20 cal/gMH** (soit 5 665 kJ/kgMH).

Les valeurs mesurées par analyses sont parfaitement homogènes entre elles et comprises dans la fourchette des valeurs observées lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 : 1 172 à 1 538 cal/gMH.

➤ **Potentiel de valorisation matière**

Le rapport C/N s'établit à **59.1**, pour une valeur de Carbone égale à 47.9% et une teneur en Azote total de 8 100 mg/kgMS.

➤ **Autres composants**

Le rapport C/H de cette catégorie s'établit à 7.5. Il est comparable à celui observé lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 qui s'établit à 7.9.

➤ **Éléments majeurs**

La comparaison avec les valeurs observées au cours de la 3^{ème} campagne pour la même granulométrie révèle des ordres de grandeur similaires concernant la teneur en éléments majeurs, hormis dans le cas du **Sodium** où les teneurs sont ici plus faibles, et du **Silicium** où elles sont à l'opposé plus élevées.

➤ **Métaux et éléments mineurs**

En regard des valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 31), l'apport de la catégorie Textiles Sanitaires contribue à une hauteur supérieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour les éléments **Chrome**, **Plomb**, **Nickel** et **Zinc**.

Elément	Unité	Catégorie Textiles Sanitaires	Valeurs limites NFU 44-051	Mesure / Valeur limite
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	18	< 1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	22	120	18%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	38	180	21%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	12	< 1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	8	60	13%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	20	300	7%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	85	600	14%
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	0.26	4	6%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	0.07	2.5	3%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05	1.5	< 3%

Tableau 31 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Textiles Sanitaires » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

➤ **PCB**

Nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie. La limite de quantification des appareils d'analyse ne permet pas de mesurer des valeurs sous 25 mg/gMS.

➤ **HAP**

L'apport de la catégorie Textiles sanitaires contribue à une hauteur inférieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour les éléments analysés.

g) Catégorie PLASTIQUES

Composition, répartition en fonction de la granulométrie et poids de la catégorie au sein du gisement

La catégorie Plastiques présente, à plus de 75% en masse, une granulométrie comprise entre 50 et 350 mm. Elle est constituée pour plus du tiers de films polyoléfines.

En moyenne sur la campagne, elle constitue **13.1% ± 1.1** de la masse humide des déchets étudiés (pour mémoire, campagne n°1 : 11.9% ± 1.4, campagne n° 2 : 13.1% ± 2.6 et campagne n°3 : 11.3% ± 1.7).

Distinction Paris – Banlieue

Cette catégorie représente **13.6%** de la masse humide des déchets sur les prélèvements de banlieue et **12.2%** sur les deux arrondissements de Paris.

Echantillons analysés

Les analyses ont été réalisées sur la fraction granulométrique 100-350 mm.

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 32.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Plastiques 100-350 mm
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	98.1
Cendres	% (MS)	1.9
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	9 331
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	72.7
Matière organique	% (MS)	98.1
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	1.5
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	1 400
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	170
Potassium (K)	mg/kg (MS)	300
Carbone total	% (MS)	86.7
Rapport C/N	-	619
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	17
Chlore	% (MS)	0.08
Fluor	% (MS)	0.0036
Soufre	% (MS)	0.04
Hydrogène	% (MS)	9.68
Rapport C/H	-	9.0
Eléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	1 800
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	850
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	320
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	1 500
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	490
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	3 500
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	1 400
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	18
Mercuré (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	8
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	9
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	180
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	60
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	7
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	4
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	6
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	37
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	3
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	0.5
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 25
PCT	mg/kg (MS)	< 10
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05

Tableau 32 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Plastiques »

➤ **Comportement à l'incinération**

Les valeurs de **PCI sur sec** et de **perte au feu** sont légèrement supérieures aux valeurs observées lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME.

Le taux de cendres sur produit sec s'établit à 1.9%MS.

➤ **PCI sur humide**

Le PCI sur sec s'élève à 9 331 cal/gMS, soit une valeur sur humide de **6 630 cal/gMH** (27 745 kJ/kg MH).



Comparaison avec les résultats des analyses du groupe 3 (cf. 4.6)

Cette valeur de PCI est à rapprocher de celle obtenue sur les échantillons du groupe 3 (pour détermination du PCI) : 7 203 cal/gMS (moyenne sur 3 répétitions sur cette catégorie puis calée sur une loi normale), soit une valeur sur humide de **5 080 ± 1 104 cal/gMH** (21 260 kJ/kg MH).

Les valeurs mesurées par analyses sont assez peu homogènes, la valeur relevée au cours des analyses physico-chimiques étant nettement supérieure à la moyenne observée au cours des analyses spécifiques de détermination du PCI. Elles restent toutefois comprises dans la fourchette des valeurs observées lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 : 3 633 à 6 913 cal/gMH.

En ce qui concerne les données de la série 3 (détermination du PCI), si la valeur moyenne obtenue sur masse humide (5 080 cal/g) est très proche de celles obtenues lors des campagnes précédentes, on relève un écart-type relativement élevé (1 104 cal/g), donnant lieu à un coefficient de variation (ou écart-type relatif σ/\bar{x}) qui s'établit à 22%.

Les valeurs mesurées analytiquement sont effectivement relativement dispersées : 4 540, 5 696 et 6 761 cal/gMH. Cette observation peut provenir de l'hétérogénéité de la composition des échantillons (rappelons que la masse de la prise d'essai pour analyse s'établit à 1 g) : présence d'éléments de type étiquette en papier, colle, bouchon ou liquide de type huile alimentaire adhérent au plastique.

A titre d'illustration, les Figure 23 et Figure 24 présentent un exemple de composition des sous-catégories MODECOM™ 7.3 « bouteilles et flacons en PET incolore/transparent » et 7.5 « autres emballages plastiques » (provenance : échantillon trié de Maisons-Alfort). On peut y voir notamment la présence d'éléments hétérogènes.

La présence de ces hétérogénéités est d'ailleurs l'une des problématiques rencontrées par les industries du recyclage du plastique car elle a pour effet général de diminuer les propriétés physico-mécaniques de la matière plastique régénérée.



Figure 23 : Sous-catégorie 7.3 « bouteilles et flacons en PET incolore/transparent » ; Fraction granulométrique 50-100 mm ; échantillon Maisons-Alfort



Figure 24 : Sous-catégorie 7.5 « autres emballages plastiques » ; Fraction granulométrique 50-100 mm ; échantillon Maisons-Alfort

➤ **Potentiel de valorisation matière**

Le rapport C/N s'établit à **619**, pour une valeur de Carbone égale à 86.7% et une teneur en Azote total de 1 400 mg/kgMS.

➤ **Autres composants**

Le rapport C/H de cette catégorie s'établit à 9.0. Il est supérieur à celui observé lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 qui s'établit à 6.8.

➤ **Éléments majeurs**

La comparaison avec les valeurs observées au cours de la 3^{ème} campagne pour la même granulométrie révèle des ordres de grandeur similaires concernant la teneur en éléments majeurs, hormis dans le cas du **Calcium** où les teneurs sont ici plus faibles.

➤ **Métaux et éléments mineurs**

En regard des valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 33), l'apport de la catégorie Plastiques contribue à une hauteur supérieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour les éléments **Chrome**, **Nickel** et **Cuivre**.

Élément	Unité	Catégorie Plastiques	Valeurs limites NFU 44-051	Mesure / Valeur limite
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	18	< 1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	18	120	15%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	8	180	4%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	12	< 1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	9	60	15%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	180	300	60%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	60	600	10%
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	4	< 1%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	2.5	< 2%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05	1.5	< 3%

Tableau 33 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Plastiques » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

➤ **PCB**

Nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie. La limite de quantification des appareils d'analyse ne permet pas de mesurer des valeurs sous 25 mg/gMS.

➤ **HAP**

L'apport de la catégorie Plastiques contribue à une hauteur inférieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour les éléments analysés.

h) Catégorie COMBUSTIBLES NC

Composition, répartition en fonction de la granulométrie et poids de la catégorie au sein du gisement

La catégorie Combustibles NC présente, à environ 50% en masse, une granulométrie supérieure à 350 mm. Les combustibles autres que les emballages en bois et les chaussures constituent plus de 60% en masse de cette catégorie.

En moyenne sur la campagne, elle constitue **3.7% ± 1.5** de la masse humide des déchets étudiés (pour mémoire, campagne n°1 : 1.7% ± 0.8, campagne n° 2 : 4.6% ± 1.5 et campagne n°3 : 4.2% ± 2.8).

Distinction Paris – Banlieue

Cette catégorie représente **3.9%** de la masse humide des déchets sur les prélèvements de banlieue, et **3.4 %** sur les deux arrondissements de Paris, avec des disparités selon les secteurs (1.9% sur Paris 14°, et 5.9% sur Vitry sur Seine).

Echantillons analysés

Les analyses ont été réalisées sur la fraction granulométrique 100-350 mm.

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 34.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Combustibles 100 350 mm
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	97.9
Cendres	% (MS)	1.9
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	5 443
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	89.9
Matière organique	% (MS)	97.9
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	1.7
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	24 000
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	390
Potassium (K)	mg/kg (MS)	1 200
Carbone total	% (MS)	58.1
Rapport C/N	-	24.2
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	48
Chlore	% (MS)	0.38
Fluor	% (MS)	0.0011
Soufre	% (MS)	0.04
Hydrogène	% (MS)	6.42
Rapport C/H	-	9.1
Éléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	4 100
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	1 000
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	410
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	1 500
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	4 700
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	700
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	450
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	7
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	4
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	4
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	12
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	75
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	14
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	14
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	3
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	42
Thallium (Tl)	mg/kg (MS)	< 1
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	1
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	8.5
Strontium (Sr)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 25
PCT	mg/kg (MS)	< 10
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	0.10
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05

Tableau 34 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Combustibles NC »

➤ **Comportement à l'incinération**

Les valeurs de **PCI sur sec** et de **perte au feu** sont légèrement supérieures aux valeurs observées lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME.

Le taux de cendres sur produit sec s'établit à 1.9%MS.

➤ **PCI sur humide**

Le PCI sur sec s'élève à 5 443 cal/gMS, soit une valeur sur humide de **4 840 cal/gMH** (20 257 kJ/kgMH).



Comparaison avec les résultats des analyses du groupe 3 (cf. 4.6)

Cette valeur de PCI est à rapprocher de celle obtenue sur les échantillons du groupe 3 (pour détermination du PCI) : 5 128 cal/gMS (moyenne sur 9 répétitions sur cette catégorie puis calée sur une loi normale), soit une valeur sur humide de **4 549 ± 512 cal/gMH** (19 039 kJ/kgMH).

Les valeurs mesurées par analyses sont homogènes entre elles et sensiblement supérieures à la fourchette des valeurs observées lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 : 2 650 à 3 759 cal/gMH.

➤ **Potentiel de valorisation matière**

Le rapport C/N s'établit à **24.2**, pour une valeur de Carbone égale à 58.1% et une teneur en Azote total de 24 000 mg/kgMS.

➤ **Autres composants**

Le rapport C/H de cette catégorie s'établit à 9.1. Il est conforme à celui observé lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 qui s'établit à 9.2.

➤ **Éléments majeurs**

La comparaison avec les valeurs observées au cours de la 3^{ème} campagne pour la même granulométrie révèle des ordres de grandeur similaires concernant la teneur en éléments majeurs, hormis dans le cas du **Calcium** et du **Silicium** où les teneurs sont ici plus faibles.

➤ **Métaux et éléments mineurs**

En regard des valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 35), l'apport de la catégorie Combustibles NC contribue à une hauteur légèrement supérieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour les éléments **Chrome**, **Nickel**, **Cuivre** et **Zinc**.

Elément	Unité	Catégorie Combustibles	Valeurs limites NFU 44-051	Mesure / Valeur limite
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	18	< 1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	7	120	6%
Mercurure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	4	180	2%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	12	< 1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	4	60	7%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	12	300	4%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	75	600	13%
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	0.10	4	2%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	2.5	< 2%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05	1.5	< 3%

Tableau 35 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Combustibles NC » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

➤ **PCB**

Nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie. La limite de quantification des appareils d'analyse ne permet pas de mesurer des valeurs sous 25 mg/gMS.

➤ **HAP**

L'apport de la catégorie Combustibles NC contribue à une hauteur inférieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour les éléments analysés.

i) Catégorie VERRES

Composition, répartition en fonction de la granulométrie et poids de la catégorie au sein du gisement

La catégorie Verres présente, à plus de 57% en masse, une granulométrie inférieure à 20 mm. Si l'on exclut les éléments fins, il s'agit quasiment en totalité d'emballages en verre, équitablement répartis entre les verres colorés et les verres incolores.

En moyenne sur la campagne, elle constitue **3.7% ± 1.5** de la masse humide des déchets étudiés (pour mémoire, campagne n°1 : 4.5% ± 1.0, campagne n° 2 : 5.6% ± 1.1 et campagne n°3 : 5.7% ± 1.3).

Distinction Paris – Banlieue

Cette catégorie représente **3.8%** de la masse humide des déchets sur les prélèvements de banlieue, et **3.5%** sur les deux arrondissements de Paris. Elle atteint 6.7% sur le secteur de Villejuif.

Echantillons analysés

Les analyses ont été réalisées sur la fraction granulométrique 20-50 mm.

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 36.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Verres 20-50 mm
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	21.6
Cendres	% (MS)	99.7
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	61
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	97.3
Matière organique	% (MS)	21.6
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	97.1
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	200
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	59
Potassium (K)	mg/kg (MS)	6 900
Carbone total	% (MS)	0.4
Rapport C/N	-	20.0
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	260
Chlore	% (MS)	0.001
Fluor	% (MS)	< 0.0001
Soufre	% (MS)	0.01
Hydrogène	% (MS)	0.07
Rapport C/H	-	5.7
Éléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	80 000
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	62 000
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	7 400
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	306 000
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	8 000
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	220
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	2 100
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	0.9
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	370
Mercuré (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	60
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	1.0
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	22
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	9
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	120
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	73
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	12
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	5
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	550
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	5
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	23.0
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 25
PCT	mg/kg (MS)	< 10
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05

Tableau 36 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Verres »

➤ **Comportement à l'incinération**

Cette catégorie présente, de manière logique, un taux de cendres très élevé (99.7%). La perte au feu (21.6 %), bien que faible, paraît toutefois relativement importante pour cette catégorie.

Le PCI mesuré par bombe calorimétrique s'élève à 61 cal/gMS ; cette valeur expérimentale, très faible, provient probablement d'une souillure sur l'échantillon de verre analysé.

➤ **PCI sur humide**

La valeur du PCI sur sec s'élève à 61 cal/gMS, soit une valeur sur humide de **45 cal/gMH** (187 kJ/kgMH).

L'ADEME, dans la campagne MODECOM™ de 1993, propose un **PCI nul** sur cette catégorie. Dans cette étude, nous pouvons considérer la valeur non nulle car elle provient probablement d'une souillure sur l'échantillon de verre analysé.

➤ **Éléments majeurs**

La comparaison de ces valeurs avec celles observées au cours de la 3^{ème} campagne pour la granulométrie 50-100 mm révèle des ordres de grandeur similaires concernant la teneur en éléments majeurs, hormis dans le cas du **Sodium** et du **Silicium** où les teneurs sont ici beaucoup plus élevées.

➤ **Métaux et éléments mineurs**

En regard des valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 37), l'apport de la catégorie Verres contribue à une hauteur légèrement supérieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour les éléments **Arsenic** et **Sélénium**, et très supérieure pour les éléments **Chrome**, **Plomb**, **Nickel** et **Zinc**.

Le ratio correspondant au chrome obtenue sur cette catégorie dépasse très largement la valeur limite de la norme NFU 44-051. Cette observation avait déjà faite sur les campagnes précédentes, le chrome entrant dans la fabrication du verre (sous formes d'oxydes). Concrètement, la présence de verre va se traduire par une augmentation de la concentration en chrome dans le gisement global, montrant ainsi l'intérêt d'améliorer les performances de la collecte sélective du verre.

Elément	Unité	Catégorie Verres	Valeurs limites NFU 44-051	Mesure / Valeur limite
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	0.9	18	5%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	370	120	308%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	60	180	33%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	1.0	12	8%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	22	60	37%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	9	300	3%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	120	600	20%
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	4	< 1%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	2.5	< 2%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05	1.5	< 3%

Tableau 37 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Verres » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

➤ **PCB**

Nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie. La limite de quantification des appareils d'analyse ne permet pas de mesurer des valeurs sous 25 mg/gMS.

➤ **HAP**

Les valeurs relevées sont en dessous des limites de détection des appareils d'analyse.

j) Catégorie METAUX

Composition, répartition en fonction de la granulométrie et poids de la catégorie au sein du gisement

La catégorie Métaux présente, à environ 40% en masse, une granulométrie comprise entre 50 et 100 mm. Les métaux ferreux représentent environ 82% de cette catégorie.

En moyenne sur la campagne, elle constitue **3.4% ± 1.0** de la masse humide des déchets étudiés (pour mémoire, campagne n°1 : 3.3% ± 1.3, campagne n° 2 : 3.4% ± 0.7 et campagne n°3 : 2.9% ± 0.6).

Distinction Paris – Banlieue

Cette catégorie représente **3.9%** de la masse humide des déchets sur les prélèvements de banlieue, et **2.4%** sur les deux arrondissements de Paris.

Echantillons analysés

Les analyses ont été réalisées sur la fraction granulométrique 100-350 mm de chacune des deux sous-catégories « métaux ferreux » et « métaux non ferreux ».

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 38.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Métaux Fe 100-350 mm	Métaux NFe 100-350 mm	Moyenne catégorie Métaux	Ecart-type catégorie Métaux
Comportement à l'incinération					
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	17.3	17.7	17.4	0.3
Cendres	% (MS)	40.0	92.6	49.5	37.2
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	2 609	636	2 254	1 395
Potentiel Valorisation Matière					
Matière sèche (recalculée)	%	92.2	92.2	92.2	-
Matière organique	% (MS)	17.3	17.7	17	0.3
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	37.1	85.9	45.9	34.5
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	5 100	4 400	4 974	495
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	490	130	425	255
Potassium (K)	mg/kg (MS)	1 500	440	1 309	750
Carbone total	% (MS)	26.2	20.5	25.2	4.0
Rapport C/N	-	51.4	46.6	50.5	3.4
Autres composants					
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	-
Bore	mg/kg (MS)	60	5	50	39
Chlore	% (MS)	0.62	0.71	0.64	0.06
Fluor	% (MS)	0.0070	0.0045	0.0066	0.0018
Soufre	% (MS)	0.08	0.05	0.07	0.02
Hydrogène	% (MS)	3.42	3.01	3.35	0.29
Rapport C/H	-	7.7	6.8	7.5	0.6
Eléments majeurs					
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	9 800	1 900	8 378	5 586
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	3 400	970	2 963	1 718
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	1 400	7 700	2 534	4 455
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	3 200	16 000	5 604	9 051
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	8 000	550 000	105 560	383 252
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	81	2 000	426	1 357
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	720 000	39 000	597 420	481 540
Métaux et éléments mineurs					
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	3.5	< 0.1	< 2.9	-
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	< 1	-
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	180	470	232	205
Mercuré (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	20	3	17	12
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0.3	3.1	0.8	2.0
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	110	28	95	58
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	120	540	196	297
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	160	100	149	42
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	1 700	2 500	1 844	566
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	3 200	340	2 685	2 022
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	-	-	-	-
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1	1	< 1	-
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	33	3	28	21
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	< 1	-
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	11	47	17	25
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	0.5	0.7	0.5	0.1
Strontium (St)	mg/kg (MS)	15	12	14	2
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	< 1	-
PCB					
PCB	mg/kg (MS)	< 25	< 25	< 25	-
PCT	mg/kg (MS)	< 10	< 10	< 10	-
HAP					
Fluoranthène	mg/kg (MS)	0.06	< 0.05	< 0.06	-
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-

Tableau 38 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Métaux »

➤ **Comportement à l'incinération**

Les valeurs de **perte au feu** sont équivalentes pour les sous-catégories, autour de 17.5%. Elles sont conformes aux valeurs observées lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME.

Les taux de cendres sur produit sec s'établissent entre 40.0%MS pour les métaux ferreux et 92.6%MS pour les métaux non ferreux.

PCI :

Selon la campagne MODECOM de 1993, l'ADEME estime que les valeurs de PCI et PCS mesurées en laboratoire à partir de poudres d'échantillons ne sont pas représentatives de la chaleur réellement dégagée dans la mesure où les métaux évoluent et s'oxydent peu dans un four d'incinération. Elle propose ainsi de considérer une valeur nulle comme référence pour le PCI.

Cependant, il nous semble plus réaliste, en accord avec le laboratoire SOCOR, d'estimer le PCS sur la base de la composition élémentaire (teneurs en carbone et hydrogène) puis de calculer le PCI sur sec puis sur humide. Par expérience, il est d'usage de considérer que chaque % de carbone donne environ 95 calories \pm 5 calories. Sur cette base, le PCS de l'échantillon « Métaux Non Ferreux » s'établirait à 1 799 cal/gMS (20.5% de carbone) et celui de l'échantillon « Métaux Ferreux » à 2 321 cal/gMS (26.2% de carbone).

Le recours à la formule :

$$PCI_{\text{sec}} = PCS_{\text{sec}} - 49.2 \times H\%$$

où H% est la teneur en hydrogène de l'échantillon, permet d'obtenir comme valeurs pour le PCI sur sec :

- ✓ pour l'échantillon « Métaux Non Ferreux » : **1 799 cal/gMS, soit 1 619 cal/gMH (6 773 kJ/kgMH),**
- ✓ pour l'échantillon « Métaux Ferreux » : **2 321 cal/gMS, soit 2 094 cal/gMH (8 763 kJ/kgMH).**

Si l'on considère que la catégorie Métaux est constituée à 82% de métaux ferreux, alors on obtient une valeur globale de **2 227 cal/gMS** pour le PCI sur sec, soit un PCI sur humide de **2 008 cal/gMH** (soit 8 405 kJ/kgMH).

Commentaires :

Cette valeur est élevée par comparaison aux précédentes campagnes ; les résultats ont montré des résultats assez homogènes : 562 cal/gMH pour la campagne 1 ; 612 cal/gMH pour la campagne 2 ; 725 cal/gMH pour la campagne 3.

Ce résultat peut provenir de souillures sur les échantillons de métaux, comme la présence plastique, papier ou restes alimentaires (sur les barquettes ou boîtes de conserve). Voir à titre d'illustration les figures suivantes.

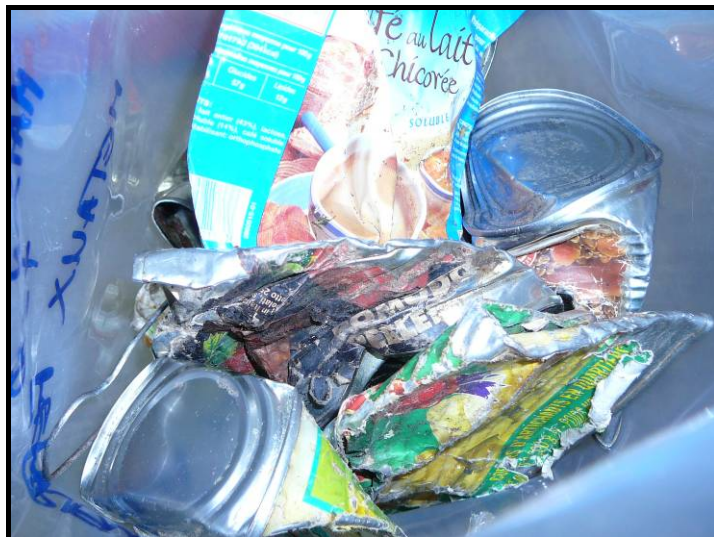


Figure 25 : Sous-catégorie 10.1 « métaux ferreux » ; Fraction granulométrique 100-350 mm ; échantillon Maisons-Alfort.



Figure 26 : Sous-catégorie 10.1 « métaux ferreux » ; Fraction granulométrique 100-350 mm ; échantillon Montrouge.

➤ **Eléments majeurs**

La comparaison de ces valeurs avec celles observées au cours de la 3^{ème} campagne pour une granulométrie différente (50-100 mm) révèle des ordres de grandeur similaires concernant la teneur en éléments majeurs.

➤ **Métaux et éléments mineurs**

En regard des valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 39), l'apport de la catégorie Métaux contribue à une hauteur légèrement supérieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour les éléments **Plomb** et **Sélénium**, et largement supérieure pour le **Zinc**, le **Cuivre**, le **Nickel** et le **Chrome**.

Elément	Unité	Moyenne Catégorie	Ecart-type Catégorie	Valeurs limites NFU 44-051	Mesure / Valeur limite
Métaux et éléments mineurs					
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 2.9	-	18	< 16%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	-	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	232	205	120	195%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	-	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	17	12	180	9%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0.8	2.0	12	7%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	95	58	60	159%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	196	297	300	65%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	149	42	600	25%
HAP					
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.06	-	4	< 1%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	-	2.5	< 2%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05	-	1.5	< 3%

Tableau 39 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Métaux » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

➤ **PCB**

Nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie. La limite de quantification des appareils d'analyse ne permet pas de mesurer des valeurs sous 25 mg/gMS.

➤ **HAP**

Pour les trois types de HAP analysés, aucune différence notable n'est observée entre les sous-catégories de métaux.

Les valeurs relevées sont en dessous des limites de détection des appareils d'analyse.

k) Catégorie INCOMBUSTIBLES NC

Composition, répartition en fonction de la granulométrie et poids de la catégorie au sein du gisement

La catégorie Incombustibles NC est contenue, à plus de 53% en masse, au sein de la fraction < 20 mm.

En moyenne sur la campagne, elle constitue **1.6% ± 0.9** de la masse humide des déchets étudiés (pour mémoire, campagne n°1 : 3.7% ± 3.6, campagne n° 2 : 2.2% ± 1.0 et campagne n°3 : 1.5% ± 0.9).

Distinction Paris – Banlieue

Cette catégorie représente globalement le même pourcentage de la masse humide de déchets sur les prélèvements de banlieue et sur les deux arrondissements de Paris, avec toutefois de petites disparités (de 0.6% sur Maisons-Alfort jusqu'à 2.8% sur Paris 5°).

Echantillons analysés

Les analyses ont été réalisées sur la fraction granulométrique 20-50 mm.

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 40.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Incombustibles 20 50 mm
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	19.9
Cendres	% (MS)	79.6
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	1 221
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	94.1
Matière organique	% (MS)	19.9
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	75.2
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	22 100
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	21 000
Potassium (K)	mg/kg (MS)	16 000
Carbone total	% (MS)	13.3
Rapport C/N	-	6.0
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	410
Chlore	% (MS)	0.09
Fluor	% (MS)	0.0020
Soufre	% (MS)	0.33
Hydrogène	% (MS)	1.99
Rapport C/H	-	6.7
Eléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	1 200
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	4 000
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	11 000
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	192 000
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	58 000
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	1 900
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	18 000
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	1.1
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	87
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	210
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0.5
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	39
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	15
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	570
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	24
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	15
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	18
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	1 200
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	42
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	0.4
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 25
PCT	mg/kg (MS)	< 10
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05

Tableau 40 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Incombustibles NC »

➤ **Comportement à l'incinération**

Les valeurs de **PCI sur sec** et de **perte au feu** légitimement faibles, sont en adéquation avec les valeurs observées lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME.

Le taux de cendres sur produit sec varie s'établit à 79.6%MS.

➤ **PCI sur humide**

Le PCI sur sec s'élève à 1 221 cal/gMS, soit une valeur sur humide de **1 117 cal/gMH** (soit 4 673 kJ/kgMH).



Comparaison avec les résultats des analyses du groupe 3 (cf. 4.6)

Cette valeur de PCI est à rapprocher de celle obtenue sur les échantillons du groupe 3 (pour détermination du PCI) : 670 cal/gMS (moyenne sur 3 répétitions sur cette catégorie puis calée sur une loi normale), soit une valeur sur humide de **589 ± 55 cal/gMH** (2 463 kJ/kgMH).

Ces valeurs sont globalement supérieures à celles observées lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 : 0 à 552 cal/gMH.

Commentaires :

Les valeurs mesurées de PCI sont relativement peu homogènes et élevées. La variation observée sur ces mesures de PCI peut s'expliquer par la présence de résidus osseux en quantité importante dans la fraction 20-50 mm. Ces éléments peuvent contenir des restes de matière organique (tissus) non éliminés au séchage à 70°C.

Historiquement, les résidus osseux étaient auparavant répertoriés dans la catégorie MODECOM™ « Combustibles » (1993). La nouvelle classification les positionne en catégorie « Incombustibles » suite à des observations faites sur la présence d'os dans les mâchefers. Il n'en demeure pas moins que les os, notamment de faible calibre, brûlent dans les foyers d'incinérateurs.



Figure 27 : Sous-catégorie 11 « Incombustibles » ; Fraction granulométrique 20-50 mm ; échantillon Maisons-Alfort.

➤ **Potentiel de valorisation matière**

Le rapport C/N s'établit à **6.0**, pour une valeur de Carbone égale à 13.3% et une teneur en Azote total de 22 100 mg/kgMS.

➤ **Autres composants**

Le rapport C/H de cette catégorie s'établit à 6.7. Il est très inférieur à celui observé lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 qui s'établit à 19.

➤ **Éléments majeurs**

La comparaison avec les valeurs observées au cours de la 3^{ème} campagne pour la même granulométrie révèle des ordres de grandeur similaires concernant la teneur en éléments majeurs, hormis dans le cas du **Calcium** où les teneurs sont ici plus faibles.

➤ **Métaux et éléments mineurs**

En regard des valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 41), l'apport de la catégorie Incombustibles NC contribue à une hauteur légèrement supérieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour les éléments **Arsenic**, **Sélénium** et **Cuivre**, et très supérieure pour les éléments **Chrome**, **Plomb**, **Nickel** et **Zinc**.

Elément	Unité	Catégorie Incombustibles	Valeurs limites NFU 44-051	Mesure / Valeur limite
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	1.1	18	6%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	87	120	73%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	210	180	117%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0.5	12	4%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	39	60	65%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	15	300	5%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	570	600	95%
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	4	< 1%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	2.5	< 2%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05	1.5	< 3%

Tableau 41 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Incombustibles NC » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

➤ **PCB**

Nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie. La limite de quantification des appareils d'analyse ne permet pas de mesurer des valeurs sous 25 mg/gMS.

➤ **HAP**

Les teneurs en HAP restent en dessous des limites de détection des appareils.

1) Catégorie DECHETS SPECIAUX

Composition, répartition en fonction de la granulométrie et poids de la catégorie au sein du gisement

La catégorie Déchets Spéciaux est contenue, à plus de 47% en masse, au sein de la fraction > 350 mm. Il s'agit pour plus de 85% de DEEE.

En moyenne sur la campagne, elle constitue **1.6% ± 1.1** de la masse humide des déchets étudiés (pour mémoire, campagne n°1 : 1.0% ± 0.6, campagne n° 2 : 1.2% ± 1.3 et campagne n°3 : 1.7% ± 1.2).

Distinction Paris – Banlieue

Cette catégorie représente **1.5%** de la masse humide des déchets sur les prélèvements de banlieue, et **1.8%** sur les deux arrondissements de Paris, avec toutefois de petites disparités selon les secteurs (de 0.6% sur Villejuif jusqu'à 2.8% sur Paris 5°).

Echantillons analysés

Les analyses ont été réalisées sur la fraction granulométrique 50-100 mm.

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 42.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Déchets Spéciaux 50-100 mm
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	88.3
Cendres	% (MS)	9.8
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	4 118
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	94.0
Matière organique	% (MS)	88.3
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	9.2
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	-
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	-
Potassium (K)	mg/kg (MS)	-
Carbone total	% (MS)	44.4
Rapport C/N	-	-
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	-
Bore	mg/kg (MS)	-
Chlore	% (MS)	-
Fluor	% (MS)	-
Soufre	% (MS)	-
Hydrogène	% (MS)	5.67
Rapport C/H	-	-
Éléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	-
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	-
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	-
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	-
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	-
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	-
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	-
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	-
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	-
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	-
Mercuré (Hg) tot.	mg/kg (MS)	-
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	-
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	-
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	-
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	-
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	-
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	-
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	-
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	-
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	-
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	-
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	-
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	-
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	-
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	-
PCT	mg/kg (MS)	-
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	-
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	-
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	-

Tableau 42 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Déchets Spéciaux »

➤ **Comportement à l'incinération**

Les valeurs de **PCI sur sec** et de **perte au feu** sont respectivement égales à 4 118 cal/gMS et 88.3%MS.

Le taux de cendres sur produit sec varie s'établit à 9.8%MS.

➤ **PCI sur humide**

Le PCI sur sec s'élève à 4 118 cal/gMS, soit une valeur sur humide de **3 838 cal/gMH** (soit 16 064 kJ/kgMH).



Comparaison avec les résultats des analyses du groupe 3 (cf. 4.6)

Cette valeur de PCI est à rapprocher de celle obtenue sur les échantillons du groupe 3 (pour détermination du PCI) : 70 cal/gMS (1 seule répétition sur cette catégorie), soit une valeur sur humide de **33 cal/gMH** (137 kJ/kgMH).

Ces fortes disparités s'expliquent par la nature très hétéroclite des différents types de déchets spéciaux. Le PCI peut provenir de la présence de certains types de produits chimiques résiduels dans les bidons usagés, de plastique, ...

Par ailleurs, la campagne nationale MODECOM™ de 1993 révélait des PCI sur matière sèche de 190 cal/gMS pour les piles jusqu'à 5 541 cal/gMS pour les aérosols.

m) Catégorie ELEMENTS FINS

Composition, répartition en fonction de la granulométrie et poids de la catégorie au sein du gisement

En moyenne sur la campagne, la catégorie Eléments Fins constitue **35.1% ± 4.4** de la masse humide des déchets étudiés (pour mémoire, campagne n°1 : 24.6% ± 3.7, campagne n° 2 : 23.6% ± 5.2 et campagne n°3 : 28.5% ± 8.1).

Distinction Paris – Banlieue

Cette catégorie représente globalement **36.4%** de la masse humide des déchets sur les prélèvements de banlieue et **32.5%** sur les deux arrondissements de Paris. Elle atteint 42.0% sur le secteur de Villejuif.

Echantillons analysés

Les analyses ont été réalisées sur deux échantillons.

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 43.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Fines 1 < 20 mm	Fines 2 < 20 mm	Moyenne catégorie Fines < 20 mm	Ecart-type catégorie Fines
Comportement à l'incinération					
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	64.8	49.4	57.1	10.9
Cendres	% (MS)	37.9	44.6	41.3	4.7
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	3 109	2 635	2 872	335
Potentiel Valorisation Matière					
Matière sèche (recalculée)	%	62.7	62.7	62.7	-
Matière organique	% (MS)	64.8	49.4	57.1	10.9
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	27.6	32.5	30.1	3.5
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	21 400	15 300	18 350	4 313
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	2 600	11 000	6 800	5 940
Potassium (K)	mg/kg (MS)	7 200	6 700	6 950	354
Carbone total	% (MS)	39.2	24.9	32.1	10.1
Rapport C/N	-	18.3	16.3	17.3	1.4
Autres composants					
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	-
Bore	mg/kg (MS)	200	140	170	42
Chlore	% (MS)	0.49	0.56	0.53	0.05
Fluor	% (MS)	0.0380	0.0043	0.0212	0.0238
Soufre	% (MS)	0.19	0.27	0.23	0.06
Hydrogène	% (MS)	5.32	3.04	4.18	1.61
Rapport C/H	-	7.4	8.2	7.8	0.6
Eléments majeurs					
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	35 000	44 000	39 500	6 364
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	12 000	17 000	14 500	3 536
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	5 800	6 300	6 050	354
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	106 000	126 000	116 000	14 142
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	9 900	11 000	10 450	778
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	760	670	715	64
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	4 400	5 000	4 700	424
Métaux et éléments mineurs					
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	0.2	< 0.2	-
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	5	< 3	-
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	130	130	130	0
Mercuré (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	50	470	260	297
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0.2	0.2	0.2	0
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	20	21	21	1
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	33	21	27	8
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	110	130	120	14
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	89	150	120	43
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	15	59	37	31
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	4	5	5	1
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	1	< 1	< 1	-
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	160	150	155	7
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	< 1	-
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	12	11	12	1
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	< 0.1	0.7	< 0.4	-
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-	-	-	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-	-	-	-
PCB					
PCB	mg/kg (MS)	< 25	< 25	< 25	-
PCT	mg/kg (MS)	< 10	< 10	< 10	-
HAP					
Fluoranthène	mg/kg (MS)	3.92	0.11	2.02	2.69
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	3.92	0.13	2.03	2.68
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	2.42	0.06	1.24	1.67

Tableau 43 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons de la catégorie « Eléments Fins »

➤ **Comportement à l'incinération**

Les valeurs de **perte au feu** varient entre 49.4% et 64.8%, elles sont légèrement supérieures à celles observées lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME. Le **PCI sur sec** varie entre 2 635 et 3 109 cal/gMS selon les échantillons.

Le taux de cendres sur produit sec varie s'établit en moyenne à 41.3%MS.

➤ **PCI sur humide**

Le PCI sur sec s'élève en moyenne à $2\,872 \pm 335$ cal/gMS cal/gMS, soit une valeur sur humide de **1 597 cal/gMH** (soit 6 684 kJ/kgMH).



Comparaison avec les résultats des analyses du groupe 3 (cf. 4.6)

Cette valeur de PCI est à rapprocher de celle obtenue sur les échantillons du groupe 3 (pour détermination du PCI): 2 784 cal/gMS (moyenne sur 3 répétitions sur cette catégorie puis calée sur une loi normale), soit une valeur sur humide de **1 538 ± 55 cal/gMH** (6 437 kJ/kgMH).

Les valeurs mesurées par analyses sont homogènes entre elles et supérieures à la valeur moyenne observée lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 : 1 054 cal/gMH.

➤ **Potentiel de valorisation matière**

Le rapport C/N s'établit à **17.3**, pour une valeur de Carbone égale à 32.1% et une teneur en Azote total de 18 350 mg/kgMS.

➤ **Autres composants**

Le rapport C/H de cette catégorie s'établit à 7.8. Il est comparable à celui observé lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 qui s'établit à 9.1.

➤ **Éléments majeurs**

On n'observe aucune variation notable de la teneur en éléments majeurs entre les deux échantillons. La comparaison avec les valeurs observées au cours de la 3^{ème} campagne révèle des ordres de grandeur similaires, hormis dans le cas du **Silicium** où les teneurs sont ici beaucoup plus importantes.

➤ **Métaux et éléments mineurs**

En regard des valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 44), l'apport de la catégorie Eléments Fins contribue à une hauteur supérieure à sa contribution massique dans la composition des OMr pour les éléments **Chrome** et **Plomb**.

Elément	Unité	Moyenne Catégorie	Ecart-type Catégorie	Valeurs limites NFU 44-051	Mesure / Valeur limite
Métaux et éléments mineurs					
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.2	-	18	< 1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 3	-	3	< 100%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	130	0	120	108%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	-	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	260	297	180	144%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0.2	0	12	2%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	21	1	60	34%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	27	8	300	9%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	120	14	600	20%
HAP					
Fluoranthène	mg/kg (MS)	2.02	2.69	4	50%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	2.03	2.68	2.5	81%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	1.24	1.67	1.5	83%

Tableau 44 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Eléments Fins » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

➤ **PCB**

Nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie. La limite de quantification des appareils d'analyse ne permet pas de mesurer des valeurs sous 25 mg/gMS.

➤ **HAP**

Les valeurs moyennes très importantes relevées pour ce paramètre proviennent de l'échantillon n°1, et semblent s'expliquer par une erreur de saisie au laboratoire d'analyses, l'échantillon n°2 présentant des valeurs tout à fait acceptables.

4.5.3. Composition chimique moyenne de l'échantillon global

Echantillons analysés

Les analyses ont été réalisées sur deux échantillons.

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 45 ci-après.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Global 1	Global 2	Moyenne catégorie Global	Ecart-type catégorie Global
Comportement à l'incinération					
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	84.3	65.3	74.8	13.4
Cendres	% (MS)	10.9	33.6	22.3	16.1
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	4 386	3 115	3 751	899
Potentiel Valorisation Matière					
Matière sèche (recalculée)	%	-	-	-	-
Matière organique	% (MS)	84.3	65.3	74.8	13.4
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	-	-	-	-
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	2 200	2 000	2 100	141
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	290	170	230	85
Potassium (K)	mg/kg (MS)	890	1 900	1 395	714
Carbone total	% (MS)	46.4	41.4	43.9	3.5
Rapport C/N	-	211	207	209	2.8
Autres composants					
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	-
Bore	mg/kg (MS)	51	140	96	63
Chlore	% (MS)	0.18	0.60	0.39	0.30
Fluor	% (MS)	0.0300	0.0052	0.0176	0.0175
Soufre	% (MS)	0.05	0.03	0.04	0.01
Hydrogène	% (MS)	5.72	5.67	5.70	0.04
Rapport C/H	-	8.1	7.3	7.7	0.6
Éléments majeurs					
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	46 000	39 000	42 500	4 950
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	2 100	16 000	9 050	9 829
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	1 400	2 500	1 950	778
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	6 700	92 000	49 350	60 316
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	7 000	32 000	19 500	17 678
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	650	1 300	975	460
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	840	16 000	8 420	10 720
Métaux et éléments mineurs					
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	0.7	< 0.4	-
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	< 1	-
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	13	200	107	132
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	45	25	35	14
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	6	22	14	11
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	49	48	49	1
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	82	120	101	27
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	29	110	70	57
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	9	53	31	31
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	2	5	4	2
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	< 1	-
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	25	71	48	33
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	< 1	-
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	2	6	4	3
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	1.3	0.4	0.9	0.6
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-	-	-	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-	-	-	-
PCB					
PCB	mg/kg (MS)	< 25	< 25	< 25	-
PCT	mg/kg (MS)	< 10	< 10	< 10	-
HAP					
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-

Tableau 45 : Résultats des analyses physico-chimiques menées sur les échantillons globaux

➤ **Comportement à l'incinération**

Les valeurs de **PCI sur sec** et de **perte au feu** diffèrent sensiblement selon les échantillons, les pertes au feu variant de 65.3 à 84.3%MS. Elles restent en moyenne supérieures aux valeurs observées lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME.

Le taux de cendres sur produit sec s'établit en moyenne à 22.3%.

➤ **PCI sur humide**

La valeur moyenne du PCI sur sec s'élève à $3\,751 \pm 899$ cal/gMS, soit une valeur sur humide de **2 254 cal/gMH** (9 433 kJ/kgMH) pour une humidité moyenne globale de 34.8%. Les deux valeurs obtenues sont 2668 et 1840 cal/gMH.

Cette valeur est plus élevée que celle observée lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 : 1 816 cal/gMH mais demeure en bonne cohérence avec les valeurs obtenues lors des campagnes précédentes : **2263 cal/gMH** (campagne 1) ; **2887 cal/gMH** (campagne 2) ; **2400 cal/gMH** (campagne 3).



Comparaison avec les résultats des analyses du groupe 3 (cf. 4.6)

Cette valeur de PCI est à rapprocher de celle obtenue sur les échantillons du groupe 3 (pour détermination du PCI) : 2 498 cal/gMS (moyenne sur 6 répétitions sur cette catégorie puis calée sur une loi normale), soit une valeur sur humide de **1 436 ± 348 cal/gMH** (6 008 kJ/kgMH) ; voir commentaires dans la partie 4.6.4).

➤ **Potentiel de valorisation matière**

Le rapport C/N, très stable, s'établit en moyenne à **209**, pour des teneurs respectives en Carbone total et en Azote total de 43.9% et 2 100 mg/kgMS.

➤ **Autres composants**

Le rapport C/H des échantillons globaux, très stable, s'établit à 7.7. Il est tout à fait conforme à celui observé lors de la campagne nationale MODECOM™ de 1993 qui s'établit à 7.6.

➤ **Éléments majeurs**

On observe des variations sensibles concernant la teneur en éléments majeurs entre les deux échantillons, notamment en ce qui concerne le **Sodium**, le **Silicium**, l'**Aluminium** et le **Fer**. Les valeurs moyennes sont cohérentes avec celles observées au cours de la 3^{ème} campagne.

➤ **Métaux et éléments mineurs**

Aucun dépassement des valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 n'est observé (cf. Tableau 46).

Elément	Unité	Moyenne Echantillon Global	Ecart-type Echantillon Global	Valeurs limites NFU 44-051	Mesure / Valeur limite
Métaux et éléments mineurs					
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.4	-	18	< 2%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	-	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	107	132	120	89%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	-	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	35	14	180	19%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	-	12	< 1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	14	11	60	23%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	49	1	300	16%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	101	27	600	17%
HAP					
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	-	4	< 1%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	-	2.5	< 2%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05	-	1.5	< 3%

Tableau 46 : Comparaison entre les résultats d'analyses des échantillons globaux et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

➤ **PCB**

On ne constate pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie. La limite de quantification des appareils d'analyse ne permet pas de mesurer des valeurs sous 25 mg/gMS.

➤ **HAP**

Les teneurs en HAP restent en dessous des limites de détection des appareils.

4.5.4. Composition chimique moyenne pour un échantillon-type putrescible

Un échantillon-type de déchets putrescibles est composé des quatre catégories suivantes : « Fermentescibles », « Papiers », « Cartons », « Textiles sanitaires » ainsi qu'une partie d'éléments fins. Comme présenté sur le Tableau 10, on constate que la partie putrescible représente en moyenne **57.0% ± 4.8** de la masse humide des OMr. Le taux d'humidité moyen de cet échantillon-type s'élève à **51.0%**.

Afin de déterminer la composition chimique moyenne d'un échantillon-type putrescible, nous déterminons, dans un premier temps, la composition de cet échantillon en fonction des catégories qui le composent (fermentescibles, papier, cartons, textiles sanitaires et une partie des éléments fins) (cf. Tableau 47).

Catégories « putrescibles »	<i>Rappel : proportion au sein de l'échantillon global (% sur humide)</i>	Proportion au sein de l'échantillon-type putrescible (% sur humide)
Fermentescibles	9.3	16.3
Papiers	10.1	17.7
Cartons	6.1	10.7
Textiles sanitaires	9.1	15.9
64.1 % des Fines	22.5	39.4
Total	57.1	100.0

Tableau 47 : Composition massique moyenne de l'échantillon-type Putrescible

Ce premier résultat constitue une clé de répartition qui nous sert au calcul de la composition physico-chimique de l'échantillon-type putrescible.

Ce calcul est mené à partir des éléments présentés dans les parties précédentes (§ 4.5.2 ci-dessus).

Résultats des analyses

Les résultats sont présentés sur le Tableau 48.

Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Echantillon Type Putrescible
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	88.1
Cendres	% (MS)	10.4
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	3 897
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	49.0
Matière organique	% (MS)	88.1
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	7.6
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	12 259
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	2 621
Potassium (K)	mg/kg (MS)	7 011
Carbone total	% (MS)	44.2
Rapport C/N	-	74.1
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	94
Chlore	% (MS)	0.28
Fluor	% (MS)	0.0178
Soufre	% (MS)	0.10
Hydrogène	% (MS)	5.87
Rapport C/H	-	7.5
Éléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	19 343
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	2 057
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	1 867
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	12 067
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	4 593
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	835
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	635
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	12
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	405
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	6
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	17
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	37
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	19
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	7
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	< 2
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	46
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	< 2
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	0.9
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 25
PCT	mg/kg (MS)	< 10
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	1.81
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.59
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.28

Tableau 48 : Composition physico-chimique moyenne d'un échantillon-type Putrescible (par calcul)

➤ **Comportement à l'incinération**

La valeur de perte au feu pour cet échantillon vaut 88.1%MS.

Le taux de cendres sur produit sec s'établit à 10.4%.

➤ **PCI sur humide**

Le PCI sur sec s'élève à 3 897 cal/gMS, soit une valeur sur humide de **1 629 cal/gMH** (6 817 kJ/kgMH).

➤ **Potentiel de valorisation matière**

Le rapport C/N s'établit à **74.1**, avec des teneurs en Carbone total et Azote total respectives de 44.2%MS et 12 259 mg/kgMS.

➤ **Autres composants**

Le rapport C/H de cet échantillon s'établit à 7.5.

➤ **Éléments majeurs**

La comparaison avec les valeurs observées au cours de la 3^{ème} campagne pour cet échantillon révèle des ordres de grandeur similaires concernant la teneur en éléments majeurs.

➤ **Métaux et éléments mineurs**

A la lecture du Tableau 49, on constate que la composition chimique moyenne de l'échantillon-type putrescible permettrait de respecter les exigences imposées par la norme NF U44-051, hormis dans le cas du **Plomb** où l'on a vu précédemment une valeur aberrante relevée concernant la catégorie Papiers.

En considérant une valeur en Plomb correspondant à la valeur moyenne obtenue sur les 3 précédentes campagnes, le ratio 'Moyenne/Valeur limite' exposé dans le tableau suivant passe de 225% à 10%.

La composition chimique moyenne de l'échantillon-type putrescible permettrait alors de respecter les exigences imposées par la norme NF U44-051.

Il faut toutefois garder à l'esprit que ce résultat est obtenu sur la base d'une simulation basée sur des conditions idéales de séparation des déchets putrescibles, c'est-à-dire, un tri en amont des OMr « parfait ». Cette simulation ne tient pas compte de la présence d'autres catégories hormis celles réputées putrescibles.

Elément	Unité	Moyenne Echantillon Putrescible	Valeurs limites NFU 44-051	Ratio Moyenne / Valeur limite
Métaux et éléments mineurs				
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	18	< 1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	12	120	10%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	405	180	225%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	12	< 1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	6	60	10%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	17	300	6%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	37	600	6%
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	1.81	4	45%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.59	2.5	< 24%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	0.28	1.5	< 19%

Tableau 49 : Comparaison entre les résultats d'analyses de l'échantillon-type Putrescible et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

➤ **PCB**

On ne constate pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie. La limite de quantification des appareils d'analyse ne permet pas de mesurer des valeurs sous 25 mg/gMS.

➤ **HAP**

Les teneurs en HAP pour les éléments analysés restent en dessous des valeurs imposées par la norme NFU 44-051, mais sont toutefois assez élevées en raison des importantes valeurs observées (sans doute dues à une erreur de saisie) concernant la catégorie des Cartons.

4.6. RESULTATS DES ANALYSES DE DETERMINATION DU POUVOIR CALORIFIQUE INFERIEUR (GROUPE 3)

4.6.1. Introduction

Dans cette campagne, il a été fait le choix, en concertation avec le SYCTOM, d'augmenter les répétitions des mesures de PCI sur de nombreuses catégories.

Un nombre total de **55 analyses** de PCI ont été réalisées sur les échantillons.

- ✓ Les catégories réputées être les plus variables (Composites, Textiles et Combustibles) ont fait l'objet de 9 analyses chacune.
- ✓ Les analyses sur les autres catégories, hormis Verre et Métaux (pas d'analyse) et Déchets spéciaux (1 analyse), ont fait l'objet de 3 répétitions.
- ✓ Enfin, les analyses sur les échantillons représentatifs du gisement global ont fait l'objet de 6 répétitions.

Pour mémoire, le détail des échantillons analysés est présenté en Annexe 6 (Groupe 3, série spécifique « PCI »).

4.6.2. Résultats des mesures

Les valeurs de PCI exprimées sur humide en cal/g MH sont synthétisées dans le Tableau 50.

<i>Catégorie</i>	<i>PCI (cal/gMH)</i>	<i>Catégorie</i>	<i>PCI (cal/gMH)</i>	<i>Catégorie</i>	<i>PCI (cal/gMH)</i>
Fermentescibles 1	1 137	Textiles 2	4 342	Combustibles NC 6	4 165
Fermentescibles 2	1 055	Textiles 3	4 022	Combustibles NC 7	4 722
Fermentescibles 3	1 037	Textiles 4	3 782	Combustibles NC 8	4 037
Papiers 1	2 680	Textiles 5	4 201	Combustibles NC 9	4 870
Papiers 2	2 311	Textiles 6	4 128	Verres	NM ^a
Papiers 3	1 969	Textiles 7	3 656	Métaux	NM ^a
Cartons 1	3 260	Textiles 8	3 458	Incombustibles 1	612
Cartons 2	3 059	Textiles 9	4 320	Incombustibles 2	565
Cartons 3	3 541	Textiles sanitaires 1	1 362	Incombustibles 3	1 005
Composites 1	4 220	Textiles sanitaires 2	1 481	Déchets Spéciaux	33
Composites 2	3 506	Textiles sanitaires 3	1 345	Eléments fins 1	1 563
Composites 3	3 873	Plastiques 1	4 538	Eléments fins 2	1 516
Composites 4	3 901	Plastiques 2	5 693	Eléments fins 3	2 196
Composites 5	3 865	Plastiques 3	6 757	Global 1	1 281
Composites 6	3 837	Combustibles NC 1	4 203	Global 2	2 427
Composites 7	4 010	Combustibles NC 2	5 961	Global 3	1 161
Composites 8	4 036	Combustibles NC 3	4 713	Global 4	1 437
Composites 9	3 860	Combustibles NC 4	5 173	Global 5	1 525
Textiles 1	3 428	Combustibles NC 5	4 539	Global 6	1 904

^a Non Mesuré

Tableau 50 : Valeurs de PCI mesurées sur les différentes catégories de déchets

A la lecture de ces données, on constate les faibles valeurs des PCI des échantillons reconstitués « Global » (et notamment les échantillons repérés global 1, 3, 4 et 5). D'une manière générale, ces valeurs sur les échantillons type « Global » sont légèrement supérieures à celles des Fermentescibles, globalement équivalentes à celles des Textiles sanitaires, et bien inférieures aux autres catégories (voir § 4.6.4 l'analyse faite sur cette observation).

4.6.3. Estimation de la contribution des catégories à la variabilité du PCI

L'augmentation sensible des analyses de détermination du PCI a permis de mener un travail sur l'estimation de la contribution à la variabilité du PCI pour 11 catégories, au lieu des 3 catégories usuellement sélectionnées (à savoir Combustibles, Composites, Textiles) dans les précédentes campagnes. Ce travail a été effectué en considérant les mesures répétées présentées dans le Tableau 50 et en faisant l'hypothèse, communément adoptée, que les variabilités de valeurs de PCI mesurées pour ces catégories obéissent à des lois normales².

² En toute rigueur, le calage avec une loi normale nécessiterait un plus grand nombre de valeurs mesurées ($n > 30$), mais en l'absence d'information complémentaire, l'hypothèse d'une distribution normale est communément adoptée.

Les différentes valeurs mesurées pour ces catégories sont donc considérées comme des réalisations aléatoires de lois normales.

Dans un premier temps, on cale des lois normales sur les valeurs mesurées. Ces calages, illustrés en Annexe 8, ont été obtenus par ajustement automatique en minimisant la somme des carrés des différences entre les valeurs mesurées et calculées.

Ensuite, on exploite le fait que la somme de plusieurs distributions normales est une distribution normale, dont la moyenne est la somme des moyennes et la variance est la somme des variances.

La valeur moyenne de PCI calculée à partir des PCI des différentes fractions est obtenue de :

$$\text{Moy}(\text{PCI}) = \sum_{i=1}^{i=n} x_i \text{Moy}(\text{PCI}_i)$$

où x_i est la fraction massique de la catégorie i et PCI_i est le PCI de cette catégorie.

La contribution des catégories sélectionnées à l'erreur globale est obtenue de :

$$\text{Var}(\text{PCI}) = \sum_{i=1}^{i=n} x_i \text{Var}(\text{PCI}_i)$$

où :

$$\text{Var}(\text{PCI}_i) = \sigma_i^2$$

et σ_i est l'écart-type obtenu par calage d'une distribution normale sur les valeurs mesurées pour les catégories. **On obtient ainsi une valeur de PCI de l'échantillon type global égal à : 2 206 cal/gMH \pm 217 cal/gMH.**

Note : ce calcul s'appuie sur la composition du gisement (% humide ; cf. Tableau 10) et prend en compte les valeurs de PCI correspondant aux moyennes des lois normales calées pour chaque catégorie ; la valeur nulle pour la catégorie Verres ; la valeur de 2 008 cal/gMH pour la catégorie Métaux.

En considérant un intervalle de confiance à 95% de confiance (± 2 écart-types), on a :

PCI Global = 2 206 \pm 434 cal/gMH.

Commentaires : Cette valeur est en bonne cohérence avec celles obtenues dans les campagnes précédentes : **2 403 \pm 456 cal/gMH** (campagne 1) ; **2 549 \pm 484 cal/gMH** (campagne 2) ; **2 148 \pm 532 cal/gMH** (campagne 3).

Elle demeure légèrement inférieure aux valeurs des campagnes précédentes mais cela s'explique par la proportion plus élevée d'éléments fins dans la présente campagne.

4.6.4. Echantillon global

La valeur de PCI sur l'échantillon global est obtenue de deux manières différentes :

- i.) à partir des 6 analyses réalisées sur l'échantillon global, en faisant l'hypothèse que la variabilité de ces 6 valeurs de PCI obéit à une loi normale ; dans ce cas, la valeur de PCI correspond à la moyenne de la loi normale calée,
- ii.) à partir de l'ensemble des analyses réalisées sur chaque catégorie et en exploitant le fait que la somme de plusieurs distributions normales est une distribution normale, dont la moyenne est la somme des moyennes et la variance est la somme des variances.

i) A partir des 6 analyses réalisées, en faisant l'hypothèse que la variabilité de ces valeurs obéit à une loi normale

En faisant l'hypothèse que la variabilité de ces valeurs de PCI obéit à une loi normale (calage illustré en Figure 28), la moyenne s'établit à $2\,498 \pm 534$ cal/g MS soit une valeur sur humide de :

$1\,436 \pm 348$ cal/g MH.

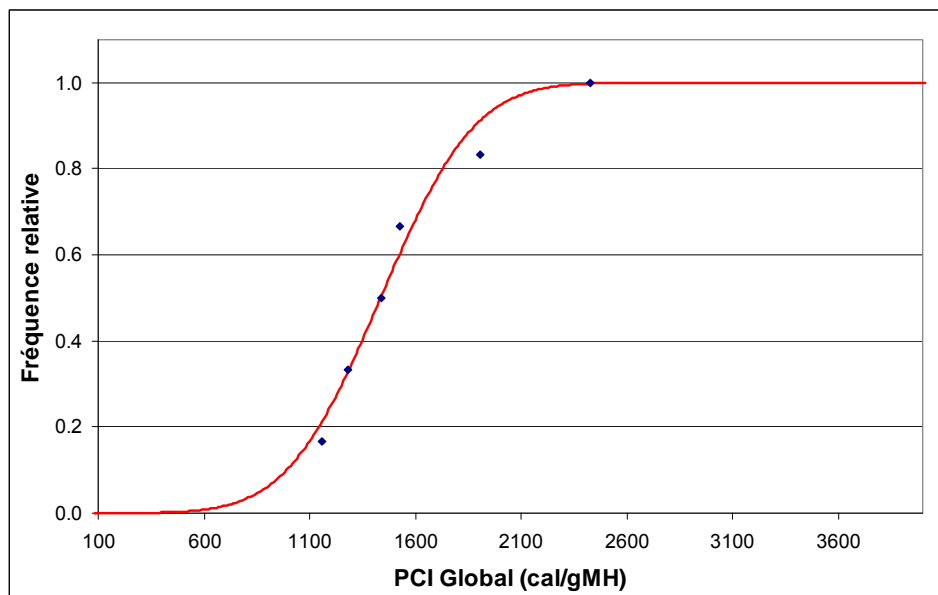


Figure 28 : Calage des mesures PCI de l'échantillon-type « Global » avec une loi normale de moyenne = $1\,436$ cal/gMH et d'écart-type = 348 cal/gMH.

ii) A partir de l'ensemble des analyses réalisées

Le détail de ce calcul est présenté ci-avant (cf. § 4.6.3).

**On obtient ainsi une valeur de PCI de l'échantillon type global égal à :
2 206 cal/gMH \pm 217 cal/gMH.**

Commentaires :

➤ ***Sur la différence observée entre les valeurs de PCI :***

On observe une différence sur les valeurs obtenues :

- i) 1 436 \pm 348 cal/g MH.
- ii) 2 206 \pm 217 cal/gMH.

Très clairement, il apparaît que certaines valeurs de PCI parmi les analyses effectuées sur les échantillons de type « Global » sont très faibles.

Ce constat est établi en regard à la fois du PCI propre des autres catégories (le calcul à partir de ces valeurs donne un PCI pour l'échantillon global de 2206 \pm 217 cal/gMH) et de la valeur moyenne obtenue en série n°2 (série correspondant aux analyses élémentaires) : 2254 cal/gMH.

Une explication probable de cette différence provient de la faible masse d'échantillon pour prise d'essai en bombe calorimétrique en regard de la forte hétérogénéité de l'échantillon 'Global'. Il semble donc très difficile d'obtenir une prise d'essai de l'ordre de 700 à 800 mg qui soit représentative de cet échantillon type Global.

4.6.5. Synthèse des valeurs de PCI

Le Tableau 51 récapitule l'ensemble des valeurs de PCI sur humide obtenues. Elles sont présentées par valeur décroissante sur la Figure 29.

On observe une bonne cohérence des résultats entre les deux séries d'analyse mis à part les catégories dont la composition est très hétérogène comme les 'Déchets spéciaux', les 'Incombustibles' et l'échantillon 'Global' (voir commentaires ci-avant).

Dans une moindre mesure, on note une différence entre les valeurs de PCI de la catégories 'Plastiques'.

Echantillons		Analyses Groupe 2 (avec distinction granulométrique) cal/gMH – kJ/kgMH	Analyses Groupe 3 (sans distinction granulométrique) cal/gMH – kJ/kgMH
Fermentescibles		1 062 – 4 445	1 046 – 4 379
Papiers		2 146 – 8 982	2 133 – 8 926
Cartons		3 508 – 14 682	3 157 – 13 213
Composites		3 868 – 16 187	3 887 – 16 266
Textiles		3 160 – 13 225	3 865 – 16 175
Textiles Sanitaires		1 360 – 5 691	1 354 – 5 665
Plastiques		6 630 – 27 745	5 080 – 21 260
Combustibles NC		4 840 – 20 257	4 549 – 19 039
Verres		45 – 187	-
Métaux Fe		2 094 – 8 763	-
Métaux NFe		1 619 – 6 773	-
Incombustibles NC		1 117 – 4 673	589 – 2 463
Déchets Spéciaux		3 838 – 16 064	33 – 137
Éléments fins		1 597 – 6 684	1 538 – 6 437
Global		2 254 – 9 433	1 436 – 6 008
Par calcul	Echantillon type Putrescibles	1 629 – 6 817	-

Tableau 51 : Tableau récapitulatif des valeurs de PCI obtenues

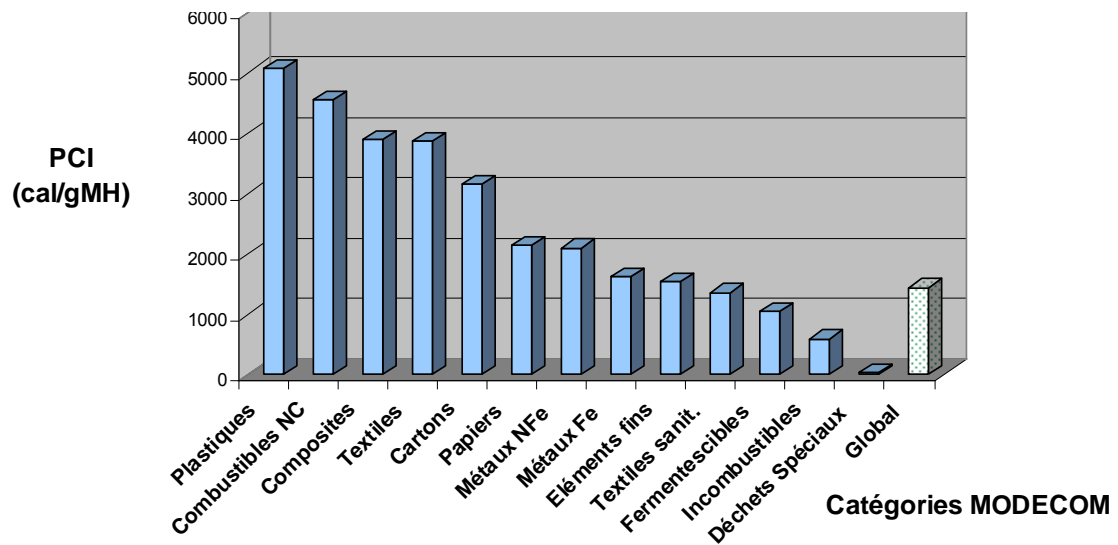


Figure 29 : Classement par valeur décroissante des PCI mesurés sur les différentes catégories de déchets

5. Détermination du potentiel méthanogène

5.1. MATERIEL ET METHODES

5.1.1. Matériel de fermentation

La détermination du potentiel méthanogène est effectuée en réacteur Batch.

La plupart des tests de potentiel méthanogène se font sur des substrats relativement homogènes et de faible granulométrie. C'est le cas par exemple des déchets d'origine agricole (lisiers, fumiers, résidus de silos de stockage...), ou agro-industriels (lactosérum, graisses, purées de fruits ou légumes). Les réacteurs Batch utilisés pour ces mesures ont de très faibles volumes, 250 à 500 mL, et l'étude est réalisée sur une faible quantité d'échantillon, généralement 4 à 8 g de matière organique du substrat à caractériser.



Les déchets ménagers gris présentent une hétérogénéité et une granulométrie bien plus élevées que ces substrats et les digesteurs habituels ne sont pas adaptés du fait de leur volume réduit.

Dans le cadre de la présente étude, le matériel utilisé est similaire à celui utilisé habituellement, seule l'échelle est différente afin de s'adapter au mieux aux caractéristiques du substrat.

Les digesteurs Batch utilisés sont donc constitués de :

- un réacteur de 50 L chauffé, isolé et équipé d'un système d'agitation,
- une colonne de stockage du gaz produit de 9 L plongeant dans un bac de réserve,
- un bac de réserve contenant une solution permettant de limiter la dissolution du CO₂ produit (solution acide saturée en sels : acide citrique 5 %, NaCl 20 %, pH ≤ 2).

5.1.2. Protocole expérimental

a) Préparation des échantillons

Inoculum : il s'agit du digestat provenant du digesteur de 40 m³ de l'association EDEN (Energie Développement Environnement). Pour assurer le bon déroulement de la fermentation anaérobie, suivre la dégradation du substrat et non la croissance des bactéries méthanogènes, on utilise un inoculum en excès. L'inoculum apporte les bactéries nécessaires à la méthanisation. Cependant, en l'absence de biodéchets, sa production en gaz doit être négligeable. On parle **d'inoculum appauvri** : c'est à dire d'un digestat de méthanisation qui n'a pas reçu de matière organique fraîche depuis un temps relativement long. De cette façon, l'inoculum comporte une flore bactérienne adaptée à la méthanisation mais peu de matière organique disponible car elle a déjà été dégradée. Lors de l'expérimentation, cette flore bactérienne aura pour matière organique disponible le substrat à caractériser.

Témoin : Afin de vérifier que l'inoculum est bien appauvri, deux digesteurs sont mis en fonctionnement avec une quantité d'inoculum similaire aux autres. Par contre, dans celui-ci, le substrat à caractériser est remplacé par une quantité égale d'eau distillée. Un inoculum appauvri doit avoir une production de gaz minimale qui sera soustraite de la production observée pour les autres Batch.

b) Suivi expérimental

Le protocole mis en place permet de suivre la production de biogaz et donc de connaître la productivité en biogaz d'un substrat. Pour chaque test, une série de Batch est effectuée qui comprend :

- un ou plusieurs témoins (inoculum + eau distillée),
- différents essais (inoculum + substrat à caractériser).

Pour chaque substrat, trois répétitions sont réalisées et une moyenne des mesures expérimentales obtenues est effectuée. Les essais sont constitués du digestat de méthanisation (50 L) et du substrat à caractériser (environ 0,4 à 0,5 kg). Les fermenteurs, hermétiquement clos, sont maintenus à une température de 30-40°C et agités 2 à 5 fois par jour par l'opérateur.

Le gaz produit est stocké dans la colonne de récupération des gaz et au fur et à mesure que la quantité de gaz stocké augmente, la colonne s'élève hors du bac de réserve. Le bac de réserve contient une solution acide saturée en sels afin de limiter la dissolution de CO₂ dans cette solution. Un suivi régulier de la montée de la colonne de stockage du gaz est effectué. La qualité du gaz est mesurée avec un analyseur *Geotechnical Instrument GA2000*. Les paramètres suivants sont exprimés en pourcentage : CH₄, CO₂, O₂ et autres gaz, alors que la teneur en H₂S est exprimée en ppm (partie par million). Cet analyseur permet aussi de connaître la pression à

l'intérieur de la colonne de stockage, qui est utilisée avec les mesures de température ambiante pour la conversion des données expérimentales en normaux litres (NL).

Lorsque la colonne est pleine, elle est vidée de son contenu et un nouveau cycle de stockage de suivi de production est effectué. L'expérimentation est menée sur une période de 15 à 30 jours en fonction du substrat à caractériser.

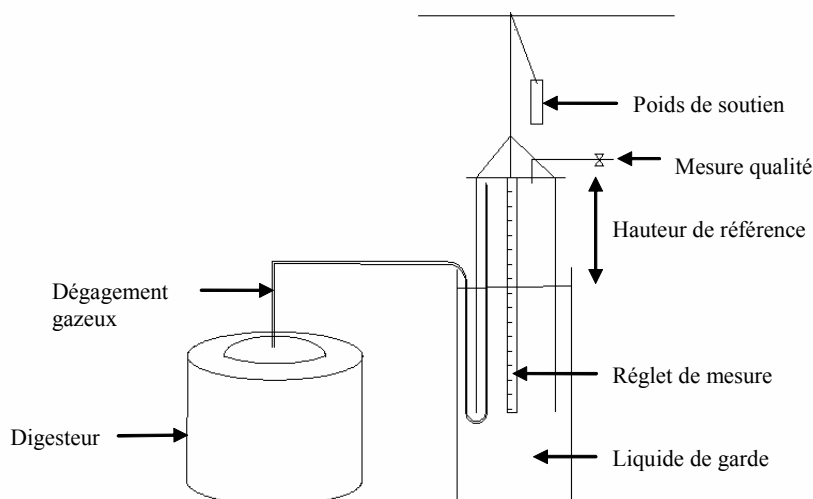


Figure 30 : Schéma de principe du suivi expérimental

5.1.3. Traitement des résultats expérimentaux

Le calcul du potentiel méthanogène est basé sur la différence entre les productions du témoin et de l'essai.

a) Correction du volume de gaz

Afin de comparer les résultats obtenus avec ceux d'autres substrats, les valeurs de dégagement de gaz sont ramenées aux conditions normales de température et de pression (0°C et 1 bar absolu), et exprimées en NI de gaz / kg MSV (Matière Sèche Volatile) de substrat caractérisé, en NI de gaz / kg MS (Matières sèches) et en NI de gaz / kg de MSV de biodéchets.

b) Correction en température

$$V_2 = \frac{V_1 \times 273}{273 + t_{amb}}$$

Où : V1 et V2 sont exprimés en litres

t_{amb} en degrés Celsius

c) Correction en pression

Dans le cas de l'utilisation d'une colonne de stockage du gaz, le gaz, tout en faisant s'élever la colonne, est légèrement comprimé par le poids de celle-ci. Il peut être nécessaire de faire des calculs complexes afin de connaître la pression du gaz à l'intérieur de la colonne. On obtiendrait alors le volume de gaz stocké, faisant intervenir température, pression et hauteur de colonne, mais avec finalement une incertitude assez élevée sur cette valeur.

L'appareil de mesure utilisé pour analyser le gaz donne directement la pression du gaz analysé. Dans notre cas, il suffit donc de faire la conversion de volume entre la pression réelle et la pression normale, ce qui réduit notablement les imprécisions à ce niveau.

$$V_3 = \frac{V_2 * P_{exp}}{P_{norm}}$$

Où :

P_{exp} = pression mesurée dans la colonne de stockage

P_{norm} = pression normale

d) Correction de la balance des gaz

Au cours de l'expérimentation, il est possible que la colonne de stockage du gaz ne soit pas complètement vidée lors de sa descente et contienne notamment de l'azote. Le biogaz produit est ainsi dilué dans une proportion d'air. La quantité d'oxygène entrant en jeu lors de ces phénomènes de dilution au niveau de la colonne de stockage n'est pas en mesure de perturber la fermentation au niveau du digesteur, notamment parce que cet événement est généralement ponctuel (durant les 2 à 3 premiers jours de manipulation) et que l'air, pouvant être présent, se trouve au niveau de la colonne de stockage et non pas directement au niveau du digesteur.

L'analyseur de gaz exprime les teneurs en CH_4 et CO_2 en pourcentage de la quantité totale de gaz mesuré. Dans le cas du fonctionnement d'un digesteur industriel, cette dilution du gaz ne se produit pas et il est nécessaire d'exprimer les pourcentages relatifs en méthane et dioxyde de carbone par rapport à un gaz ne contenant que ces deux gaz.

$$\%CH_4 \text{ corr} = \frac{100 \times \%CH_4}{\%CH_4 + \%CO_2}$$

$$\%CO_2 \text{ corr} = \frac{100 \times \%CO_2}{\%CH_4 + \%CO_2}$$

5.1.4. Expérimentation

a) Préparation des échantillons

Un nombre de 6 échantillons ont été prélevés pour caractérisation en méthanisation. Ces échantillons sont différenciés par leur granulométrie :

- M 0-20 : entre 0 et 20 mm
- M 20-50 : entre 20 et 50 mm
- M 50-100 : entre 50 et 100 mm
- M 100 : plus de 100 mm
- M Putr : matières putrescibles
- M Global : échantillon global sans tri

Pour chacun de ces échantillons, une description visuelle a été réalisée avant l'analyse.

b) Fraction granulométrique 0-20 mm



Cet échantillon est composé majoritairement de feuilles/papier broyé (50%) et de restes de repas (20%). Du plastique (5%) et des emballages carton (5%) complètent l'échantillon. Les 20% restants sont composés d'éléments divers (dont emballages de médicaments).

Figure 31 : Photographie de l'échantillon 0-20 mm

c) Fraction granulométrique 20-50 mm

Cet échantillon est essentiellement composé de papier (50%) et d'emballages carton (15%). Il contient également des emballages en plastique (10%) et des restes de repas (10%). Les 15% restants sont composés d'éléments divers (fer, bois, liège...).



Figure 32 : Photographie de l'échantillon 20-50 mm

d) Fraction granulométrique 50-100 mm



Cet échantillon est composé d'emballages en plastique (40%), de textile (20% tissus) et de papier/carton (20%). Les 20% restants sont composés d'éléments divers (10% fer, aérosol, restes de repas, verre, disquette...).

Figure 33 : Photographie de l'échantillon 50-100 mm

e) Fraction granulométrique supérieure à 100 mm

Cet échantillon est essentiellement composé de papier/carton/journaux (40%) puis de plastique (30%), de textile (15%), de verre (10%) et de fer (5%).



Figure 34 : Photographie de l'échantillon > 100 mm

f) Echantillon « Matières Putrescibles »



Cet échantillon est essentiellement composé de papier/carton (80%) puis de reste de repas (10%) et de déchets verts (10%).

Figure 35 : Photographie de l'échantillon « Matières Putrescibles »

g) Echantillon « Global »

Cet échantillon est très hétérogène et 50% de l'échantillon est contenu dans des poches plastiques entières.

Il est composé de plastique (35% : bouteilles et emballages), de papier/carton (25% dont emballages de médicaments), de verre (15%), de textile (15% tissus) et de restes de repas (10%).



Figure 36 : Photographie de l'échantillon « Echantillon Global »

5.2. RESULTATS

5.2.1. Caractérisation des substrats

a) *Tableau MODECOM™*

Catégories MODECOM™	Echantillons					
	0-20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	Putrescible	Global
Déchets fermentescibles	55.5%	23.9%	8.8%	2.3%	16.3%	22.9%
Papiers	3.5%	7.9%	15.3%	34.0%	17.7%	14.0%
Cartons	0.6%	2.4%	7.9%	13.8%	10.7%	7.8%
Composites/Complexes	0.5%	1.5%	2.2%	2.3%	-	1.4%
Textiles	0.0%	0.1%	2.0%	2.5%	-	2.5%
Textiles sanitaires	5.6%	13.3%	15.5%	3.1%	15.9%	7.1%
Plastiques	2.3%	9.7%	25.7%	23.3%	-	14.7%
Combustibles NC	1.1%	2.8%	4.0%	4.4%	-	5.2%
Verres	22.5%	20.4%	3.8%	7.8%	-	12.4%
Métaux	0.3%	3.3%	10.3%	4.8%	-	4.7%
Incombustibles NC	8.1%	12.5%	2.7%	0.5%	-	4.8%
Déchets spéciaux	0.0%	1.8%	1.3%	0.8%	-	1.7%
Fines < 20 mm	-	0.4%	0.5%	0.4%	39.4%	0.3%
Total	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Tableau 52 : Composition moyenne des échantillons (% MS, moyenne sur la campagne)

L'analyse MODECOM™ repose sur une pesée des ordures ménagères sans traitement. Ces ordures sont ensuite séchées et triées et chaque classe granulométrique est ensuite pesée. Cette méthode avec séchage permet de limiter l'activité biologique de dégradation du produit lors des étapes de tri, d'échantillonnage et d'expédition pour analyse.

b) *Teneur en matière sèche et matière organique*

Les analyses de matière organique ont été réalisées par un autre laboratoire. Voici le tableau présentant la valeur moyenne pour chaque échantillon.

		Echantillons					
		0-20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	Putrescible	Global
Matière sèche	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Matière organique (perte au feu à 550°C)	%MS	57.1%	76.1%	82.5%	78.0%	88.1%	74.8%

Tableau 53 : Valeurs moyennes en MS et MSV des échantillons

c) Proportion de biodéchets dans les échantillons

L'analyse MODECOM™ démontre que les déchets contiennent des quantités non négligeables de substrats carbonés qui ne sont pas fermentescibles. La catégorie **biodéchet** regroupe différentes catégories de tri :

- les déchets fermentescibles,
- les papiers,
- les cartons,
- les textiles sanitaires
- une partie des fines (64.1%MS).

Toutes les autres classes sont regroupées sous la dénomination d'**inertes**.

		Echantillons					
		0-20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	Putrescible	Global
Matière sèche	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Matière organique (perte au feu à 550°C)	%MS	57.1%	76.1%	82.5%	78.0%	88.1%	74.8%
Proportion de Biodéchets (/MS)	%MS	65.2%	47.7%	47.8%	53.5%	100%	52.0%

Tableau 54 : Proportions de biodéchets dans les échantillons

5.2.2. Potentiels méthanogènes des ordures ménagères

Les bactéries méthanogènes décomposent la matière organique (ou matière sèche volatile MSV). L'analyse de laboratoire nous fournit sa proportion grâce à la perte au feu. Il est important de remarquer que les déchets sont hétérogènes. Une partie de la matière organique peut être difficilement accessible aux bactéries. C'est notamment le cas des restes de repas dans un sac poubelle fermé ou des couvertures de magazine qui sont enrobées d'un film de plastique. Lors de la méthanisation, toute la matière organique n'est donc pas digérée malgré un mélange régulier des digesteurs.

b) Potentiels méthanogènes exprimés en fonction de la MS

Echantillon	Nm ³ CH ₄ / t MS
0-20 mm	121
20-50 mm	141
50-100 mm	112
> 100 mm	64
Putrescible	133
Global	87

Tableau 55 : Potentiels méthanogènes des échantillons (campagne 4)

Les potentiels méthanogènes exprimés par taux de matière sèche obtenus lors de cette campagne de mesures sont homogènes et cohérents avec les résultats obtenus lors des trois autres campagnes de mesures (cf. Tableau 56).

Les **cinétiques** correspondant à la production de méthane pour chacun des échantillons en fonction de la quantité de MS sont représentées en Annexe 9.

Echantillons	Campagne 1 (Déc. 06)	Campagne 2 (Mars 07)	Campagne 3 (Nov. 07)	Campagne 4 (Mai 08)	Moyenne
0-20 mm	137	140	124	121	130
20-50 mm	138	160	124	141	140
50-100 mm	158	114	143	112	132
> 100 mm	113	135	116	64	107
Putrescible	189	168	164	133	164
Global	-	161	116	87	121

Tableau 56 : Potentiels méthanogènes des échantillons (comparatif des 4 campagnes, valeurs exprimées en $\text{Nm}^3 \text{CH}_4 / \text{t MS}$)

Pour les trois campagnes précédentes, les résultats obtenus étaient compris entre 110 et 190 $\text{Nm}^3 \text{CH}_4 / \text{t MS}$. Pour cette campagne de mesures, les potentiels méthanogènes obtenus pour les échantillons M100 et M Global exprimés par rapport à la matière sèche sont cependant plus faibles.

Pour l'échantillon M Global, cette différence peut s'expliquer par le fait que la moitié de l'échantillon est contenue dans des poches plastiques entières. La matière organique présente n'est donc pas facilement accessible par les bactéries méthanogènes.

Cet échantillon est également composé en grande partie de plastique et autres éléments dont le potentiel méthanogène est très faible.

Lors du rapport précédent, nous avons émis l'hypothèse d'une variation de qualité des Ordures Ménagères (OM) entre l'été et l'hiver : en effet, le potentiel méthanogène de l'échantillon global de la campagne 2 (mars) obtenu (exprimé par taux de matière sèche) était plus élevé que celui de la campagne 3 (novembre). Cette hypothèse ici n'est pas vérifiée puisque l'échantillon a été prélevé au mois de juin et que le potentiel méthanogène obtenu (exprimé par taux de matière sèche) est finalement plus faible que celui de la campagne d'hiver (campagne 3).

Comme dit dans les précédentes campagnes de mesure, l'échantillon de granulométrie supérieure à 100 mm a généralement le potentiel méthanogène le plus faible, de par sa composition (essentiellement plastique et papier/journaux dont magazines) et de par le fait que la matière organique est moins accessible par les bactéries pour les déchets de granulométrie importante (la surface de contact avec les bactéries est en effet plus faible que pour des éléments broyés ou de granulométrie inférieure).

Pour cette campagne de mesures, également, l'échantillon M100 a le potentiel méthanogène exprimé par taux de matières sèches le plus faible.

En comparaison avec les 3 campagnes précédentes, il est cependant plus faible. Cela peut s'expliquer au niveau de la composition de l'échantillon : en effet, l'échantillon M100 de la campagne 4 contient plus de plastique et moins de textiles sanitaires, en comparaison avec les échantillons M100 des précédentes campagnes.

Le potentiel méthanogène exprimé par taux de matière sèche de l'échantillon M Putr est généralement le plus élevé. Ici, il est légèrement plus faible que le potentiel de l'échantillon M 20-50. En comparaison avec les trois campagnes de mesures précédentes, ce potentiel est un peu plus faible. Cela peut être dû à sa composition : d'après les tableaux MODECOM™, l'échantillon M Putr de la campagne n°4 contient deux fois moins de papier/carton (28 % environ) que les échantillons M Putr des autres campagnes (50% en moyenne), et contient en revanche plus de fines (39% au lieu de 20% en moyenne). Notre description visuelle de l'échantillon reçu montrait que cet échantillon contenait moins de restes de repas que pour les autres campagnes.

Mises à part ces quelques remarques, le potentiel méthanogène exprimé par taux de matière sèche est homogène pour tous les échantillons : aucune grande différence n'est observée entre les différentes granulométries.

Pour un projet de traitement de déchets ménagers par méthanisation, afin d'optimiser la production de biogaz, il est donc préférable de trier les déchets en conservant uniquement les biodéchets plutôt que de trier les déchets par granulométrie.

b) Potentiels méthanogènes exprimés en fonction de la MSV et de la quantité de biodéchets

Echantillon	Nm ³ CH ₄ / t MSV	Nm ³ CH ₄ / t MSV biodéchets
0-20 mm	210	323
20-50 mm	186	390
50-100 mm	136	285
> 100 mm	83	153
Putrescible	151	151
Global	116	221

Tableau 57 : Potentiels méthanogènes des échantillons (campagne 4 ; valeurs exprimées en fonction de la MSV et de la quantité de biodéchets)

Comparaison avec les résultats des précédentes campagnes :

Echantillons	Campagne 1 (Déc. 06)		Campagne 2 (Mars 07)		Campagne 3 (Nov. 07)		Campagne 4 (Mai 08)		Moyenne
	% MSV/MS	Nm ³ CH ₄ / t MSV	% MSV/MS	Nm ³ CH ₄ / t MSV	% MSV/MS	Nm ³ CH ₄ / t MSV	% MSV/MS	Nm ³ CH ₄ / t MSV	Nm ³ CH ₄ / t MSV
0-20 mm	69%	199	74%	189	52%	237	57.1%	210	210
20-50 mm	57%	269	55%	292	51%	243	76.1 %	186	250
50-100mm	86%	183	65%	174	70%	204	82.5 %	136	175
> 100 mm	83%	137	75%	180	71%	163	78 %	83	140
Putrescible	84%	226	65%	260	75%	217	88.1 %	151	210
Global	-	-	72%	227	78%	149	74.8 %	116	165

Tableau 58 : Potentiels méthanogènes des échantillons (comparatif des 4 campagnes ; valeurs exprimées en fonction de la MSV)

Echantillons	Campagne 1 (Déc. 06)		Campagne 2 (Mars 07)		Campagne 3 (Nov. 07)		Campagne 4 (Mai 08)		Moyenne
	% Biod/MS	Nm ³ CH ₄ / t MSV Biod	% Biod/MS	Nm ³ CH ₄ / t MSV Biod	% Biod/MS	Nm ³ CH ₄ / t MSV Biod	% Biod/MS	Nm ³ CH ₄ / t MSV Biod	Nm ³ CH ₄ / t MSV Biod
0-20 mm	75%	265	74%	257	68%	349	65.2 %	323	300
20-50 mm	43%	628	43%	673	41%	597	47.7 %	390	570
50-100mm	50%	415	42%	418	48%	429	46.8 %	285	385
> 100 mm	53%	258	57%	315	55%	295	53.5 %	153	255
Putrescible	100%	226	100%	260	100%	217	100 %	151	210
Global	-	-	50%	424	53%	283	52 %	221	310

Tableau 59 : Potentiels méthanogènes des échantillons (comparatif des 4 campagnes ; valeurs exprimées en fonction de la quantité de biodéchets)

Les résultats obtenus pour cette campagne de mesures sont cohérents et du même ordre de grandeur que les résultats obtenus lors des trois campagnes de mesures précédentes.

Remarque : lors des trois campagnes précédentes, le potentiel méthanogène exprimé en fonction du taux de biodéchets des échantillons M 20-50 et M 50-100, était élevé (entre 400 et 600 Nm³ CH₄ / t MSV Biod). Pour cette campagne de mesure, les potentiels de ces échantillons exprimés par rapport aux biodéchets sont moins élevés (330 Nm³ CH₄ / t MSV Biod en moyenne) et comparables au potentiel méthanogène moyen observé sur ordures ménagères (260 Nm³ CH₄ / t MSV Biod).

L'intérêt de ces manipulations est de connaître la production de biogaz des déchets bruts une fois séchés : **le résultat principal est le potentiel méthanogène exprimé par rapport au taux de matière sèche**. Afin d'éviter au maximum les erreurs d'imprécision, les échantillons reçus ayant tous un taux de matière sèche de 100%, il est en effet plus judicieux de comparer les résultats des différentes campagnes de mesures en considérant les potentiels méthanogènes exprimés en fonction de la matière sèche.

5.2.3. Production de biogaz brut

Pour cette campagne de mesures, comme pour les trois autres campagnes de mesures réalisées, la teneur moyenne en CH_4 sur biogaz brut est de 60% CH_4 (et 40% de CO_2), pour tous les échantillons analysés.

Pour cette campagne, la composition du biogaz ne varie donc pas en fonction des échantillons, seul le potentiel méthanogène varie.

5.2.4. Potentiel méthanogène global

Le tableau suivant représente pour la campagne 4 les quantités et les proportions de méthane et de biogaz produites pour une tonne de déchets secs.

Fraction granulométrique	Valeurs pour une tonne de déchets secs					
	Proportion	Masse (en kg)	Productivité (en $\text{Nm}^3 \text{CH}_4 / \text{t MS}$)	Quantité de CH_4 (en Nm^3)	Proportion en CH_4^*	Quantité de biogaz (en Nm^3 , avec 60% CH_4)
0-20 mm	32%	318	121	38	41%	64
20-50 mm	12%	122	141	17	18%	29
50-100mm	19%	190	112	21	23%	35
100-350 mm	27%	266	64	17	18%	28
> 350 mm	10%	104				
TOTAL	100%	1000		94	100%	157

* part de chaque fraction granulométrique dans la production totale de méthane par les OM

Tableau 60 : Potentiel méthanogène global (campagne 4)

Les productivités en méthane en fonction de la teneur en matière sèche sont relativement proches pour chaque fraction granulométrique. L'ensemble, hormis les 10% de déchets dont la granulométrie est supérieure à 350mm, produit environ 94 Nm^3 de CH_4 par tonne de matière sèche de déchets et 157 Nm^3 de biogaz par tonne de matière sèche de déchets.

Pour l'échantillon Putrescible, le potentiel méthanogène obtenu est supérieur au potentiel méthanogène global obtenu ci-dessus : 133 Nm^3 de $\text{CH}_4 / \text{t MS}$ (221 Nm^3 de biogaz / t MS).

Sur la chaîne de tri avant méthanisation, il sera donc avantageux de mettre en place un tri basé sur la différenciation entre biodéchets et inertes, plutôt qu'un tri granulométrique seul.

L'échantillon M Global a un potentiel méthanogène exprimé par rapport à la matière sèche ($87 \text{ Nm}^3 \text{CH}_4 / \text{t MS}$) comparable au potentiel global ci-dessus ($94 \text{ Nm}^3 \text{CH}_4 / \text{t MS}$), ce qui démontre la cohérence des résultats.

Comparaison avec les résultats des trois précédentes campagnes :

Fraction granulométrique	Potentiel global
Campagne 1 (Déc. 06)	124 Nm ³ CH ₄ / t déchets secs
Campagne 2 (Mars 07)	119 Nm ³ CH ₄ / t déchets secs
Campagne 3 (Nov. 07)	112 Nm ³ CH ₄ / t déchets secs
Campagne 4 (Mai 08)	94 Nm ³ CH ₄ / t déchets secs
Moyenne	112 Nm³ CH₄ / t déchets secs

Tableau 61 : Potentiel méthanogène global (comparatif des 4 campagnes)

Le potentiel global exprimé en fonction de la matière sèche obtenu pour la campagne 4 est bien du même ordre de grandeur et comparable aux résultats des 3 premières campagnes.

5.3. CONCLUSION

Les cinétiques de production de biogaz ont la forme caractéristique d'une **dégradation anaérobie** (cf. Annexe 9) : la fermentation s'est donc déroulée normalement.

Le graphique ci-dessous représente le bilan des 4 campagnes de mesures réalisées, avec les potentiels méthanogènes exprimés en fonction de la matière sèche obtenus pour chaque échantillon et le potentiel global.

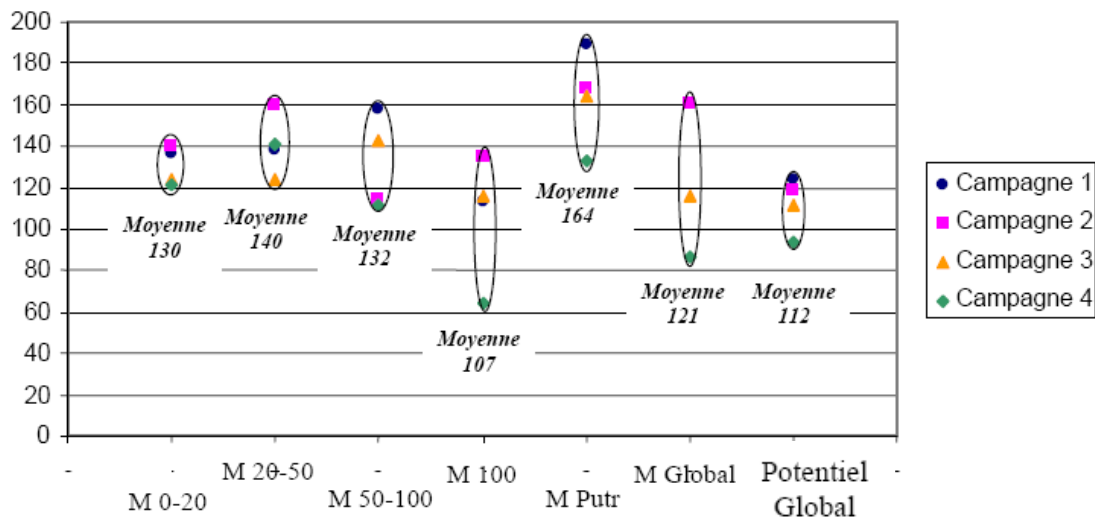


Figure 37 : Potentiels méthanogènes des 4 campagnes (valeurs en $\text{Nm}^3 \text{CH}_4 / \text{t MS}$)

Ce graphique, bilan des 4 campagnes de mesures réalisées, montre que les potentiels méthanogènes de tous les échantillons exprimés en fonction de la matière sèche sont homogènes entre eux et du même ordre de grandeur : il n'y a pas de grande différence en fonction de la granulométrie.

L'échantillon M Putr présente le potentiel exprimé par taux de matière sèche le plus élevé.

Afin d'optimiser la production de biogaz des ordures ménagères, il est donc plus judicieux de trier les déchets en conservant les biodéchets plutôt que de les trier par classe granulométrique.

6. Conclusion

La campagne de caractérisation des ordures ménagères résiduelles, objet de ce rapport, est la dernière de la série de quatre campagnes prévues dans le cadre du marché passé avec le SYCTOM de l'Agglomération Parisienne. Celui-ci a pour objectif de mieux connaître les flux entrants du centre de transfert de Romainville (campagnes n° 1 et 3, respectivement en décembre 2006 et en novembre 2007) et de l'unité de traitement par incinération d'Ivry sur Seine (campagnes n° 2 et 4, respectivement en mars 2007 et en mai 2008).

Cette quatrième et dernière campagne a consisté, courant mai 2008, en la réalisation des opérations suivantes :

- Un échantillonnage dans les règles de l'art de six bennes d'OMr des communes de Vitry-sur-Seine, Montrouge, Paris 5^{ème}, Paris 14^{ème}, Maisons-Alfort et Villejuif sur l'unité d'incinération des ordures ménagères (UIOM) d'Ivry-sur-Seine, de façon à constituer des échantillons représentatifs de la benne d'origine et destinés au tri ;
- Un tri des six échantillons constitués, en vue de déterminer la composition de chacun d'entre eux en catégories/sous-catégories MODECOMTM. Le tri a été réalisé en respect avec la norme AFNOR X30-466 concernant la caractérisation sur sec des déchets ménagers ;
- A partir des six échantillons triés, constitution d'échantillons secondaires pour la réalisation d'analyses élémentaires (correspondants à des analyses physico-chimiques), la détermination du pouvoir calorifique et la détermination du potentiel méthanogène, en considérant des catégories MODECOMTM, des fractions granulométriques ou des échantillons « globaux ».

En ce qui concerne la composition des OMr, les résultats de cette quatrième campagne montrent des différences sensibles par rapport à ce qui a été observé lors des trois campagnes précédentes, en particulier au regard de la teneur en « Fines < 20 mm » (représentant ici plus de 35 % sur humide contre 24 % lors des deux premières campagnes et 28.5 % lors de la troisième) et à un degré moindre, de la teneur en « Déchets fermentescibles » (représentant 9.3 % sur humide). Corrélativement, on note une diminution sensible de la teneur en « Papiers », en « Textiles sanitaires » et, de façon moins marquée, en « Incombustibles non classés ». Les autres catégories ne montrent pas de différences significatives.

Concernant les analyses physico-chimiques, aucune différence significative n'a été mise en évidence par rapport aux campagnes précédentes ; seule la valeur moyenne du PCI global (déterminée à partir de mesures réalisées sur différents échantillons) et estimée à 2 204 cal/gMH, semble inférieure aux valeurs déterminées lors des campagnes précédentes.

Annexe 1

Fiches détaillées des prélèvements

Vitry sur Seine

Date 16-mai-08
Météo Beau, sec, 15°C
Heure 8h15
Collecte Vitry sur Seine

Observations

Benne 3140 TK 94
 Masse benne pleine (kg) 20 440
 Masse benne vide (kg) 12 600
 Masse déchets (kg) 7 840

Prélèvements sur site

		Masses <i>(en kg sur humide)</i>
Prélèvement total	Echantillon primaire	498.4
Tri au sol	"Hétéroclites"	46.3
	Fraction "Sacs"	13.1
	Fraction "Vrac"	33.3
	Masse OMr gardées (environ 1/4)	102.6
	Fraction "Sacs"	61.4
	Fraction "Vrac"	41.2
	Total pour séchage et tri	148.9
Masse rejetée en fosse		349.4

Rapport d'échantillonnage du quart retenu : 0.23

Humidité globale (en %) : 35.2%

Montrouge

Date 16-mai-08
Météo Beau, sec, 15°C
Heure 8h45
Collecte Montrouge
Benne Observations 1 imprimerie
 678 DPY 92
 Masse benne pleine (kg) 20 100
 Masse benne vide (kg) 11 800
 Masse déchets (kg) 8 300

Prélèvements sur site

		Masses humides (en kg)
Prélèvement total	Echantillon primaire	502.3
Tri au sol	"Hétéroclites"	50.85
	Fraction "Sacs"	10.5
	Fraction "Vrac"	40.35
	Masse OMr gardées (environ 1/4)	93.5
	Fraction "Sacs"	45.8
	Fraction "Vrac"	47.7
	Total pour séchage et tri	144.35
Masse rejetée en fosse		357.9

Rapport d'échantillonnage du quart retenu : 0.21

Humidité globale (en %) : 34.7%

Paris 5ème

Date 21-mai-08
Météo 15°C, soleil, sec
Heure 8h05
Collecte **Paris 5ème**
Observations RAS
Benne 841 QDD 75
 Masse benne pleine (kg) 15 380
 Masse benne vide (kg) 11 920
 Masse déchets (kg) 3 460

Prélèvements sur site

		Masses <i>(en kg sur humide)</i>
Prélèvement total	Echantillon primaire	526.4
Tri au sol	"Hétéroclites"	59.2
	Fraction "Sacs"	9.8
	Fraction "Vrac"	49.4
	Masse OMr gardées (environ 1/4)	99.35
	Fraction "Sacs"	47.4
	Fraction "Vrac"	51.95
	Total pour séchage et tri	158.55
Masse rejetée en fosse		367.85

Rapport d'échantillonnage du quart retenu : 0.21

Humidité globale (en %) : 39.4%

Paris 14ème

Date 21-mai-08
Météo 15°C, soleil, sec
Heure 8h20
Collecte **Paris 14ème**
Observations RAS
Benne 977 PEA 75
 Masse benne pleine (kg) 13 860
 Masse benne vide (kg) 8 900
 Masse déchets (kg) 4 960

Prélèvements sur site

		Masses <i>(en kg sur humide)</i>
Prélèvement total	Echantillon primaire	507.10
Tri au sol	"Hétéroclites"	40.4
	Fraction "Sacs"	15.25
	Fraction "Vrac"	25.15
	Masse OMr gardées (environ 1/4)	98.85
	Fraction "Sacs"	55.05
	Fraction "Vrac"	43.8
	Total pour séchage et tri	139.25
Masse rejetée en fosse		367.85

Rapport d'échantillonnage du quart retenu : 0.21

Humidité globale (en %) : 33.9%

Maison Alfort

Date 27-mai-08
Météo Humide ; brouillard ; pluie dans la nuit ; 16°C
Heure 8h40
Collecte **Maison Alfort**
Observations Ecole vétérinaire
Benne 404 FCV 92
 Masse benne pleine (kg) 25 140
 Masse benne vide (kg) 15 360
 Masse déchets (kg) 9 780

Prélèvements sur site

		Masses <i>(en kg sur humide)</i>
Prélèvement total	Echantillon primaire	507.70
Tri au sol	"Hétéroclites"	50.65
	Fraction "Sacs"	21.75
	Fraction "Vrac"	28.9
	Masse OMr gardées (environ 1/4)	107.3
	Fraction "Sacs"	42.7
	Fraction "Vrac"	64.6
	Total pour séchage et tri	157.95
Masse rejetée en fosse		349.75

Rapport d'échantillonnage du quart retenu : 0.23

Humidité globale (en %) : 33.5%

Villejuif

Date 27-mai-08
Météo Humide ; brouillard ; pluie dans la nuit ; 16°C
Heure 9h00
Collecte Villejuif
Observations RAS
Benne 695 FML 92
 Masse benne pleine (kg) 25 940
 Masse benne vide (kg) 16 320
 Masse déchets (kg) 9 620

Prélèvements sur site

		Masses <i>(en kg sur humide)</i>
Prélèvement total	Echantillon primaire	524.00
Tri au sol	"Hétéroclites"	62.3
	Fraction "Sacs"	21.45
	Fraction "Vrac"	40.85
	Masse OMr gardées (environ 1/4)	116.02
	Fraction "Sacs"	36.85
	Fraction "Vrac"	79.17
	Total pour séchage et tri	178.32
	Masse rejetée en fosse	345.68

Rapport d'échantillonnage du quart retenu : 0.25

Humidité globale (en %) : 32.2%

Annexe 2

Liste des catégories et sous-catégories retenues pour les tris

Catégories et Sous-catégories		
1	Déchets fermentescibles	
	1.1	alimentaires
	1.2	jardin ligneux
	1.3	jardins non ligneux
2	Papiers	
	2.1	emballages papiers
	2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités
	2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés
	2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires
	2.5	autres papiers
3	Cartons	
	3.1	emballages cartons plats
	3.2	emballages cartons ondulés
	3.3	autres cartons
4	Composites/Complexes	
	4.1	ELA
	4.2	autres
5	Textiles	
	5.1	vêtements
	5.2	autres textiles
6	Textiles sanitaires	
7	Plastiques	
	7.1	films polyoléfinés (PE et PP)
	7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur
	7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent
	7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)
	7.5	autres emballages plastiques
	7.6	autres déchets plastiques
8	Combustibles NC	
	8.1	emballages en bois
	8.2	chaussures
	8.3	autres déchets combustibles NC
9	Verres	
	9.1	emballages en verre incolore/transparent
	9.2	emballages en verre de couleur
	9.3	autres déchets en verre
10	Métaux	
	10.1	métaux ferreux
	10.2	métaux non ferreux
11	Incombustibles NC	
12	Déchets spéciaux	
	12.1	DEEE
	12.2	piles, batteries et accumulateurs
	12.3	produits chimiques
	12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso
	12.5	déchets de soins, hospitaliers
	12.6	autres déchets spéciaux
13	Fines < 20 mm	

Annexe 3

Composition détaillée (en % sur sec) des OMr issues des communes étudiées

VITRY sur SEINE

Catégories		Composition reconstituée de l'échantillon (env 500 kg)				
		(en % sur sec)				
		< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm
1 Déchets fermentescibles		20.1%				
1.1	alimentaires		2.4%	0.6%	0.8%	
1.2	jardin ligneux		0.1%	0.05%	0.3%	0.03%
1.3	jardins non ligneux					
2 Papiers		0.4%				
2.1	emballages papiers		0.1%	0.3%	0.6%	0.03%
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			0.2%	3.1%	
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		0.03%	1.2%	2.2%	
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires					
2.5	autres papiers		0.4%	0.9%	1.6%	
3 Cartons		0.2%				
3.1	emballages cartons plats		0.2%	1.0%	2.5%	
3.2	emballages cartons ondulés		0.01%	0.2%	0.9%	0.4%
3.3	autres cartons		0.1%	0.2%		
4 Composites/Complexes		0.4%				
4.1	ELA			0.1%	0.5%	
4.2	autres		0.2%	0.3%	0.1%	
5 Textiles						
5.1	vêtements		0.02%		0.5%	1.7%
5.2	autres textiles		0.01%	0.7%	0.5%	0.1%
6 Textiles sanitaires		0.8%	1.3%	2.7%	1.1%	
7 Plastiques		0.6%				
7.1	films polyoléfinés (PE et PP)		0.2%	0.9%	2.7%	0.8%
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur					
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.6%	0.7%	
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)		0.01%	0.5%	0.3%	0.10%
7.5	autres emballages plastiques		0.1%	1.4%	2.4%	0.18%
7.6	autres déchets plastiques		1.0%	1.0%	0.4%	0.5%
8 Combustibles NC		0.6%				
8.1	emballages en bois		0.05%		0.1%	0.5%
8.2	chaussures			1.1%	0.8%	0.3%
8.3	autres déchets combustibles NC		0.1%	0.3%	0.3%	4.1%
9 Verres		4.1%				
9.1	emballages en verre incolore/transparent		0.9%	1.8%	0.2%	
9.2	emballages en verre de couleur		0.4%	0.7%	0.6%	
9.3	autres déchets en verre					
10 Métaux		0.1%				
10.1	métaux ferreux		0.7%	2.1%	1.5%	1.3%
10.2	métaux non ferreux		0.2%	0.6%	0.04%	0.2%
11 Incombustibles NC		5.4%	1.9%	0.2%		0.6%
12 Déchets spéciaux						
12.1	DEEE				0.4%	0.7%
12.2	piles, batteries et accumulateurs					
12.3	produits chimiques					
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso					
12.5	déchets de soins, hospitaliers		0.02%	0.5%		
12.6	autres déchets spéciaux					
13 Fines < 20 mm			0.04%	0.07%	0.01%	0.02%
Total		32.6%	10.4%	20.2%	25.2%	11.6%
		100%				

MONTRouGE

Catégories		Composition reconstituée de l'échantillon (env 500 kg)				
		(en % sur sec)				
		< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm
1 Déchets fermentescibles		20.0%				
1.1	alimentaires		2.6%	1.2%		
1.2	jardin ligneux		0.05%			
1.3	jardins non ligneux					
2 Papiers		1.4%				
2.1	emballages papiers		0.1%	0.6%	0.1%	
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			0.3%	3.6%	
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		0.2%	0.8%	3.4%	
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires					
2.5	autres papiers		0.8%	1.1%	3.4%	
3 Cartons		0.3%				
3.1	emballages cartons plats		0.4%	0.8%	2.3%	
3.2	emballages cartons ondulés		0.1%	0.1%	2.1%	3.4%
3.3	autres cartons			0.1%		
4 Composites/Complexes		0.5%				
4.1	ELA			0.1%	0.5%	
4.2	autres		0.1%	0.1%		
5 Textiles						
5.1	vêtements				1.2%	0.3%
5.2	autres textiles			0.4%		
6 Textiles sanitaires		2.3%	1.8%	2.7%	0.4%	
7 Plastiques		0.6%				
7.1	films polyoléfines (PE et PP)		0.2%	0.7%	2.5%	1.6%
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur			0.2%	0.1%	
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.2%	1.2%	
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)			0.6%	0.5%	
7.5	autres emballages plastiques		0.2%	1.4%	2.0%	0.3%
7.6	autres déchets plastiques		1.0%	0.4%	0.5%	
8 Combustibles NC		0.2%				
8.1	emballages en bois			0.1%	0.1%	0.6%
8.2	chaussures				0.5%	0.5%
8.3	autres déchets combustibles NC		0.5%	0.1%	0.2%	0.6%
9 Verres		5.5%				
9.1	emballages en verre incolore/transparent		1.0%		0.4%	
9.2	emballages en verre de couleur		0.6%		1.2%	
9.3	autres déchets en verre					
10 Métaux		0.2%				
10.1	métaux ferreux		0.1%	2.0%	1.5%	0.3%
10.2	métaux non ferreux		0.2%	0.2%	0.03%	
11 Incombustibles NC		2.4%	2.6%	0.7%		
12 Déchets spéciaux						
12.1	DEEE		0.2%	2.9%		
12.2	piles, batteries et accumulateurs		0.3%			
12.3	produits chimiques					0.04%
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso					0.02%
12.5	déchets de soins, hospitaliers					
12.6	autres déchets spéciaux					
13 Fines < 20 mm			0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Total		33.3%	13.0%	18.1%	27.8%	7.8%
		100%				

PARIS 5ème

Catégories		Composition reconstituée de l'échantillon (env 500 kg)				
		(en % sur sec)				
		< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm
1 Déchets fermentescibles		15.3%		2.0%		
1.1	alimentaires		3.4%			
1.2	jardin ligneux			0.02%		0.05%
1.3	jardins non ligneux					
2 Papiers		0.8%				
2.1	emballages papiers		0.1%	0.4%	0.9%	0.02%
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			0.3%	4.0%	
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		0.1%	1.1%	4.7%	
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires					
2.5	autres papiers		0.8%	1.0%	2.3%	0.01%
3 Cartons		0.1%				
3.1	emballages cartons plats		0.2%	0.8%	1.4%	
3.2	emballages cartons ondulés		0.0%	0.3%	1.5%	0.9%
3.3	autres cartons			0.3%		
4 Composites/Complexes		0.1%				
4.1	ELA			0.3%	0.2%	
4.2	autres		0.3%	0.2%	0.1%	
5 Textiles						
5.1	vêtements			0.3%	0.1%	0.1%
5.2	autres textiles					2.9%
6 Textiles sanitaires		0.4%	1.7%	2.2%	0.5%	
7 Plastiques		0.4%				
7.1	films polyoléfines (PE et PP)		0.2%	1.0%	1.8%	1.5%
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur			0.1%	0.1%	
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.8%	0.7%	
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)		0.03%	0.2%	0.3%	0.05%
7.5	autres emballages plastiques		0.1%	1.4%	2.2%	
7.6	autres déchets plastiques		0.4%	2.0%	0.01%	0.3%
8 Combustibles NC		0.5%				
8.1	emballages en bois		0.2%	0.2%	0.4%	0.8%
8.2	chaussures				0.4%	0.1%
8.3	autres déchets combustibles NC		0.3%	0.5%	0.6%	2.8%
9 Verres		7.7%				
9.1	emballages en verre incolore/transparent		2.1%			
9.2	emballages en verre de couleur		1.3%		1.5%	
9.3	autres déchets en verre					
10 Métaux		0.1%				
10.1	métaux ferreux		0.04%	1.9%	0.5%	0.1%
10.2	métaux non ferreux		0.2%	0.8%		
11 Incombustibles NC		3.3%	2.0%	1.0%	0.6%	
12 Déchets spéciaux						
12.1	DEEE		0.1%		0.01%	3.4%
12.2	piles, batteries et accumulateurs		0.1%			
12.3	produits chimiques		0.1%			
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso					
12.5	déchets de soins, hospitaliers		0.03%	0.0%		
12.6	autres déchets spéciaux					
13 Fines < 20 mm			0.03%	0.1%	0.1%	0.1%
Total		28.6%	13.9%	19.3%	25.0%	13.2%
		100%				

PARIS 14ème

Catégories		Composition reconstituée de l'échantillon (env 500 kg)				
		(en % sur sec)				
		< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm
1 Déchets fermentescibles		14.0%				
1.1	alimentaires		4.5%	3.7%	2.18%	
1.2	jardin ligneux		0.1%	0.04%		0.4%
1.3	jardins non ligneux					
2 Papiers		2.0%				
2.1	emballages papiers		0.1%	0.5%	0.5%	0.1%
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			0.03%	2.4%	
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		0.3%	1.0%	3.2%	
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires					
2.5	autres papiers		1.2%	1.6%	3.5%	
3 Cartons		0.1%				
3.1	emballages cartons plats		0.3%	1.4%	3.9%	1.0%
3.2	emballages cartons ondulés		0.01%	0.1%	0.8%	2.5%
3.3	autres cartons		0.005%	0.3%		
4 Composites/Complexes		0.1%				
4.1	ELA				0.4%	
4.2	autres		0.2%	0.6%	0.1%	
5 Textiles						
5.1	vêtements			0.02%	0.6%	1.0%
5.2	autres textiles					0.1%
6 Textiles sanitaires		3.1%	1.5%	3.9%	0.7%	
7 Plastiques		1.4%				
7.1	films polyoléfinés (PE et PP)		0.2%	1.1%	2.3%	1.1%
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur			0.1%	0.1%	
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.9%	0.9%	
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)			0.2%	0.9%	0.02%
7.5	autres emballages plastiques		0.2%	1.3%	1.4%	0.1%
7.6	autres déchets plastiques		1.0%	1.5%	0.2%	
8 Combustibles NC		0.2%				
8.1	emballages en bois		0.1%			0.4%
8.2	chaussures				0.5%	0.2%
8.3	autres déchets combustibles NC		0.1%	0.0%	0.9%	0.7%
9 Verres		4.7%				
9.1	emballages en verre incolore/transparent		0.6%		1.1%	
9.2	emballages en verre de couleur		0.8%	0.4%	2.0%	
9.3	autres déchets en verre			0.7%		
10 Métaux		0.1%				
10.1	métaux ferreux		0.2%	1.5%	0.8%	0.3%
10.2	métaux non ferreux		0.1%	0.4%	0.02%	
11 Incombustibles NC		1.6%	0.9%	0.2%		
12 Déchets spéciaux						
12.1	DEEE				0.8%	
12.2	piles, batteries et accumulateurs		0.1%			
12.3	produits chimiques		0.1%			
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso					
12.5	déchets de soins, hospitaliers			0.05%		
12.6	autres déchets spéciaux					
13 Fines < 20 mm			0.04%	0.1%	0.2%	0.1%
Total		27.4%	12.6%	21.4%	30.4%	8.2%
		100%				

MAISON ALFORT

Catégories		Composition reconstituée de l'échantillon (env 500 kg)				
		(en % sur sec)				
		< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm
1 Déchets fermentescibles		12.9%				
1.1	alimentaires		1.3%	0.8%		
1.2	jardin ligneux		0.02%			
1.3	jardins non ligneux					
2 Papiers		0.8%				
2.1	emballages papiers		0.1%	0.5%	0.9%	
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			0.5%	5.8%	
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		0.1%	0.6%	2.9%	
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires					
2.5	autres papiers		0.9%	1.4%	1.6%	
3 Cartons		0.2%				
3.1	emballages cartons plats		0.2%	1.1%	1.3%	
3.2	emballages cartons ondulés		0.03%	0.8%	3.1%	2.3%
3.3	autres cartons			0.2%		
4 Composites/Complexes						
4.1	ELA				0.3%	
4.2	autres		0.2%	0.1%	0.8%	
5 Textiles						
5.1	vêtements			0.4%	0.4%	0.4%
5.2	autres textiles		0.01%			0.1%
6 Textiles sanitaires		1.0%	2.0%	3.7%	1.8%	
7 Plastiques		0.7%				
7.1	films polyoléfines (PE et PP)		0.3%	1.0%	2.4%	1.7%
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur					
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.3%	1.2%	
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)			0.3%	0.2%	0.1%
7.5	autres emballages plastiques		0.2%	1.0%	2.5%	0.5%
7.6	autres déchets plastiques		0.9%	2.0%	1.6%	0.4%
8 Combustibles NC		0.3%				
8.1	emballages en bois		0.1%	0.1%	0.01%	0.2%
8.2	chaussures			0.5%	0.9%	0.3%
8.3	autres déchets combustibles NC		0.5%	1.0%	0.9%	1.1%
9 Verres		10.7%				
9.1	emballages en verre incolore/transparent		1.3%	0.5%	0.1%	
9.2	emballages en verre de couleur		1.4%	0.1%	0.9%	
9.3	autres déchets en verre					
10 Métaux		0.05%				
10.1	métaux ferreux		0.2%	0.6%	2.2%	2.0%
10.2	métaux non ferreux		0.2%	0.3%	0.02%	
11 Incombustibles NC		0.8%	0.4%	0.5%		
12 Déchets spéciaux						
12.1	DEEE		0.1%			2.0%
12.2	piles, batteries et accumulateurs					
12.3	produits chimiques			0.6%		
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso					
12.5	déchets de soins, hospitaliers		0.03%	0.1%		
12.6	autres déchets spéciaux					
13 Fines < 20 mm			0.03%	0.1%	0.1%	0.04%
Total		27.5%	10.2%	19.2%	31.8%	11.2%
		100%				

VILLEJUIF

Catégories		Composition reconstituée de l'échantillon (env 500 kg)				
		(en % sur sec)				
		< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm
1 Déchets fermentescibles		23.5%				
1.1	alimentaires		2.9%	1.3%	0.4%	
1.2	jardin ligneux		0.1%			
1.3	jardins non ligneux					
2 Papiers		1.2%				
2.1	emballages papiers		0.1%	0.6%		
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités				1.4%	
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		0.1%	0.2%	0.8%	
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires					
2.5	autres papiers		0.5%	1.8%	1.5%	
3 Cartons		0.3%				
3.1	emballages cartons plats		0.2%	1.0%	1.4%	
3.2	emballages cartons ondulés		0.02%	0.2%	0.9%	2.5%
3.3	autres cartons					0.3%
4 Composites/Complexes						
4.1	ELA		0.03%	0.1%	0.6%	
4.2	autres		0.1%	0.4%	0.02%	0.02%
5 Textiles						
5.1	vêtements			0.1%	0.4%	1.5%
5.2	autres textiles			0.3%	0.3%	0.4%
6 Textiles sanitaires		3.0%	1.4%	1.8%	0.5%	
7 Plastiques		0.5%				
7.1	films polyoléfinés (PE et PP)		0.3%	1.8%	2.4%	1.4%
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur			0.2%	0.03%	
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.6%	0.9%	
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)		0.02%	0.6%	0.6%	0.2%
7.5	autres emballages plastiques		0.2%	1.8%	1.1%	
7.6	autres déchets plastiques		0.6%	0.5%	0.03%	
8 Combustibles NC		0.2%				
8.1	emballages en bois				0.02%	0.3%
8.2	chaussures				0.1%	0.4%
8.3	autres déchets combustibles NC		0.2%	0.5%	0.5%	1.7%
9 Verres		10.2%				
9.1	emballages en verre incolore/transparent		1.9%		1.7%	
9.2	emballages en verre de couleur		2.6%	0.0%	2.7%	
9.3	autres déchets en verre					
10 Métaux		0.1%				
10.1	métaux ferreux		0.2%	1.1%	0.03%	1.7%
10.2	métaux non ferreux		0.2%	0.04%	0.9%	0.1%
11 Incombustibles NC		2.0%	1.4%	0.4%		
12 Déchets spéciaux						
12.1	DEEE					
12.2	piles, batteries et accumulateurs					
12.3	produits chimiques			0.1%		
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso					
12.5	déchets de soins, hospitaliers		0.1%			
12.6	autres déchets spéciaux					
13 Fines < 20 mm			0.04%	0.1%	0.1%	0.1%
Total		41.0%	13.4%	15.6%	19.6%	10.4%
		100%				

Moyenne Campagne 4

Catégories	Composition reconstituée de l'échantillon (env 500 kg)					
	(en % sur sec)					
	< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm	Total
1 Déchets fermentescibles	17.6%	2.9%	1.6%	0.6%	0.1%	22.9%
1.1 alimentaires		2.9%	1.3%	0.6%		4.7%
1.2 jardin ligneux		0.1%	0.02%	0.05%	0.1%	0.2%
1.3 jardins non ligneux						
2 Papiers	1.1%	1.0%	2.8%	9.0%	0.02%	13.9%
2.1 emballages papiers		0.1%	0.5%	0.5%	0.02%	1.1%
2.2 qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			0.2%	3.4%		3.6%
2.3 imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		0.1%	0.8%	2.8%		3.8%
2.4 autres imprimés non sollicités/publicitaires						
2.5 autres papiers		0.8%	1.3%	2.3%	0.002%	4.4%
3 Cartons	0.2%	0.3%	1.5%	3.7%	2.2%	7.9%
3.1 emballages cartons plats		0.2%	1.0%	2.1%	0.2%	3.6%
3.2 emballages cartons ondulés		0.03%	0.3%	1.5%	2.0%	3.9%
3.3 autres cartons		0.01%	0.2%		0.04%	0.2%
4 Composites/Complexes	0.2%	0.2%	0.4%	0.6%	0.004%	1.4%
4.1 ELA		0.01%	0.1%	0.4%		0.5%
4.2 autres		0.2%	0.3%	0.2%	0.004%	0.7%
5 Textiles	0%	0.01%	0.4%	0.7%	1.4%	2.5%
5.1 vêtements		0.003%	0.1%	0.5%	0.8%	1.5%
5.2 autres textiles		0.003%	0.2%	0.1%	0.6%	1.0%
6 Textiles sanitaires	1.8%	1.6%	2.9%	0.8%	0%	7.1%
7 Plastiques	0.7%	1.2%	4.8%	6.2%	1.8%	14.7%
7.1 films polyoléfines (PE et PP)		0.2%	1.1%	2.4%	1.4%	5.1%
7.2 bouteilles et flacons en PET de couleur			0.1%	0.1%		0.2%
7.3 bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.6%	1.0%		1.5%
7.4 bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)		0.01%	0.4%	0.5%	0.1%	1.0%
7.5 autres emballages plastiques		0.2%	1.4%	1.9%	0.2%	3.6%
7.6 autres déchets plastiques		0.8%	1.2%	0.4%	0.2%	2.7%
8 Combustibles NC	0.3%	0.3%	0.7%	1.2%	2.6%	5.2%
8.1 emballages en bois		0.1%	0.1%	0.1%	0.5%	0.7%
8.2 chaussures			0.3%	0.5%	0.3%	1.1%
8.3 autres déchets combustibles NC		0.3%	0.4%	0.6%	1.8%	3.1%
9 Verres	7.2%	2.5%	0.7%	2.1%	0%	12.5%
9.1 emballages en verre incolore/transparent		1.3%	0.4%	0.6%		2.3%
9.2 emballages en verre de couleur		1.2%	0.2%	1.5%		2.9%
9.3 autres déchets en verre			0.1%			0.1%
10 Métaux	0.1%	0.4%	1.9%	1.3%	1.0%	4.7%
10.1 métaux ferreux		0.2%	1.5%	1.1%	1.0%	3.8%
10.2 métaux non ferreux		0.2%	0.4%	0.2%	0.05%	0.8%
11 Incombustibles NC	2.6%	1.5%	0.5%	0.1%	0.1%	4.8%
12 Déchets spéciaux	0%	0.2%	0.7%	0.2%	1.0%	2.1%
12.1 DEEE		0.1%	0.5%	0.2%	1.0%	1.8%
12.2 piles, batteries et accumulateurs		0.1%				0.08%
12.3 produits chimiques		0.04%	0.1%		0.01%	0.17%
12.4 tubes fluorescents et ampoules basse conso					0.003%	0.003%
12.5 déchets de soins, hospitaliers		0.0%	0.1%			0.1%
12.6 autres déchets spéciaux						0.0%
13 Fines < 20 mm		0.0%	0.10%	0.1%	0.1%	0.3%
Total	31.8%	12.2%	19.0%	26.6%	10.4%	100%
			100%			

Annexe 4

Composition détaillée (en g sur sec) des OMr issues des communes étudiées

VITRY sur SEINE

Catégories	Résultats du tri (Masses en g sur sec)						
	OMr					Hétéroclites	
	< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm	100-350 mm	> 350 mm
1 Déchets fermentescibles	340						
1.1 alimentaires		1 206	166	608			
1.2 jardin ligneux (bois, branches)		52	12	204			106
1.3 jardins non ligneux							
2 Papiers	6						
2.1 emballages papiers		34	88	458			94
2.2 qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			58	2 288			
2.3 imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		16	332	1 626			
2.4 autres imprimés non sollicités/publicitaires							
2.5 autres papiers		200	230	1 186			
3 Cartons	3						
3.1 emballages cartons plats		94	256	1 848			
3.2 emballages cartons ondulés		4	44	668			1 222
3.3 autres cartons		34	52				
4 Composites/Complexes	6						
4.1 ELA (Tetrapack)			38	390			
4.2 autres		76	78	46			
5 Textiles							
5.1 vêtements		10		342			5 604
5.2 autres textiles		6	196	388			218
6 Textiles sanitaires	14	656	732	840			
7 Plastiques	11						
7.1 films polyoléfines (PE et PP)		114	232	2 036			2 704
7.2 bouteilles et flacons en PET de couleur							
7.3 bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			152	546			
7.4 bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)		6	134	256			324
7.5 autres emballages plastiques		42	380	1 790			576
7.6 autres déchets plastiques		476	260	262			1 604
8 Combustibles NC	11						
8.1 emballages en bois		26		76			1 548
8.2 chaussures			300	592			1 126
8.3 autres déchets combustibles NC		54	84	208			13 598
9 Verres	69						
9.1 emballages en verre incolore/transparent		474	482			786	
9.2 emballages en verre de couleur		202	186			2 126	
9.3 autres déchets en verre							
10 Métaux	1						
10.1 métaux ferreux		350	548	1 148			4 398
10.2 métaux non ferreux		82	152	32			542
11 Incombustibles NC	92	928	48	Fils électriques (non ferreux)			1 888
12 Déchets spéciaux							
12.1 DEEE				282			2 316
12.2 piles, batteries et accumulateurs							
12.3 produits chimiques						Auto-radio (Ferreux) Cafetière (Ferreux)	
12.4 tubes fluorescents et ampoules basse conso						Magnétophone (non ferreux)	
12.5 déchets de soins, hospitaliers		10	130				
12.6 autres déchets spéciaux							
13 Fines < 20 mm		20	18	4			52
Total	553	5 172	5 388	18 124	0	2 912	37 920
			29 237			40 832	

MONTRouGE

Catégories		Résultats du tri (Masses en g sur sec)					
		OMr				Hétéroclites	
		< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm	
1 Déchets fermentescibles		321					
1.1	alimentaires		1 016	348			
1.2	jardin ligneux		20				
1.3	jardins non ligneux						
2 Papiers		22					
2.1	emballages papiers		46	170	86		
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			94	2 360		
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		58	230	2 230		
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires						
2.5	autres papiers		322	310	2 278		
3 Cartons		5					
3.1	emballages cartons plats		136	232	1 518		
3.2	emballages cartons ondulés		32	30	1 414		11 030
3.3	autres cartons			40			
4 Composites/Complexes		8					
4.1	ELA			34	346		
4.2	autres		40	36			
5 Textiles							
5.1	vêtements				772		814
5.2	autres textiles			126			
6 Textiles sanitaires		37	706	784	242		
7 Plastiques		10					
7.1	films polyoléfinés (PE et PP)		76	196	1 640		5 188
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur			48	40		
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			60	806		
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)			176	364		
7.5	autres emballages plastiques		58	408	1 306		904
7.6	autres déchets plastiques		372	112	318		
8 Combustibles NC		4					
8.1	emballages en bois			34	40		2 002
8.2	chaussures				318		1 736
8.3	autres déchets combustibles NC		182	38	164		1 800
9 Verres		88					
9.1	emballages en verre incolore/transparent		390			1 396	
9.2	emballages en verre de couleur		214			3 978	
9.3	autres déchets en verre						
10 Métaux		3					
10.1	métaux ferreux		24	580	990		902
10.2	métaux non ferreux		72	68	20		
11 Incombustibles NC		38	1 010	198			
12 Déchets spéciaux				Prise électrique			
12.1	DEEE		92	852			
12.2	piles, batteries et accumulateurs		104		Transformateur (ferreux)		
12.3	produits chimiques			Non ferreux			118
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso						64
12.5	déchets de soins, hospitaliers						
12.6	autres déchets spéciaux						
13 Fines < 20 mm			42	28	71		326
Total		536	5 012	5 232	17 323	0	5 374 24 884
				28 103			30 258

PARIS 5ème

Catégories		Résultats du tri (Masses en g sur sec)					
		OMr				Hétéroclites	
		< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm	100-350 mm > 350 mm
1 Déchets fermentescibles		288		466			
1.1	alimentaires		1 252				
1.2	jardin ligneux			4			166
1.3	jardins non ligneux						
2 Papiers		16					
2.1	emballages papiers		20	96	606		74
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			76	2 664		
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		44	258	3 176		
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires						
2.5	autres papiers		290	240	1 566		36
3 Cartons		1					
3.1	emballages cartons plats		60	180	918		
3.2	emballages cartons ondulés		18	60	1 018		3 002
3.3	autres cartons			76			
4 Composites/Complexes		1					
4.1	ELA			82	144		
4.2	autres		108	42	84		
5 Textiles							
5.1	vêtements			62	68		302
5.2	autres textiles						9 154
6 Textiles sanitaires		8	614	524	354		
7 Plastiques		8					
7.1	films polyoléfinés (PE et PP)		62	230	1 240		4 656
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur			28	96		
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			192	482		
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)		10	42	200		148
7.5	autres emballages plastiques		48	338	1 458		
7.6	autres déchets plastiques		134	460	6		1 042
8 Combustibles NC		9					
8.1	emballages en bois		74	52	254		2 562
8.2	chaussures				240		244
8.3	autres déchets combustibles NC		118	114	382		8 868
9 Verres		145					
9.1	emballages en verre incolore/transparent		780				
9.2	emballages en verre de couleur		472			4 796	
9.3	autres déchets en verre						
10 Métaux		1					
10.1	métaux ferreux		16	450	330		408
10.2	métaux non ferreux		62	196			
11 Incombustibles NC		63	738	246	424		
12 Déchets spéciaux				Circuit imprimé (ferreux)		Magnétoscope (Ferreux) Pèse personne (non ferreux)	
12.1	DEEE		30		4		10 748
12.2	piles, batteries et accumulateurs		46				
12.3	produits chimiques		54	Tube de colle			
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso			Seringue auto injectable			
12.5	déchets de soins, hospitaliers		10				
12.6	autres déchets spéciaux						
13 Fines < 20 mm			11	27	92		273
Total		540	5 071	4 541	15 806	0	4 796
				25 958			41 683
							46 479

PARIS 14ème

Catégories	Résultats du tri (Masses en g sur sec)						
	OMr					Hétéroclites	
	< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm	100-350 mm	> 350 mm
1 Déchets fermentescibles	290						
1.1 alimentaires		1904	924	1538			
1.2 jardin ligneux		42	10				1 236
1.3 jardins non ligneux							
2 Papiers	42						
2.1 emballages papiers		26	132	386			280
2.2 qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			8	1672			
2.3 imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		118	240	2230			
2.4 autres imprimés non sollicités/publicitaires							
2.5 autres papiers		504	400	2450			
3 Cartons	2						
3.1 emballages cartons plats		126	346	2772			3 416
3.2 emballages cartons ondulés		6	20	562			8 432
3.3 autres cartons		2	66				
4 Composites/Complexes	2						
4.1 ELA				282			
4.2 autres		104	146	40			
5 Textiles							
5.1 vêtements			6	450			3 434
5.2 autres textiles							444
6 Textiles sanitaires	65	626	976	468			
7 Plastiques	28						
7.1 films polyoléfines (PE et PP)		100	266	1654			3 806
7.2 bouteilles et flacons en PET de couleur			32	80			
7.3 bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			226	668			
7.4 bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)			44	602			80
7.5 autres emballages plastiques		78	312	1012			336
7.6 autres déchets plastiques		408	376	118			
8 Combustibles NC	4						
8.1 emballages en bois		22					1 464
8.2 chaussures				356			746
8.3 autres déchets combustibles NC		38		608			2 288
9 Verres	97						
9.1 emballages en verre incolore/transparent		258				3 692	
9.2 emballages en verre de couleur		324	110			6 540	
9.3 autres déchets en verre			164				
10 Métaux	3						
10.1 métaux ferreux		84	366	598			942
10.2 métaux non ferreux		58	92	14			
11 Incombustibles NC	33	372	42				
12 Déchets spéciaux							
12.1 DEEE				598	Prise électrique (Ferreux)		
12.2 piles, batteries et accumulateurs		48					
12.3 produits chimiques		30					
12.4 tubes fluorescents et ampoules basse conso							
12.5 déchets de soins, hospitaliers			12				
12.6 autres déchets spéciaux							
13 Fines < 20 mm		18	16	118			417
Total	566	5 296	5 332	19 276	0	10 232	27 321
			30 470			37 553	

MAISON ALFORT

Catégories		Résultats du tri (Masses en g sur sec)					
		OMr				Hétéroclites	
		< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm	
1 Déchets fermentescibles		260					
1.1	alimentaires		644	212			
1.2	jardin ligneux		12				
1.3	jardins non ligneux						
2 Papiers		16					
2.1	emballages papiers		40	138	682		
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			116	4654		
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		34	164	2334		
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires						
2.5	autres papiers		426	348	1278		
3 Cartons		4					
3.1	emballages cartons plats		106	280	1056		
3.2	emballages cartons ondulés		14	208	2434		7 668
3.3	autres cartons			60			
4 Composites/Complexes							
4.1	ELA				212		
4.2	autres		86	26	672		
5 Textiles							
5.1	vêtements			112	296		1 444
5.2	autres textiles		4				186
6 Textiles sanitaires		21	976	952	1410		
7 Plastiques		15					
7.1	films polyoléfinés (PE et PP)		132	262	1912		5 940
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur						
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			80	974		
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)			80	170		396
7.5	autres emballages plastiques		84	246	1968		1 662
7.6	autres déchets plastiques		446	506	1256		1 362
8 Combustibles NC		7					
8.1	emballages en bois		38	30	8		522
8.2	chaussures			116	684		1 128
8.3	autres déchets combustibles NC		250	258	714		3 792
9 Verres		215					
9.1	emballages en verre incolore/transparent		632	122		400	
9.2	emballages en verre de couleur		674	28		2 982	
9.3	autres déchets en verre						
10 Métaux		1					
10.1	métaux ferreux		94	164	1776		6 900
10.2	métaux non ferreux		88	70	14		
11 Incombustibles NC		16	186	128			
12 Déchets spéciaux							
12.1	DEEE		52				6 840
12.2	piles, batteries et accumulateurs						
12.3	produits chimiques			164			
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso						
12.5	déchets de soins, hospitaliers		16	28			
12.6	autres déchets spéciaux						
13 Fines < 20 mm			13	27	103		136
Total		555	5 047	4 925	24 607	0	3 382
				35 134			41 358

VILLEJUIF

Catégories		Résultats du tri (Masses en g sur sec)					
		OMr				Hétéroclites	
		< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm	
1 Déchets fermentescibles		305					
1.1	alimentaires		1146	416	366		
1.2	jardin ligneux (bois, branches)		36				
1.3	jardins non ligneux						
2 Papiers		16					
2.1	emballages papiers		26	186			
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités				1246		
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		48	68	744		
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires						
2.5	autres papiers		208	560	1350		
3 Cartons		4					
3.1	emballages cartons plats		98	324	1240		
3.2	emballages cartons ondulés		8	48	784		8 598
3.3	autres cartons			76			888
4 Composites/Complexes		1					
4.1	ELA (Tetrapack)		12	28	508		
4.2	autres		48	128	18		70
5 Textiles							
5.1	vêtements			22	354		5 250
5.2	autres textiles			92	256		1 340
6 Textiles sanitaires		39	578	580	438		
7 Plastiques		7					
7.1	films polyoléfinés (PE et PP)		132	580	2138		4 770
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur			74	30		
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			182	814		
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)		8	184	494		680
7.5	autres emballages plastiques		82	580	976		
7.6	autres déchets plastiques		228	172	24		
8 Combustibles NC		2					
8.1	emballages en bois				18		974
8.2	chaussures				130		1 264
8.3	autres déchets combustibles NC		80	156	464		5 876
9 Verres		133					
9.1	emballages en verre incolore/transparent		770			5 946	
9.2	emballages en verre de couleur		1054			9 330	
9.3	autres déchets en verre						
10 Métaux		1					
10.1	métaux ferreux		62	332	30		5 926
10.2	métaux non ferreux		98	14	762		360
11 Incombustibles NC		26	578	124			
12 Déchets spéciaux							
12.1	DEEE						
12.2	piles, batteries et accumulateurs						
12.3	produits chimiques			32			
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso						
12.5	déchets de soins, hospitaliers		38				
12.6	autres déchets spéciaux						
13 Fines < 20 mm			17	42	118		317
Total		534	5 355	5 000	13 302	0	15 276
				24 191			36 313
							51 589

Annexe 5

Humidités moyennes par catégorie

(Source B. Morvan – Cemagref Rennes)

Les valeurs suivantes ont été déterminées par B. Morvan du Cemagref de Rennes, sur la base de nombreuses études antérieurement réalisées. Elles sont utilisées pour passer des compositions MODECOM™ sur sec obtenues grâce à la norme X30-466 à des compositions sur humides en vue de comparer les résultats aux compositions obtenues grâce au MODECOM™ original, qui préconise le tri sur ordures brutes, donc humides.

Catégories	Humidité moyenne
Putrescibles	75%
Papiers	21%
Cartons	15%
Complexes	24%
Textiles	19%
Textiles sanitaires	70%
Films	38%
Autres plastiques	17%
Combustibles non classés	10%
Verre	3%
Métaux ferreux	6%
Métaux non ferreux	10%
Incombustibles non classés	6%
Déchets spéciaux	6%
< à 8 mm	56%

Annexe 6

Liste détaillée des échantillons préparés pour analyses bio-physico-chimiques

Groupes d'échantillons	Désignation des échantillons secondaires constitués
Groupe 1 : Echantillons bruts et humides pour analyses biologiques	1 échantillon par prélèvement élémentaire Total Groupe 1 : 6 échantillons
Groupe 2 : Echantillons reconstitués pour analyses physico-chimiques	FERMENTESCIBLES 20-50 mm PAPIERS 100-350 mm CARTONS 100-350 mm COMPOSITES 100-350 mm TEXTILES 100-350 mm TEXTILES SANITAIRES 50-100 mm PLASTIQUES 100-350 mm COMBUSTIBLES 100-350 mm VERRES 20-50 mm METAUX FERREUX 100-350 mm METAUX NON FERREUX 100-350 mm INCOMBUSTIBLES 20-50 mm DECHETS SPECIAUX 50-100 mm ELEMENTS FINIS 2 échantillons GLOBAL 2 échantillons Total Groupe 2 : 17 échantillons

Groupes d'échantillons	Désignation des échantillons secondaires constitués
<p>Groupe 3 : Echantillons reconstitués pour détermination du PCI</p> <p><u>Sans distinction granulométrique</u></p>	<p>FERMENTESCIBLES n°1, n°2 et n° 3</p> <p>PAPIERS n°1, n°2 et n° 3</p> <p>CARTONS n°1, n°2 et n° 3</p> <p>COMPOSITES n°1, n°2, n° 3, n°4, n°5, n°6, n°7, n°8 et n°9</p> <p>TEXTILES n°1, n°2, n° 3, n°4, n°5, n°6, n°7, n°8 et n°9</p> <p>TEXTILES SANITAIRES n°1, n°2 et n° 3</p> <p>PLASTIQUES n°1, n°2 et n° 3</p> <p>COMBUSTIBLES n°1, n°2, n° 3, n°4, n°5, n°6, n°7, n°8 et n°9</p> <p>VERRES : <i>Pas d'échantillon</i></p> <p>METAUX : <i>Pas d'échantillon</i></p> <p>INCOMBUSTIBLES n°1, n°2 et n° 3</p> <p>DECHETS SPECIAUX</p> <p>FINES n°1, n°2 et n° 3</p> <p>GLOBAL n°1, n°2, n° 3, n°4, n°5, n°6</p> <p>Total Groupe 2 : 55 échantillons</p>

Groupes d'échantillons	Désignation des échantillons secondaires constitués
Groupe 4 : Echantillons reconstitués pour détermination du potentiel méthanogène	<p>M20 : échantillon secondaire représentatif de la fraction < 20 mm ;</p> <p>M2050 : échantillon secondaire représentatif de la fraction 20 - 50 mm ;</p> <p>M50100 : échantillon secondaire représentatif de la fraction 50 - 100 mm ;</p> <p>M100 : échantillon secondaire représentatif de la fraction 100-350 mm ;</p> <p>MPUTR : échantillon secondaire représentatif de la fraction putrescible et comprenant les catégories suivantes : Fermentescibles, Papiers, Cartons, Textiles sanitaires.</p> <p>GLOBAL : échantillon représentatif du prélèvement</p> <p style="text-align: right;">Total Groupe 4 : 6 échantillons</p>
TOTAL du nombre d'échantillons envoyés pour analyses :	84 échantillons

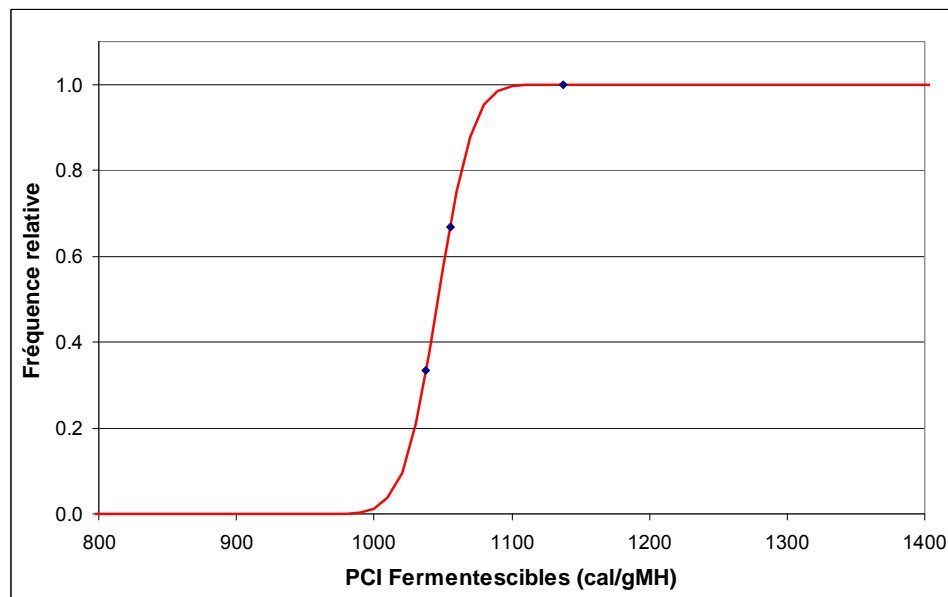
Annexe 7

Résultats des analyses physico-chimiques

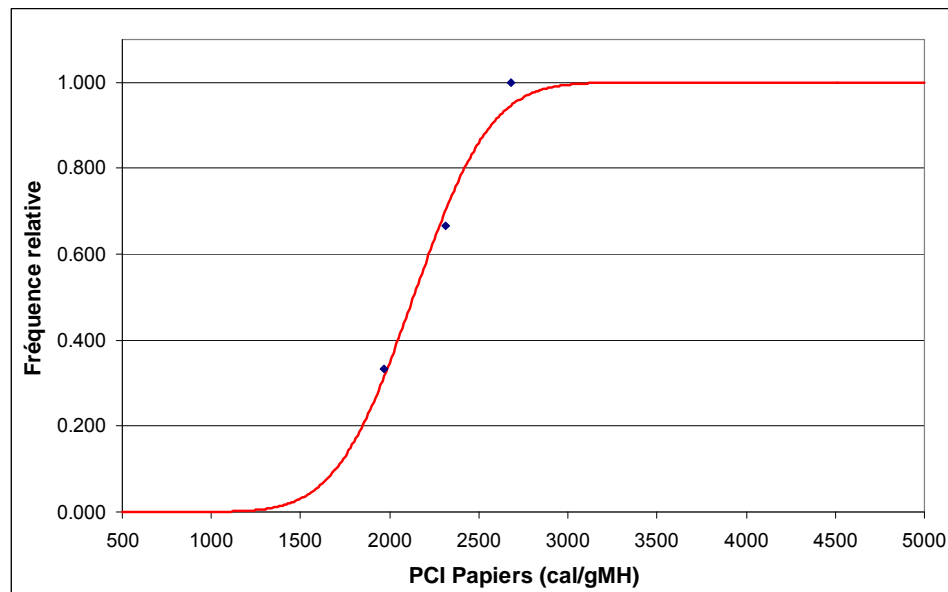
Campagne n°4 - Résultats des analyses élémentaires	Unités	Fermentescibles 20-50 mm	Papiers 100-350 mm	Cartons 100-350 mm	Composites 100-350 mm	Textiles 100-350 mm	Textiles Sanitaires 50-100 mm	Plastiques 100-350 mm	Combustibles 100-350 mm	Verres 20-50 mm	Métaux Fe 100-350 mm	Métaux NFe 100-350 mm	Incomb. 20-50 mm	Déchets Spéciaux 50-100 mm	Fines 1 < 20 mm	Fines 2 < 20 mm	Global 1	Global 2
Comportement à l'incinération																		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	93.0	69.3	85.5	87.5	95.1	93.5	98.1	97.9	21.6	17.3	17.7	19.9	88.3	64.8	49.4	84.3	65.3
Cendres	% (MS)	6.9	24.4	10.9	11.1	3.7	6.8	1.9	1.9	99.7	40.0	92.6	79.6	9.8	37.9	44.6	10.9	33.6
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	4 070	2 813	4 213	5 241	4 029	4 285	9 331	5 443	61	2 609	636	1 221	4 118	3 109	2 635	4 386	3 115
Potentiel Valorisation Matière																		
Matière sèche (recalculée)	%	34.9	80.2	85.2	76.3	81.0	39.5	72.7	89.9	97.3	92.2	92.2	94.1	94.0	62.7	62.7	-	-
Matière organique	% (MS)	93.0	69.3	85.5	87.5	95.1	93.5	98.1	97.9	21.6	17.3	17.7	19.9	88.3	64.8	49.4	84.3	65.3
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	4.2	20.4	9.5	9.0	3.1	4.2	1.5	1.7	97.1	37.1	85.9	75.2	9.2	27.6	32.5	-	-
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	18 600	2 000	2 400	2 400	2 800	8 100	1 400	24 000	200	5 100	4 400	22 100	-	21 400	15 300	2 200	2 000
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	4 400	160	200	61	670	760	170	390	59	490	130	21 000	-	2 600	11 000	290	170
Potassium (K)	mg/kg (MS)	11 000	2 200	1 200	350	480	2 300	300	1 200	6 900	1 500	440	16 000	-	7 200	6 700	890	1 900
Carbone total	% (MS)	46.0	35.1	44.5	49.5	45.6	47.9	86.7	58.1	0.4	26.2	20.5	13.3	44.4	39.2	24.9	46.4	41.4
Rapport C/N	-	24.7	176	185	206	163	59.1	619	24.2	20.0	51.4	46.6	6.0	-	18.3	16.3	211	207
Autres composants																		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	-	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	64	220	110	45	54	45	17	48	260	60	5	410	-	200	140	51	140
Chlore	% (MS)	0.33	0.04	0.10	0.13	0.07	0.49	0.08	0.38	0.001	0.62	0.71	0.09	-	0.49	0.56	0.18	0.60
Fluor	% (MS)	0.0270	0.0140	0.0012	0.0160	0.0010	0.0010	0.0036	0.0011	< 0.0001	0.0070	0.0045	0.0020	-	0.0380	0.0043	0.0300	0.0052
Soufre	% (MS)	0.11	0.03	0.13	0.03	0.03	0.15	0.04	0.04	0.01	0.08	0.05	0.33	-	0.19	0.27	0.05	0.03
Hydrogène	% (MS)	6.20	4.45	5.76	6.99	5.85	6.37	9.68	6.42	0.07	3.42	3.01	1.99	5.67	5.32	3.04	5.72	5.67
Rapport C/H	-	7.4	7.9	7.7	7.1	7.8	7.5	9.0	9.1	5.7	7.7	6.8	6.7	-	7.4	8.2	8.1	7.3
Eléments majeurs																		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	9 800	46 000	40 000	10 000	14 000	9 200	1 800	4 100	80 000	9 800	1 900	1 200	-	35 000	44 000	46 000	39 000
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	2 100	1 200	1 400	750	630	3 300	850	1 000	62 000	3 400	970	4 000	-	12 000	17 000	2 100	16 000
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	1 200	3 800	1 500	340	470	2 300	320	410	7 400	1 400	7 700	11 000	-	5 800	6 300	1 400	2 500
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	4 400	36 000	11 000	5 700	1 300	13 000	1 500	1 500	306 000	3 200	16 000	192 000	-	106 000	126 000	6 700	92 000
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	920	16 000	8 400	15 000	1 500	2 200	490	4 700	8 000	8 000	550 000	58 000	-	9 900	11 000	7 000	32 000
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	860	160	1 800	230	430	850	3 500	700	220	81	2 000	1 900	-	760	670	650	1 300
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	350	1 100	660	280	300	1 100	1 400	450	2 100	720 000	39 000	18 000	-	4 400	5 000	840	16 000
Métaux et éléments mineurs																		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.9	3.5	< 0.1	1.1	-	< 0.1	0.2	< 0.1	0.7
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	-	< 1	5	< 1	< 1
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	7	21	11	6	6	22	18	7	370	180	470	87	-	130	130	13	200
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	15	2 200	12	2	10	38	8	4	60	20	3	210	-	50	470	45	25
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	1.0	0.3	3.1	0.5	-	0.2	0.2	< 0.1	< 0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	2	18	6	4	3	8	9	4	22	110	28	39	-	20	21	6	22
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	10	32	21	14	6	20	180	12	9	120	540	15	-	33	21	49	48
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	28	20	40	11	31	85	60	75	120	160	100	570	-	110	130	82	120
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	16	15	21	10	17	33	7	14	73	1 700	2 500	24	-	89	150	29	110
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	9	3	2	< 1	300	9	4	14	12	3 200	340	15	-	15	59	9	53
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	< 1	2	4	2	1	2	6	3	5	-	-	18	-	4	5	2	5
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	1	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1	-	1	< 1	< 1	< 1
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	18	50	33	10	21	150	37	42	550	33	3	1 200	-	160	150	25	71
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	-	< 1	< 1	< 1	< 1
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	< 1	3	4	2	< 1	3	3	1	5	11	47	42	-	12	11	2	6
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	0.2	0.2	0.2	0.4	7.0	4.8	0.5	8.5	23.0	0.5	0.7	0.4	-	< 0.1	0.7	1.3	0.4
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	12	-	-	-	-	-	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 1	< 1	-	-	-	-	-	-
PCB																		
PCB	mg/kg (MS)	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	-	< 25	< 25	< 25	< 25
PCT	mg/kg (MS)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10	< 10	< 10
HAP																		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	0.07	0.12	15.94	0.25	< 0.05	0.26	< 0.05	0.10	< 0.05	0.06	< 0.05	< 0.05	-	3.92	0.11	< 0.05	< 0.05
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.05	< 0.05	5.05	< 0.05	< 0.05	0.07	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-	3.92	0.13	< 0.05	< 0.05
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.05	0.06	2.17	< 0.05	0.10	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	-	2.42	0.06	< 0.05	< 0.05

Annexe 8

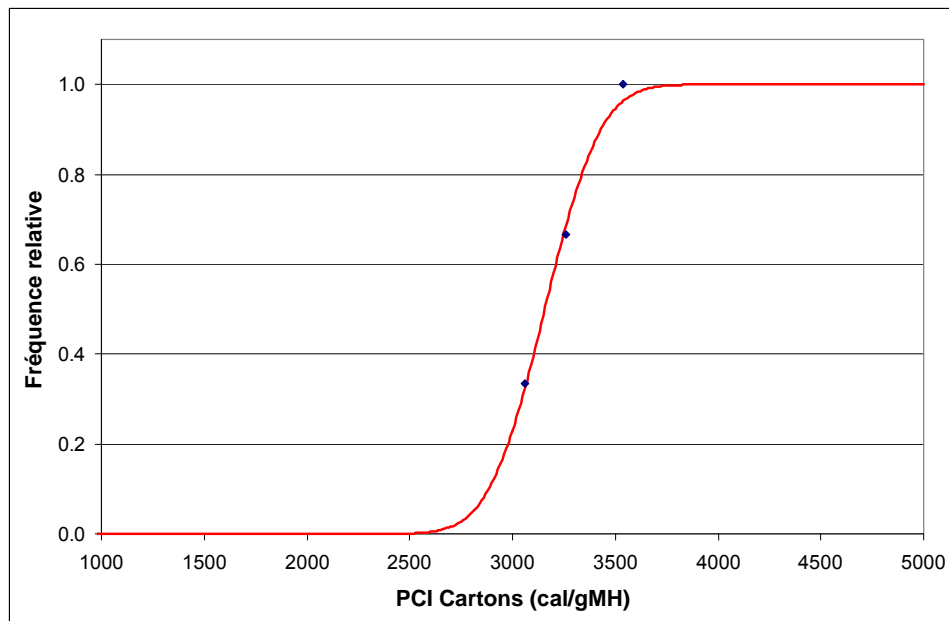
Calage des mesures de PCI



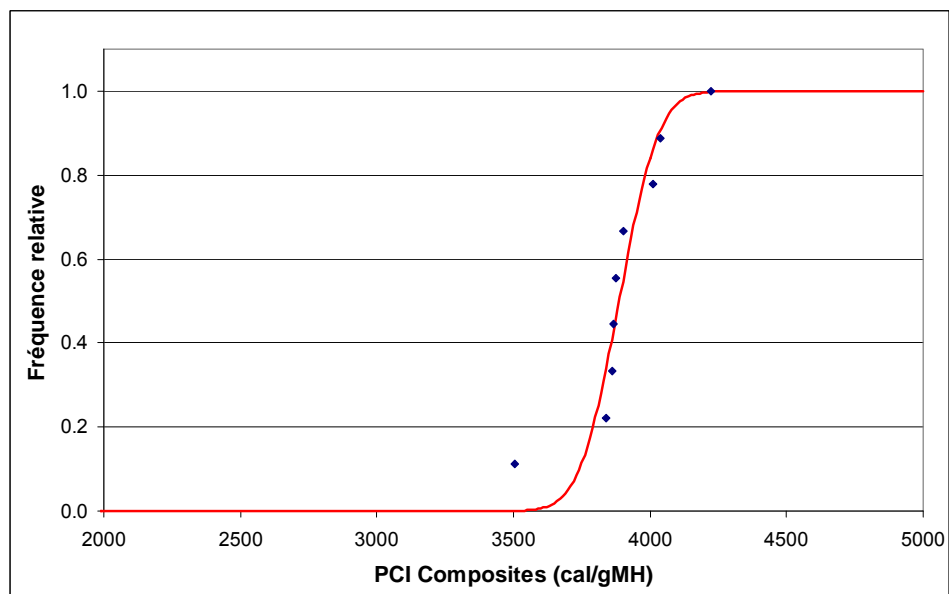
Calage des mesures PCI de la catégorie **Fermentescibles** avec une loi normale de moyenne 1046 cal/gMH et d'écart-type 20 cal/gMH.



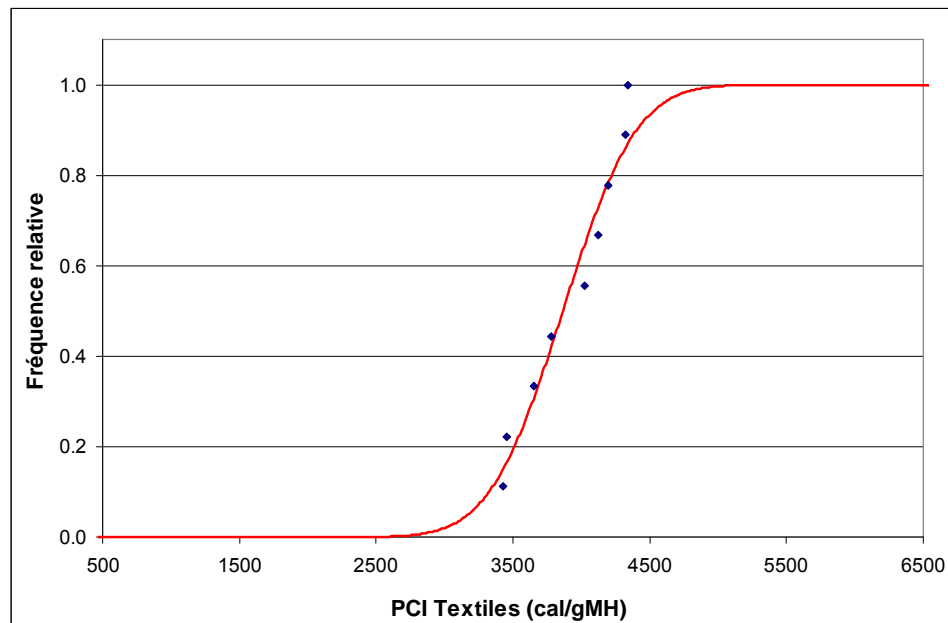
Calage des mesures PCI de la catégorie **Papiers** avec une loi normale de moyenne 2133 cal/gMH et d'écart-type 340 cal/gMH.



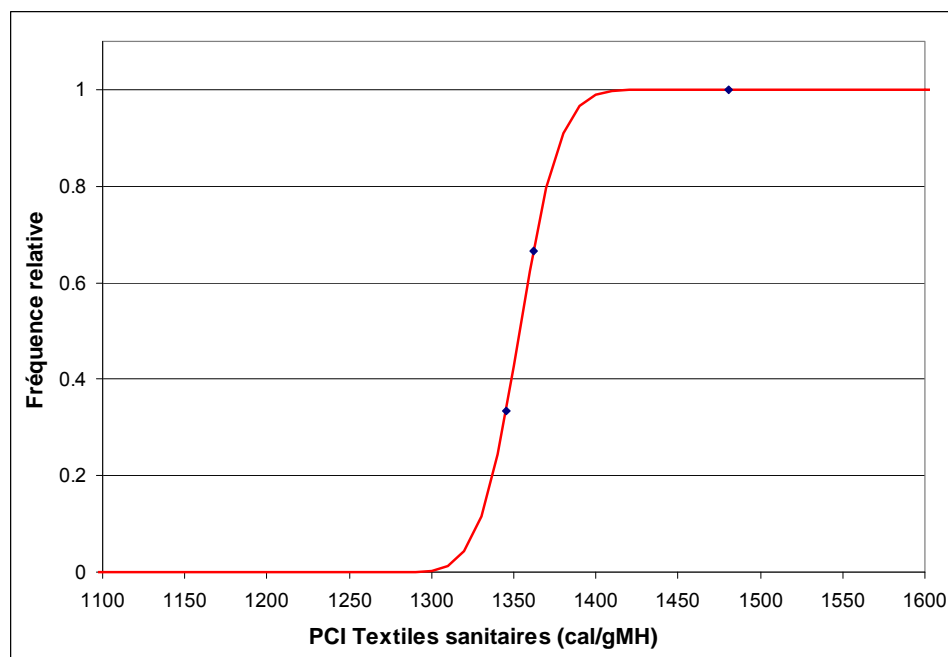
Calage des mesures PCI de la catégorie **Cartons** avec une loi normale de moyenne 3157 cal/gMH et d'écart-type 213 cal/gMH.



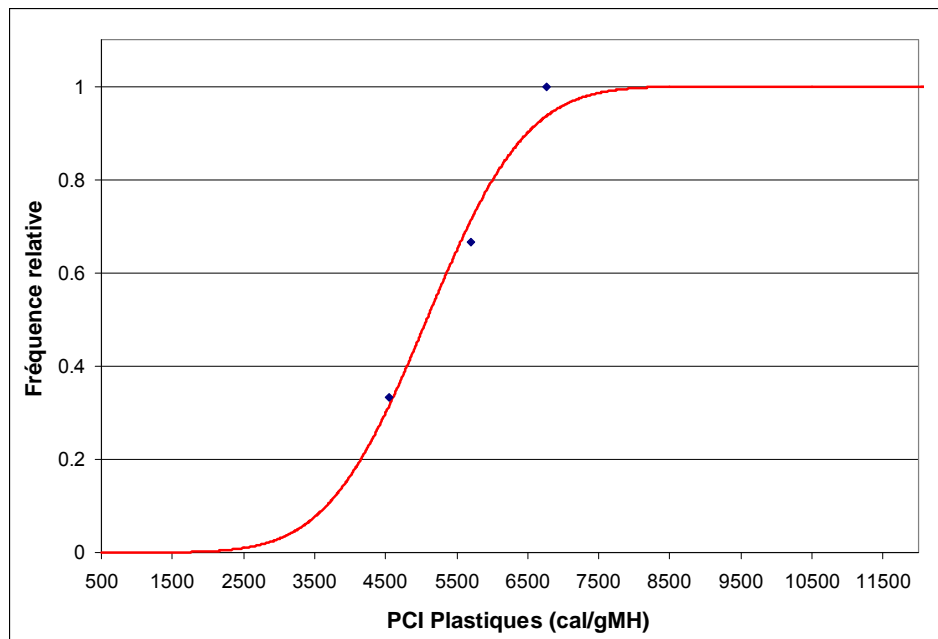
Calage des mesures PCI de la catégorie **Composites** avec une loi normale de moyenne 3887 cal/gMH et d'écart-type 114 cal/gMH.



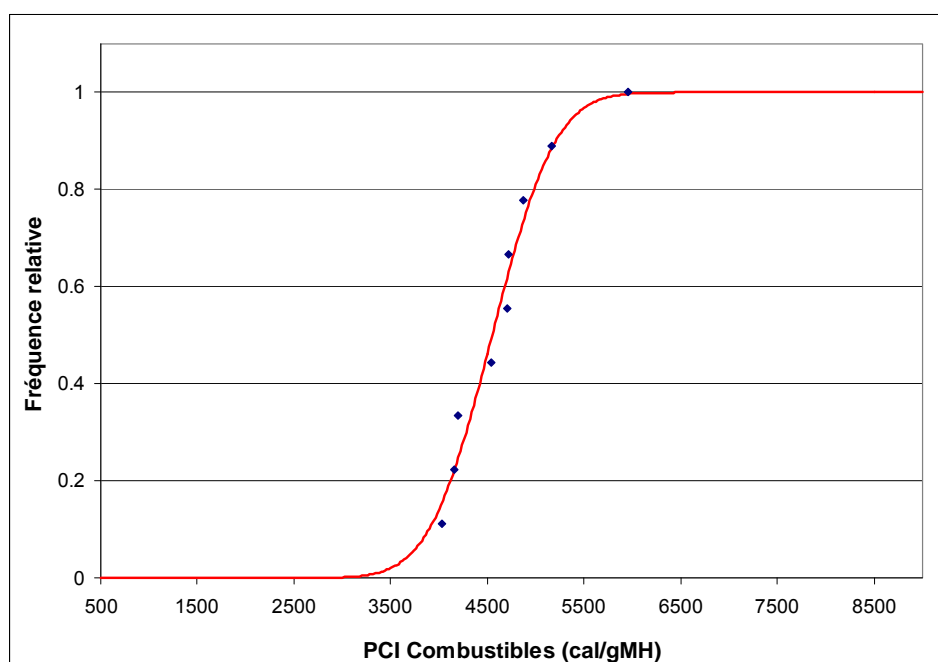
Calage des mesures PCI de la catégorie **Textiles** avec une loi normale de moyenne 3865 cal/gMH et d'écart-type 422 cal/gMH.



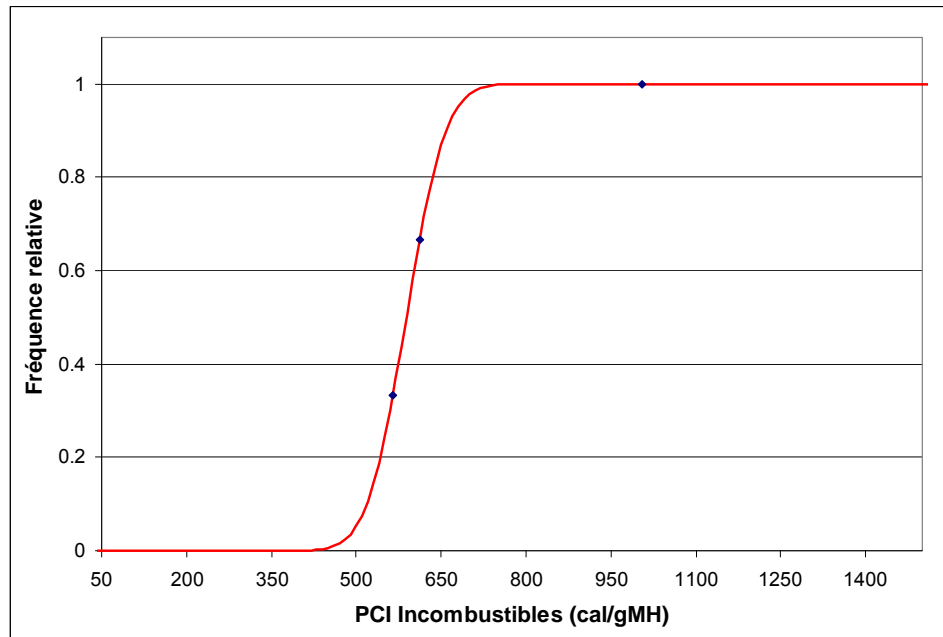
Calage des mesures PCI de la catégorie **Textiles sanitaires** avec une loi normale de moyenne 1354 cal/gMH et d'écart-type 20 cal/gMH.



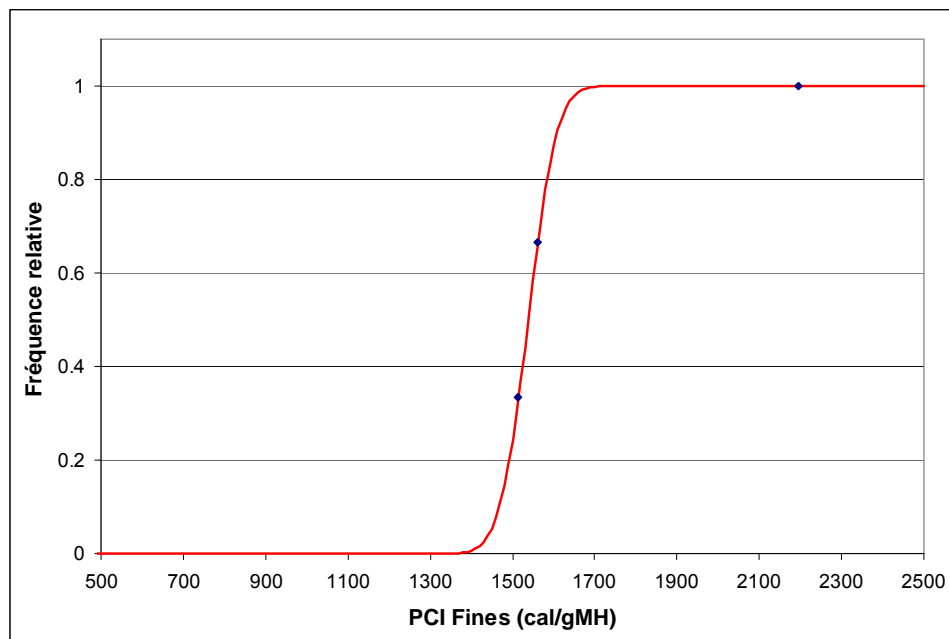
Calage des mesures PCI de la catégorie **Plastiques** avec une loi normale de moyenne 5080 cal/gMH et d'écart-type 1104 cal/gMH.



Calage des mesures PCI de la catégorie **Combustibles** avec une loi normale de moyenne 4549 cal/gMH et d'écart-type 512 cal/gMH.



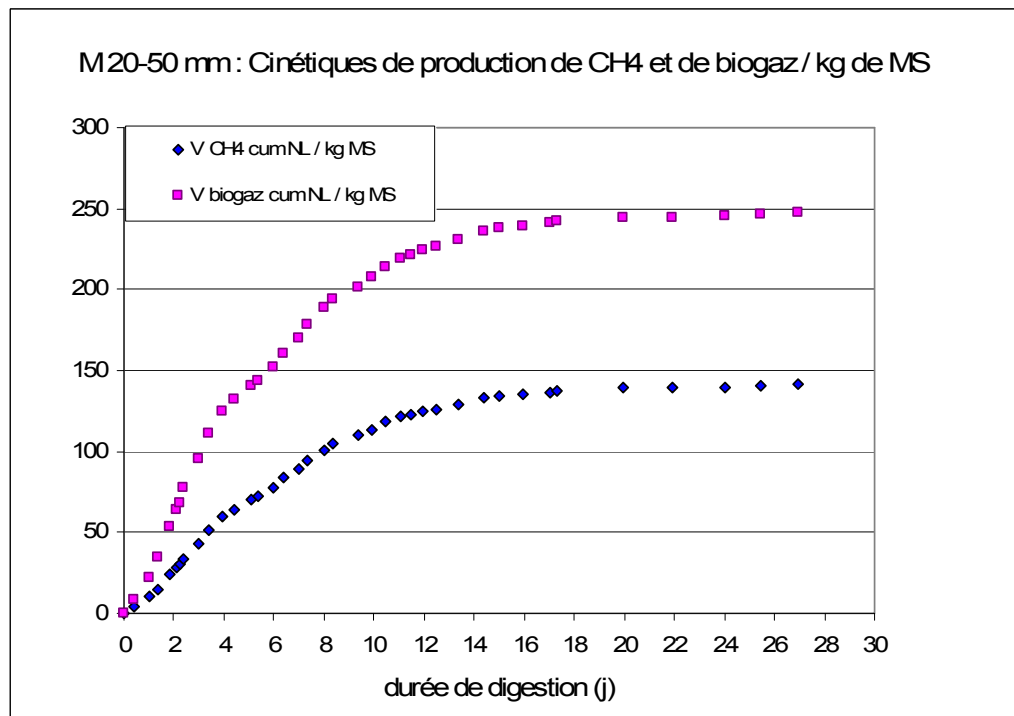
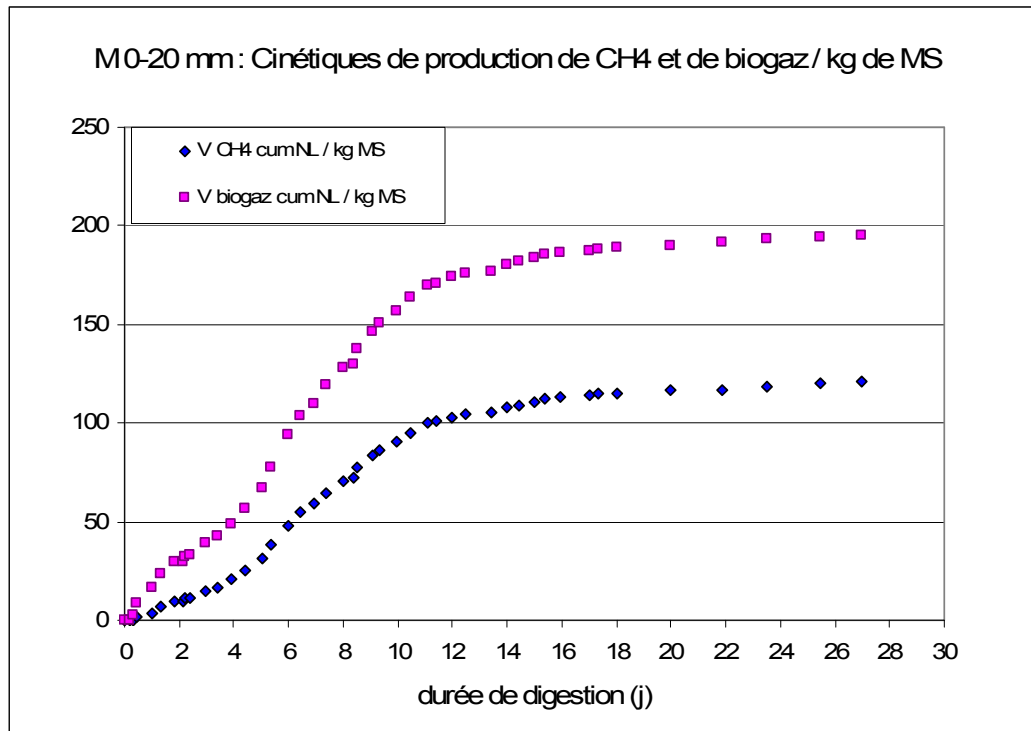
Calage des mesures PCI de la catégorie **Incombustibles** avec une loi normale de moyenne 589 cal/gMH et d'écart-type 55 cal/gMH.

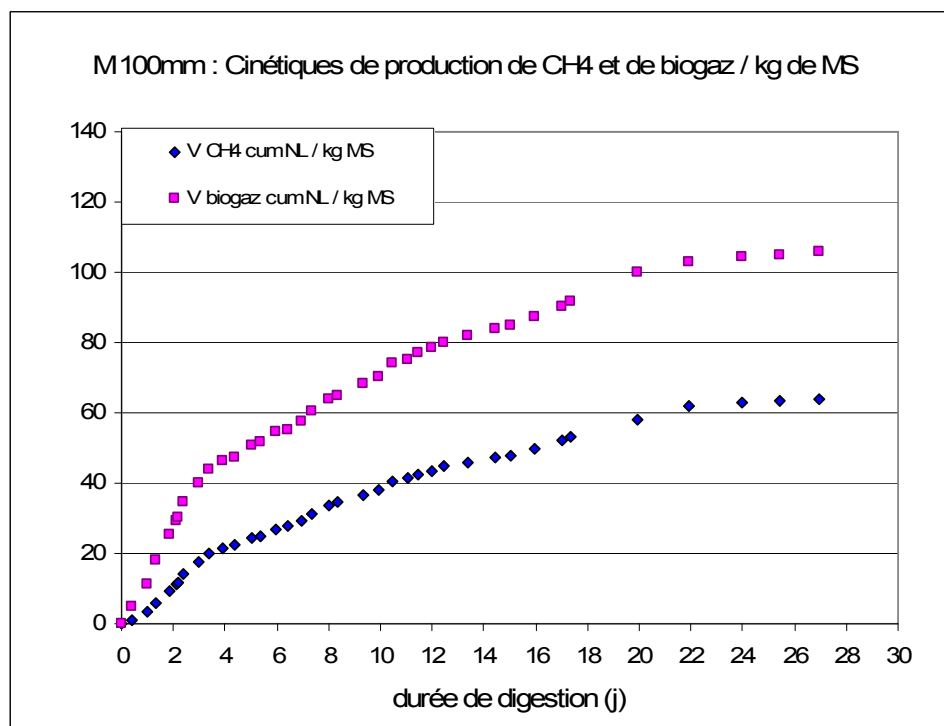
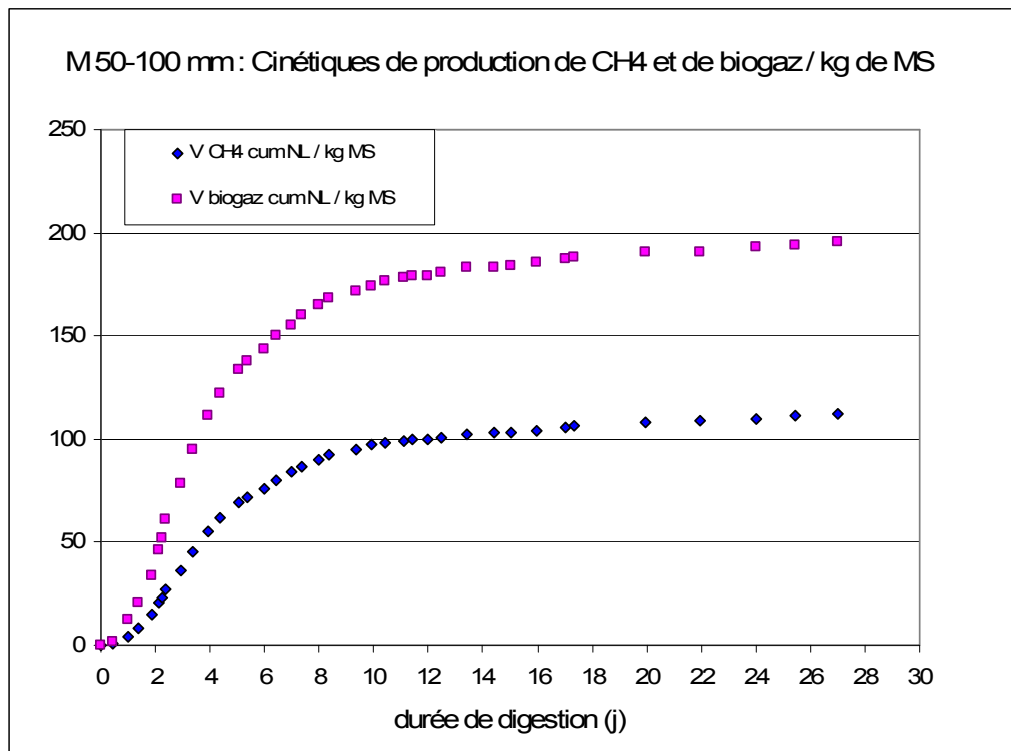


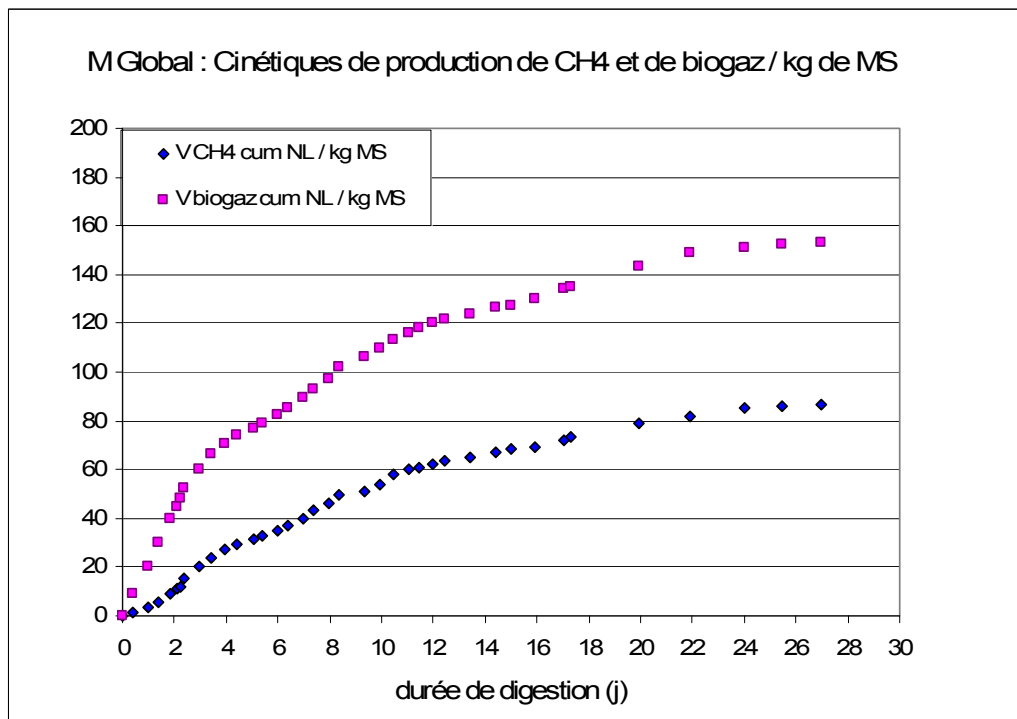
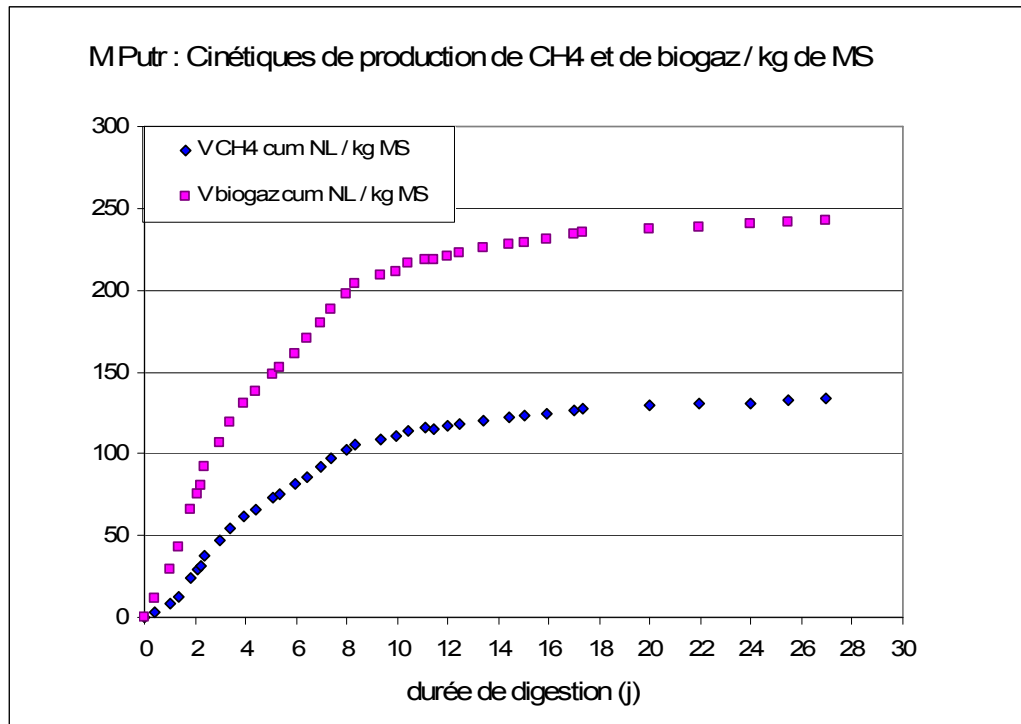
Calage des mesures PCI de la catégorie **Fines** avec une loi normale de moyenne 1538 cal/gMH et d'écart-type 55 cal/gMH.

Annexe 9

**Cinétiques de production de méthane
(*en NL de biogaz et de CH₄*) pour chaque
échantillon, en fonction de la quantité de MS (*en
kg*)**







7. Bibliographie

Ademe Campagne MODECOM de 1993 : La composition des ordures ménagères en France, Série Données et Références, 60 p., Janvier 1999.

Garcia *et al.* (2005) : Biodegradable municipal solid waste: Characterization and potential use as animal feedstuffs, Waste Management 25 (2005) 780–787



Centre scientifique et technique
Service Environnement et Procédés
3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34