

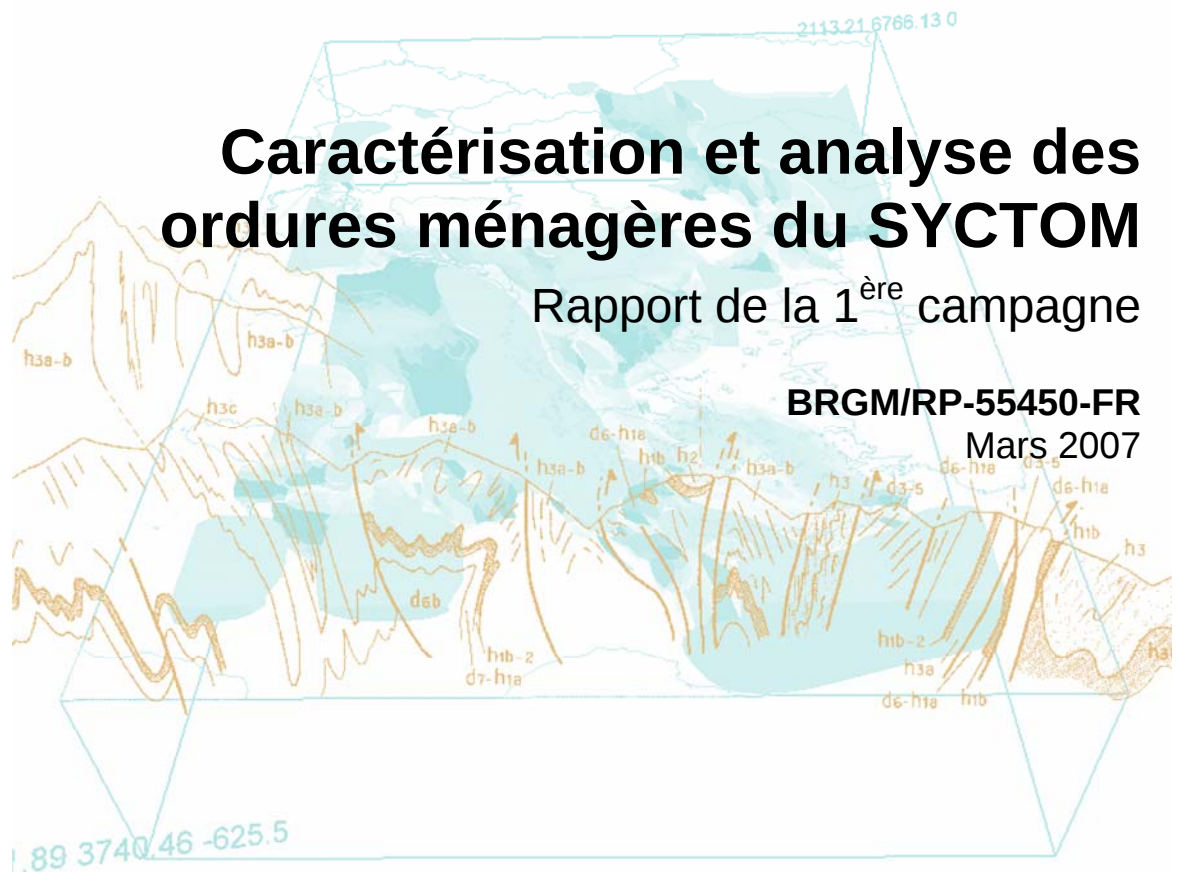


Caractérisation et analyse des ordures ménagères du SYCTOM

Rapport de la 1^{ère} campagne

BRGM/RP-55450-FR

Mars 2007



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Caractérisation et analyse des ordures ménagères du SYCTOM

Rapport de la 1^{ère} campagne

BRGM/RP-55450-FR

Mars 2007

Étude réalisée dans le cadre du marché OM 06 91 096

Ph. Wavrer, B. Jourdan, Y. Ménard, J. Villeneuve, D. Guyonnet

Vérificateur :

Nom : G. BELLENFANT

Date : 19-04-07

Signature :



Approbateur :

Nom : H. GABORIAU

Date : 19-04-07

Signature :



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

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

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

D. Guyonnet, B. Jourdan, Y. Ménard, J. Villeneuve, Ph. Wavrer, Caractérisation et analyse des ordures ménagères du SYCTOM, Rapport de la 1ère campagne, BRGM/RP-55450-FR, Mars 2007.

Synthèse

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. Pour cela, il a confié au BRGM une étude de caractérisation des ordures ménagères résiduelles (OMr) des bassins versants du centre de transfert d'OMr de Romainville et de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine.

Ce rapport concerne la première campagne de caractérisation de l'étude qui en comprendra quatre au total. Cette campagne a consisté en la réalisation des opérations suivantes :

- Un échantillonnage dans les règles de l'art de six bennes à OMr de Montreuil, Pantin, Aulnay sous Bois, Drancy, Rosny sous Bois et Paris 19^{ème} sur le centre de transfert de Romainville, 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 MODECOM™. 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 MODECOM™, des fractions granulométriques ou des échantillons « globaux ».

Les résultats de cette première campagne permettent déjà d'avoir une bonne représentation de la qualité des ordures ménagères résiduelles transitant par le centre de transfert de Romainville. Les prochaines campagnes permettront de confirmer ou de nuancer ces premiers résultats et, en tout état de cause, un bilan général pourra être dressé à la fin des quatre caractérisations.

Sommaire

1. Introduction	15
2. Echantillonnage sur site	17
2.1. INTRODUCTION	17
2.2. MODE OPERATOIRE.....	17
2.3. RESULTATS.....	21
3. Séchage - tri	25
3.1. INTRODUCTION	25
3.2. SECHAGE – DETERMINATION DES HUMIDITES	25
3.3. CRIBLAGES	26
3.4. TRIS - RESULTATS	29
3.4.1. Répartition des catégories en fonction de la fraction granulométrique	38
3.4.2. Composition moyenne des différentes fractions granulométriques	46
4. Analyses	51
4.1. INTRODUCTION	51
4.2. PREPARATION DES ECHANTILLONS POUR ANALYSES.....	52
4.2.1. Préparation des échantillons du groupe 1 (salmonelles).....	52
4.2.2. Préparation des échantillons des groupes 2, 3 et 4 (analyses élémentaires, PCI et potentiel méthanogène)	53
4.2.3. Liste des échantillons pour analyses.....	56
4.2.4. Problème rencontré et solution préconisée	57
4.3. PREPARATION DES ECHANTILLONS POUR ANALYSES ELEMENTAIRES (LABORATOIRES)	58
4.3.1. Préparation des échantillons (groupe 2 et 3).....	58
4.3.2. Références normatives.....	58
4.3.3. Déchets spéciaux	58
4.3.4. Détail des protocoles d'analyses	58
4.4. RESULTATS DES ANALYSES DE SALMONELLES	59

4.5. RESULTATS DES ANALYSES ELEMENTAIRES	60
4.5.1. Quelques éléments de rappel bibliographiques et compléments.....	60
4.5.2. Composition chimique moyenne par catégorie	61
4.5.3. Composition chimique moyenne pour un échantillon de type « putrescible »	94
4.5.4. Composition chimique moyenne pour un échantillon représentatif de la FCR.....	96
4.6. DETERMINATION DU POUVOIR CALORIFIQUE.....	98
4.6.1. Introduction	98
4.6.2. Résultats des mesures.....	98
5. Détermination du potentiel méthanogène	103
5.1. MATERIEL ET METHODES	103
5.1.1. Matériel de fermentation	103
5.1.2. Protocole expérimental	103
5.1.3. Traitement des résultats expérimentaux	106
5.1.4. Expérimentation	108
5.2. RESULTATS	112
5.2.1. Caractérisation des substrats.....	112
5.2.2. Potentiels méthanogènes des ordures ménagères.....	115
5.3. CONCLUSION DE LA DETERMINATION DU POTENTIEL METHANOGENE.....	118
6. Prestation d'expertise sur la Fraction Combustible Résiduelle (FCR).....	119
6.1. TRAITEMENT BIO-MECANIQUE DES DECHETS.....	119
6.1.1. Les traitements mécaniques	119
6.1.2. Les traitements biologiques	120
6.1.3. Les fractions issues des MBT	120
6.2. COMPOSITION DE LA FRACTION COMBUSTIBLE RESIDUELLE	121
6.2.1. Schéma de tri mécanique des OMr, priorité donnée à la valorisation thermique de la FCR	121
6.2.2. Caractéristiques des déchets en entrée d'unité de tri mécanique	125
6.2.3. Analyse globale des principaux concentrés de tri	128
6.2.4. Schéma de tri mécanique des OMr, priorité donnée à la valorisation matière	135
6.2.5. Analyse globale des principaux concentrés de tri	138
7. Conclusions.....	143

Liste des figures

Figure 1 : Constitution d'un prélèvement élémentaire d'OMr	18
Figure 2 : Pelletage fractionné de la fraction vrac des OMr.....	19
Figure 3 : Schéma méthodologique des opérations d'échantillonnage sur site	20
Figure 4 : Remplissage du trommel pour criblage	27
Figure 5 : Criblage au trommel à la maille de 100 mm.	27
Figure 6 : Composition moyenne des OMr de la Campagne 1 (en % sur sec)	35
Figure 7 : Composition moyenne des OMr de la Campagne 1 (en % sur humide)	38
Figure 8 : Répartition des Fermentescibles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	40
Figure 9 : Répartition des Papiers (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	40
Figure 10 : Répartition des Cartons (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	41
Figure 11 : Répartition des Composites (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	41
Figure 12 : Répartition des Textiles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	42
Figure 13 : Répartition des Textiles sanitaires (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	42
Figure 14 : Répartition des Plastiques (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	43
Figure 15 : Répartition des Combustibles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	43
Figure 16 : Répartition du Verre (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	44
Figure 17 : Répartition des Métaux (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	44
Figure 18 : Répartition des Incombustibles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	45
Figure 19 : Répartition des Déchets spéciaux (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique	45
Figure 20 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction <20 mm.....	47
Figure 21 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction 20-50 mm.....	47
Figure 22 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction 50-100 mm.....	48
Figure 23 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction 100-350 mm.....	48

Figure 24 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction >350 mm	49
Figure 25 : Situation de l'étape de prélèvement des échantillons du groupe 1.....	52
Figure 26 : Synoptique des opérations d'échantillonnage et de préparation des échantillons pour analyses	54
Figure 27 : Calage des mesures PCI sur textiles avec une loi normale (moyenne = 3380 cal/g humide, écart-type = 200 cal/g humide)	100
Figure 28 : Calage des mesures PCI sur composites avec une loi normale (moyenne = 3650 cal/g humide, écart-type = 250 cal/g humide).	100
Figure 29 : Calage des mesures PCI sur combustibles avec une loi normale (moyenne = 4080 cal/g humide, écart-type = 70 cal/g humide).	101
Figure 30 : Suivi expérimental pour la détermination du potentiel méthanogène	106
Figure 31 : Echantillon 0-20 mm.....	108
Figure 32 : Echantillon 20-50 mm.....	109
Figure 33 : Echantillon 50-100 mm.....	109
Figure 34 : Echantillon 100-350 mm.....	110
Figure 35 : Echantillon Matières Putrescibles	110
Figure 36 : Photographie de digesteurs remplis de l'inoculum et du substrat à caractériser (fraction 0-20 mm)	111
Figure 37 : Photographies de digesteurs remplis de l'inoculum et du substrat à caractériser (fraction 50-100 mm)	111
Figure 38 : Proportion de biodéchets et de MSV en fonction de la granulométrie.....	113
Figure 39 : Schéma de traitement mécanique des OMr (hypothèse 1)	123
Figure 40 : Distributions granulométriques moyennes des lots de déchets caractérisés	127
Figure 41 : Distributions granulométriques moyennes du flux d'OM reconstitué.....	127
Figure 42 : Schéma de traitement mécanique des OMr, priorité donnée à la valorisation matière (hypothèse 2).....	137

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des informations relatives aux prélèvements des échantillons sur le site de Romainville.....	23
Tableau 2 : Masses sèches et humidités des différentes fractions.....	25
Tableau 3 : Résultats des criblages en masses.....	28
Tableau 4 : Résultats des criblages en distributions massiques.....	28
Tableau 5 : Catégories et sous-catégories retenues pour les tris.....	30
Tableau 6 : Composition détaillée moyenne (en % sur sec) des OMr de la 1 ^{ère} campagne	31
Tableau 7 : Composition détaillée (en % sur sec) des OMr de la 1 ^{ère} campagne Moyennes, valeurs min et max.....	32

Tableau 8 : Composition moyenne (en % sur sec) des OMr de la 1 ^{ère} campagne.....	33
Tableau 9 : Part de fermentescibles dans les fines < 20 mm (en % sur sec).....	35
Tableau 10: Compositions des OMr de la 1 ^{ère} campagne, recalculées en % sur humide.....	37
Tableau 11 : Liste des prestataires en charge de la réalisation des analyses	51
Tableau 12 : Exemple n°1 pour la reconstitution des échantillons : résultats du tri et composition pondérale (%) de la fraction 50 - 100 mm de la catégorie Fermentescibles.....	55
Tableau 13 : Exemple n°2 pour la reconstitution des échantillons : composition pondérale (%) de l'échantillon secondaire « Fermentescibles sans distinction granulométrique ».....	56
Tableau 14 : Liste des échantillons préparés pour analyses.....	56
Tableau 15 : Résultats des analyses de dénombrement des salmonelles.....	59
Tableau 16 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Fermentescibles »	62
Tableau 17 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Fermentescibles » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051	65
Tableau 18 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Papiers ».....	66
Tableau 19 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Papiers » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051.....	68
Tableau 20 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Cartons »	69
Tableau 21 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Cartons » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051.....	71
Tableau 22 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Composites ».....	73
Tableau 23 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Composites » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051.....	74
Tableau 24 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Textiles »	75
Tableau 25 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Textiles » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051.....	76
Tableau 26 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Textiles sanitaires »	78
Tableau 27 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Textiles sanitaires » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051	79
Tableau 28 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Plastiques »	80
Tableau 29 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Plastiques » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051.....	82
Tableau 30 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Combustibles NC ».....	83
Tableau 31 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Combustibles NC » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051.....	84
Tableau 32 : Composition chimique de la catégorie « Verres »	86
Tableau 33 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Verres » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051.....	87
Tableau 34 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Métaux »	89

Tableau 35 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Métaux » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051	90
Tableau 36 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Incombustibles » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051	91
Tableau 37 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Incombustibles » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051	92
Tableau 38 : Composition chimique de la catégorie Déchets spéciaux.....	93
Tableau 39 : Composition moyenne massique des catégories formant l'échantillon "Putrescibles" au sein de l'échantillon global d'OMR	94
Tableau 40 : Composition moyenne massique des catégories de l'échantillon "Putrescibles"	94
Tableau 41 : Composition chimique moyenne d'un échantillon type « Putrescible »	95
Tableau 42 : Composition de la FCR (hyp 2)	96
Tableau 43 : Composition chimique moyenne d'un échantillon représentatif de la FCR.....	97
Tableau 44: Valeur de PCI mesurées sur les différentes catégories de déchets	98
Tableau 45 : Proportions des différentes catégories dans l'échantillon primaire.....	99
Tableau 46 : Pouvoir méthanogène – Tableau moyen MODECOM	112
Tableau 47 : Matière sèche et matière organique	114
Tableau 48 : Potentiels méthanogènes en fonction de MS et de MSV	115
Tableau 49 : Potentiel méthanogène en fonction de la quantité de biodéchets.....	115
Tableau 50 : Potentiel méthanogène en fonction de la quantité de biodéchets (valeurs corrigées)	116
Tableau 51 : Potentiels méthanogènes globaux	117
Tableau 52 : Principaux débouchés des fractions issues des MBT	120
Tableau 53 : Description des déchets en entrée de MBT en catégories et classes granulométriques (en % sur humide)	126
Tableau 54 : Humidité et PCI moyens des déchets en entrée de MBT	126
Tableau 55 : Composition du concentré de refus de trommel à 200 mm (hyp 1)	128
Tableau 56 : Composition du concentré de criblage intermédiaire (+20 -50 mm) (hyp 1).....	129
Tableau 57 : Composition du concentré d'envolement (hyp 1)	130
Tableau 58 : Composition du concentré de produits adhérents (hyp 1)	130
Tableau 59 : Composition du concentré de légers de tablage pneumatique (hyp 1).....	131
Tableau 60 : Composition du concentré de FFOM (hyp 1)	132
Tableau 61 : Composition du concentré de recyclables (hyp1)	132
Tableau 62 : Composition du concentré de refus (hyp 1)	133
Tableau 63 : Composition de la FCR (hyp 1)	134
Tableau 64 : Taux de captage des catégories des OM en vue d'une valorisation thermique de la FCR (hyp 1)	135

Tableau 65 : Composition du concentré de FFOM (hyp 2).....	138
Tableau 66 : Composition du concentré de refus (hyp 2).....	139
Tableau 67 : Composition de la FCR (hyp 2).....	139
Tableau 68 : Composition du flux de refus (hyp 2)	140
Tableau 69 : Taux de captage des catégories des OMr, priorité donnée à la valorisation matière (hyp 2).....	141

Liste des annexes

Annexe 1 Fiches détaillées des prélèvements.....	145
Annexe 2 Liste des catégories et sous-catégories retenues pour les tris	153
Annexe 3 Composition détaillée (en % sur sec) des OMr issues des communes étudiées.....	157
Annexe 4 Composition détaillée (en g sur sec) des OMr issues des communes étudiées.....	167
Annexe 5 Humidités moyennes par catégorie	175
Annexe 6 Liste détaillée des échantillons préparés pour analyses	179
Annexe 7 Liste détaillée des références normatives prises en compte pour la réalisation des analyses.....	185
Annexe 8 Modes opératoires des analyses élémentaires et de détermination du PCI	189
Annexe 9 Cinétiques de production de méthane en Nm ³ de biogaz et de CH ₄	197

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
ERR :	Erreur
ETM :	Eléments Traces Métalliques
FCR :	Fraction Combustible Résiduelle
FFOM :	Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères
HAP :	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HPLC :	Chromatographie liquide haute performance
ISO :	Organisation internationale de normalisation
IR :	Infrarouge
LSEHL :	Laboratoire SANTE ENVIRONNEMENT HYGIENE DE LYON
MODECOM™ :	Méthode de Caractérisation des Ordures Ménagères
OM :	Ordures Ménagères
OMR :	Ordures ménagères Résiduelles
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 d'Ivry-sur-Seine et deux sur le site de Romainville, permettant à chaque fois d'étudier six échantillons d'OMr (soit un total de 24 échantillons),
- la détermination du pouvoir méthanogène des OMr,
- une prestation d'expertise spécifique sur la Fraction Combustible Résiduelles (FCR).

Le présent rapport concerne la première campagne qui s'est déroulée sur le site du centre de transfert d'OMr de Romainville.

2. Echantillonnage sur site

2.1. INTRODUCTION

Les prélèvements des six échantillons de cette première campagne ont été réalisés sur le site du centre de transfert d'OMr de Romainville en trois jours, deux échantillons étant prélevés à chaque fois. Les communes dont les bennes d'OMr devaient être échantillonnées ont été déterminées par le SYCTOM.

Les prélèvements ont ainsi été réalisés selon le planning suivant :

- Mercredi 19 novembre 2006 : Pantin, Montreuil
- Jeudi 07 décembre 2006 : Aulnay-sous-Bois, Drancy
- Mercredi 13 décembre 2006 : Rosny-sous-Bois, Paris 19^{ème}.

La méthode de caractérisation des OMr retenue étant la méthode sur sec (norme AFNOR X30-466), l'objectif de cette phase d'échantillonnage sur site était de prélever dans les règles de l'art des échantillons d'environ 125 kg représentatifs des bennes sélectionnées. Ce sont ces échantillons qui, après séchage en étuve, seront triés selon les catégories et sous-catégories définies par le SYCTOM.

2.2. MODE OPERATOIRE

La méthode de caractérisation des OMr sur produit sec est en fait une déclinaison de la méthode de caractérisation des OMr sur produit dit brut mis en œuvre dans le MODECOM™ (norme AFNOR X30-408). Elle permet notamment de diminuer les masses à trier (donc de diminuer le temps de travail), d'améliorer la précision des résultats de tri, en permettant de déterminer une teneur en éléments fins fiable en particulier, tout en conservant le même ordre de grandeur pour la représentativité de l'échantillon prélevé. Le MODECOM™ préconise le prélèvement d'un échantillon d'OMr de 500 kg environ ; c'est bien à partir de ces 500 kg que l'échantillon destiné à une caractérisation sur sec est constitué.

La première étape mise en œuvre lors de la phase d'échantillonnage sur site consiste donc en la constitution d'un échantillon « primaire » de 500 kg environ.

- Pour cela, une benne d'ordures ménagères (BOM) correspondant à la commune retenue a été sélectionnée en prenant garde à ce que son contenu soit supérieur à 500 kg d'une part, et que le circuit de collecte corresponde bien à des OMr (sans zones industrielles ou commerciales, ni événements spéciaux tels que des marchés par exemple).

- Une fois la benne sélectionnée, elle est déversée au sol, puis reprise intégralement (en vue de minimiser l'hétérogénéité de distribution) à l'aide d'un godet de chargeur qui vide son contenu sur six poubelles de 105 l environ. Ces six poubelles sont pesées et constituent un prélèvement élémentaire. L'opération est renouvelée jusqu'à obtenir 500 kg d'OMr, en veillant à bien prendre en compte l'intégralité du contenu de la BOM. Une attention particulière est portée au prélèvement de la fraction fine restant au sol une fois tout le tas repris.



Figure 1 : Constitution d'un prélèvement élémentaire d'OMr

Les 500 kg ainsi constitués constituent donc l'échantillon représentatif de la BOM, à caractériser par tris et analyses chimiques. A partir de cet échantillon, la mise en œuvre de la méthode de caractérisation sur sec conduit à réaliser les opérations suivantes :

- En premier lieu, à la demande du SYCTOM, un premier tri est fait en vue de séparer la fraction « OMr en sacs poubelles » de la fraction dite « OMr en vrac ». Dans le même temps, sur chacune de ces deux fractions, les « hétéroclites » (définis comme les éléments apportant de l'hétérogénéité de par leur masse, leur taille > 350 mm, ou leur composition), ainsi que les grandes bouteilles en verre non cassées, sont mis de côté. Ces hétéroclites seront intégralement séchés, triés et caractérisés lors de la phase suivante. Les sacs de la fraction « OMr en sacs » sont ouverts.
- Les deux fractions constituées (OMr en sacs et OMr vrac) sont soumises à un pelletage fractionné à l'aide d'une pelle de grande capacité, de façon à ne conserver qu'un quart de leur volume environ. Là encore on porte une attention

particulière à prélever dans l'échantillon les fines restantes au sol afin de ne pas introduire de biais systématique par mise à l'écart de cette fraction.



Figure 2 : Pelletage fractionné de la fraction vrac des OMr

- A la fin de ces opérations successives, les différentes fractions finalement constituées (hétéroclites, OMr vrac, OMr en sacs), représentant une masse de 125-130 kg environ, sont mises en bacs, puis pesées pour être transportées vers l'étuve de séchage.

La Figure 3 reprend de façon schématique l'ensemble des opérations mises en œuvre lors de l'étape de prélèvement sur site.

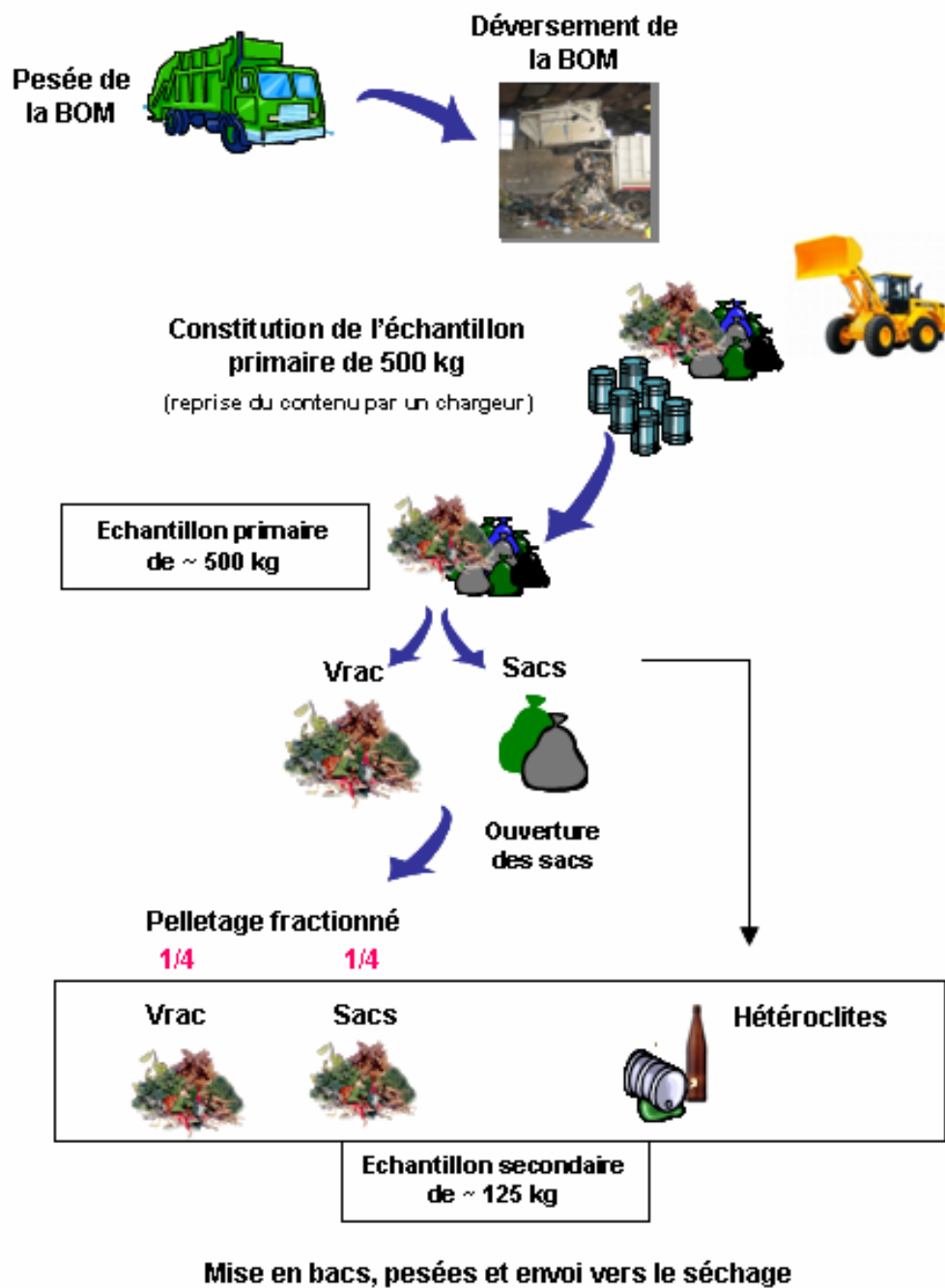


Figure 3 : Schéma méthodologique des opérations d'échantillonnage sur site

2.3. RESULTATS

Le Tableau 1 suivant présente pour chaque benne échantillonnée 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 ; il correspond en théorie 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, ainsi que les informations sur les tournées de collecte, fournies par le SYCTOM de l'Agglomération Parisienne.

A partir de ce Tableau 1, on peut constater les points suivants :

- La proportion massique d'hétéroclites déterminée au sein des échantillons primaires de masse d'environ 500 kg varie entre 3.3% et 8.2% (proportion massique sur brut des hétéroclites par rapport à la masse de l'échantillon primaire).

Les proportions les plus importantes (7.8% et 8.2%) sont constatées respectivement pour Pantin et Rosny-sous-Bois, la plus faible (3.3%) pour Aulnay-sous-Bois.

Les études antérieurement réalisées à partir de la norme de caractérisation sur sec AFNOR X 30-466 ont montré que la masse d'hétéroclites (hors bouteilles en verre et aérosols) identifiée sur un échantillon de 500 kg d'OMr brutes est proche de 20 kg environ, soit une proportion massique sur humide de 4 %.

En conséquence, on peut considérer que les valeurs constatées lors de la campagne sont dans la fourchette généralement observée.

- La proportion massique des OMr en sacs varie entre 25.2% et 53.8%. Plus particulièrement, on observe deux groupes : le premier présente des valeurs de l'ordre de 25 à 29% (Rosny-sous-Bois, Pantin, Drancy) et le deuxième présente des valeurs plus élevées, comprises entre 41.8 et 53.8% (Aulnay-sous-Bois, Montreuil et Paris 19°).

Cette constatation appelle deux remarques basées sur la distinction Paris/banlieue :

- ✓ d'une part, les communes avec une composante d'habitat pavillonnaire (importante dans le cas de Montreuil et plus faible dans le cas d'Aulnay-sous-Bois) présentent une proportion de sacs élevée.

Les autres communes de la banlieue parisienne (Pantin, Drancy et Rosny-sous-Bois) présentent un habitat quasi-uniquement vertical

collectif. Ces communes présentent des taux de déchets en sacs les plus faibles.

- ✓ D'autre part, Paris (19^e arrondissement) présente le plus fort taux de déchets en sacs alors que l'habitat est majoritairement vertical. C'est la situation opposée à celle observée pour les villes de banlieue considérées.

Ces constatations doivent être considérées avec précaution car il s'agit d'une exploitation de données collectées à un instant « t » sur un nombre restreint de bennes. Elles seront approfondies au cours des campagnes de caractérisation à venir.

Campagne n° 1 - Prélèvements sur site		PANTIN	MONTREUIL	AULNAY-sous-BOIS	DRANCY	PARIS 19ème	ROSNY-sous-BOIS
Date		29-nov-06	29-nov-06	07-déc-06	07-déc-06	13-déc-06	13-déc-06
Météo		Beau, sec, 10°C	Beau, sec, 10°C	Pluie, vent, froid, 5°C	Pluie, vent, froid, 5°	Froid, sec	Froid, sec
Heure		9h30	13h00	9h00	10h10	9h15	11h00
Immatriculation Benne		413 CXH 78	658 CVF 92	197 CTC 92	814 DAV 91	138 EXR 92	5585 WVG 93
Collecte		Pantin - Secteur 5 (Pré St Gervais)	Montreuil centre	Aulnay	Drancy	Paris XIXème	Rosny-sous-Bois
Observations		OMr (+Scas techniques et commerces)	-	HLM	Cités	-	OMr ?? (nbx papiers et déchets alimentaires)
Masse benne pleine (kg)		24 520	16 480	24 500	26 580	22 620	19 460
Masse benne vide (kg)		14 100	12 380	14 080	14 660	15 780	15 300
Masse déchets (kg)		10 420	4 100	10 420	11 920	6 840	4 160
☛ Prélèvement total Echantillon primaire (kg)		506.15	527.4	534.7	511.5	500.05	503.15
☛ Tri au sol Hétéroclites (kg)		39.7	27.1	17.9	25.55	27.7	41.45
% Hétéroclites/tr éch. primaire		7.8%	5.1%	3.3%	5.0%	5.5%	8.2%
Masse OMr gardées (environ 1/4) (kg)		96.5	106.7	124.3	123	105.85	95.6
Dont Fraction "Sacs" (kg)		27.2	48.5	52.0	36.0	57.0	24.1
% "sacs"/tr éch. secondaire		28.2%	45.5%	41.8%	29.3%	53.8%	25.2%
Dont Fraction "Vrac" (kg)		69.3	58.2	72.3	87	48.85	71.55
% "vrac"/tr éch. secondaire		71.8%	54.5%	58.2%	70.7%	46.2%	74.8%
Total pour séchage et tri (kg)		136.2	133.8	142.2	148.55	133.55	137.05
Masse rejetée en fosse (kg)		369.95	393.6	392.5	362.95	366.5	366.1
Rapport d'échantillonnage du quart retenu		0.21	0.21	0.24	0.25	0.22	0.21

Tableau 1 : Synthèse des informations relatives aux prélèvements des échantillons sur le site de Romainville

3. Séchage - tri

3.1. INTRODUCTION

La méthode de caractérisation sur sec des déchets ménagers implique de sécher rapidement (avant que les déchets n'évoluent) l'intégralité de l'échantillon ; c'est donc une humidité globale qui est déterminée. Une fois séchés, les déchets peuvent être criblés, puis triés en catégories et sous-catégories préalablement définies.

3.2. SECHAGE – DETERMINATION DES HUMIDITES

Les six échantillons ont été séchés dans les étuves du BRGM dès le retour à Orléans, pendant 5 jours à 70°C. Pour assurer un séchage homogène de la matière, les déchets disposés dans des bacs plastiques dans l'étuve, ont été retournés au bout de 2.5 jours. Une fois sèches, les différentes fractions ont été pesées pour détermination de leur humidité, l'humidité globale de l'échantillon primaire de 500 kg pouvant alors être calculée, en tenant compte notamment du rapport d'échantillonnage de la fraction gardée (environ ¼, cf. Tableau 1 pour les valeurs exactes).

	Montreuil		Pantin		Aulnay s/s Bois	
	Masses sèches (en kg)	Humidités	Masses sèches (en kg)	Humidités	Masses sèches (en kg)	Humidités
"Hétéroclites"	25.65	5.4%	34.15	14.0%	15	16.2%
Masse OMr gardées						
Fraction "Sacs"	31.35	35.4%	17.6	35.3%	32.6	37.3%
Fraction "Vrac"	40.05	31.2%	48.9	29.4%	41.9	42.0%
Total pour séchage et tri	97.05	27.5%	100.65	26.1%	89.5	37.1%
Echantillon primaire 500 kg - Recalculé	360.4	31.7%	355.6	29.7%	324.7	39.3%

	Drancy		Rosny s/s Bois		Paris	
	Masses sèches (en kg)	Humidités	Masses sèches (en kg)	Humidités	Masses sèches (en kg)	Humidités
"Hétéroclites"	22.95	10.2%	34.75	16.2%	24.55	11.4%
Masse OMr gardées						
Fraction "Sacs"	22.3	38.1%	17.55	27.0%	36.7	35.6%
Fraction "Vrac"	59.3	31.8%	50.85	28.9%	27.55	43.6%
Total pour séchage et tri	104.55	29.6%	103.15	24.7%	88.8	33.5%
Echantillon primaire 500 kg - Recalculé	345.3	32.5%	365.1	27.4%	311.3	37.8%

Tableau 2 : Masses sèches et humidités des différentes fractions

A la lecture du Tableau 2, on peut remarquer que les humidités globales sont comprises dans une fourchette comprise entre 27.4% et 39.3%, ce qui est tout à fait cohérent avec les valeurs habituellement relevées pour des ordures ménagères résiduelles (l'humidité moyenne des OM issues de la campagne nationale de 1993 était de 35% - Données Ademe).

On peut également noter que les hétéroclites présentent des humidités beaucoup moins élevées (comprises entre 5.4% et 16.2%). La valeur de 5.4% relevée pour les hétéroclites de Montreuil est certainement due au fait que leur composition était sensiblement différente de celle des autres communes : la proportion de cartons d'emballage, de films plastiques et d'emballages bois y apparaît inférieure, tandis qu'on y note une teneur en combustibles non classés (sous la forme de grands carrelages de sol, non porteur d'humidité) non négligeable, cette catégorie étant absente pour les autres communes. Il s'agit là encore des possibles effets d'un échantillonnage ponctuel sur une benne donnée qui engendre une composition pas nécessairement représentative de la composition moyenne du gisement global.

3.3. CRIBLAGES

Une fois séchées, les différentes fractions « en sacs » et « vrac » des échantillons prélevés ont été remélangées pour être criblées à l'aide d'un trommel (crible rotatif, dont les grilles de maille données peuvent être changées facilement). A la demande du SYCTOM les mailles suivantes ont été retenues : 20 mm, 50 mm, 100 mm. **Les éléments supérieurs à 350 mm ont pour leur part été triés « à la main » lors de l'étape de prélèvement sur site ; ils constituent la fraction des hétéroclites.**



Figure 4 : Remplissage du trommel pour criblage



Figure 5 : Criblage au trommel à la maille de 100 mm.

Une attention particulière a été portée à la propreté de la zone de travail pour le criblage, afin de ne pas « polluer » l'échantillon avec des impuretés restant au sol. De la même façon, on a veillé à récupérer l'intégralité des fines particules lors du ramassage de la fraction « passante » (c'est-à-dire inférieure à la maille utilisée) au sol.

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

	Montreuil	Pantin	Aulnay s/s Bois	Drancy	Rosny s/s Bois	Paris
Masses (en kg sur sec)						
< 20 mm	18.05	16.05	17.65	24.35	13.30	15.30
20-50 mm	8.20	9.35	9.75	8.80	10.70	9.70
50-100 mm	13.50	17.75	19.95	17.20	15.05	13.40
> 100 mm	31.60	23.30	27.10	31.30	31.25	26.00
Total	71.35	66.45	74.45	81.65	70.30	64.40

Tableau 3 : Résultats des criblages en masses

	Montreuil	Pantin	Aulnay s/s Bois	Drancy	Rosny s/s Bois	Paris	Moyenne	Ecart-type
Distributions (en % sur sec)								
< 20 mm	25.3%	24.2%	23.7%	29.8%	18.9%	23.8%	24.3%	3.5%
20-50 mm	11.5%	14.1%	13.1%	10.8%	15.2%	15.1%	13.3%	1.8%
50-100 mm	18.9%	26.7%	26.8%	21.1%	21.4%	20.8%	22.6%	3.3%
> 100 mm	44.3%	35.1%	36.4%	38.3%	44.5%	40.4%	39.8%	4.0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	

Tableau 4 : Résultats des criblages en distributions massiques

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. 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, au regard de la représentativité des échantillons par rapport aux 500 kg d'OMr brutes, le tri de 5 kg de la fraction 20-100 mm séchée permettait des résultats satisfaisants et du même ordre de grandeur que ce qui

était obtenu à l'aide du MODECOM™ « original » (qui préconisait le tri d'environ 1/8^{ème} des moyens 20-100 mm après quartages successifs). 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

Les tris ont été réalisés selon les catégories et sous-catégories définies par le SYCTOM et présentées dans le Tableau 5, page suivante. On notera 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 un tri fiable en sous-catégories de la fraction <20 mm.

Les résultats de tri complets et détaillés sont présentés en annexes, 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.

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 uniquement pour les fractions > 20 mm, les éléments < 20 mm constituant une catégorie unique. C'est la présentation classiquement utilisée par l'ADEME dans ses documents, notamment ceux relatifs à la composition nationale des ordures ménagères.

On a également reporté sur ce Tableau 8 la composition moyenne calculée sur les six échantillons, ainsi que les écart-types associés (en valeurs absolues et en valeurs relatives), sachant toutefois qu'un écart-type calculé sur six échantillons n'a comme valeur statistique que celle qu'on veut bien lui donner.

Au vu des écart-types relevés, il apparaît que certaines catégories montrent des teneurs assez variables ; celles-ci sont caractérisées par des écart-types relatifs supérieurs à 20-25%. Il s'agit notamment des catégories assez peu représentées d'une part et dont la distribution n'est pas normale d'autre part, et pour lesquelles on sait qu'un échantillon de 500 kg ne permet pas d'être représentatif, quel que soit le soin apporté lors de son prélèvement (c'est par exemple le cas pour les textiles, les combustibles, les incombustibles, les déchets spéciaux, etc.). On peut également ajouter ici des catégories telles que les « Déchets fermentescibles », pour lesquels il est normal que leur teneur varie, dans le contexte particulier des types d'habitat considérés (prépondérance de l'habitat vertical par rapport à l'habitat pavillonnaire) ou

les « Métaux », pour lesquels des différences dans les performances des collectes sélectives peuvent expliquer les variations observées.

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	

Tableau 5 : Catégories et sous-catégories retenues pour les tris

Moyenne Campagne 1

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		15.4%	2.77%	0.90%	0.35%	0.0%
1.1	alimentaires		1.9%	0.9%	0.3%	
1.2	jardin ligneux		0.04%	0.02%	0.01%	
1.3	jardins non ligneux		0.8%	0.01%		
2 Papiers		0.4%	1.0%	3.6%	14.4%	0.0%
2.1	emballages papiers				0.3%	
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités				4.9%	
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés				4.1%	
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires				0.5%	
2.5	autres papiers				4.6%	0.002%
3 Cartons		0.1%	0.3%	1.5%	5.2%	2.2%
3.1	emballages cartons plats		0.2%	1.2%	3.1%	0.5%
3.2	emballages cartons ondulés		0.003%	0.3%	2.0%	1.7%
3.3	autres cartons		0.1%	0.003%	0.1%	
4 Composites/Complexes		0.0%	0.03%	0.4%	0.9%	0.0%
4.1	ELA			0.2%	0.7%	
4.2	autres		0.03%	0.2%	0.2%	
5 Textiles		0.0%	0.14%	0.3%	3.4%	0.3%
5.1	vêtements			0.2%	2.5%	0.2%
5.2	autres textiles		0.1%	0.04%	0.9%	0.1%
6 Textiles sanitaires		0.9%	1.1%	3.6%	2.0%	0.0%
7 Plastiques		0.4%	1.0%	3.8%	7.4%	0.7%
7.1	films polyoléfinés (PE et PP)		0.1%	1.2%	3.2%	0.4%
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur			0.1%	0.1%	
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.3%	1.2%	
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)		0.002%	0.3%	0.6%	
7.5	autres emballages plastiques		0.2%	1.2%	1.2%	0.3%
7.6	autres déchets plastiques		0.6%	0.7%	1.1%	
8 Combustibles NC		0.2%	0.2%	0.2%	0.7%	1.2%
8.1	emballages en bois		0.03%	0.01%	0.4%	1.2%
8.2	chaussures			0.1%	0.2%	
8.3	autres déchets combustibles NC		0.1%	0.1%	0.1%	
9 Verres		2.9%	2.3%	2.4%	1.8%	0.0%
9.1	emballages en verre incolore/transparent		1.4%	1.3%	0.6%	
9.2	emballages en verre de couleur		0.7%	1.1%	1.2%	
9.3	autres déchets en verre		0.1%	0.1%		
10 Métaux		0.2%	0.4%	2.0%	1.1%	1.0%
10.1	métaux ferreux		0.2%	1.7%	1.1%	1.0%
10.2	métaux non ferreux		0.2%	0.3%	0.03%	
11 Incombustibles NC		1.8%	2.6%	1.5%	1.0%	0.1%
12 Déchets spéciaux		0.0%	0.2%	0.4%	0.4%	0.4%
12.1	DEEE					0.4%
12.2	piles, batteries et accumulateurs		0.1%			
12.3	produits chimiques			0.2%	0.3%	0.03%
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso					
12.5	déchets de soins, hospitaliers		0.1%	0.2%	0.04%	
12.6	autres déchets spéciaux					
13 Fines < 20 mm			0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Total		22.3%	12.2%	20.8%	38.8%	5.9%
		100%				

Tableau 6 : Composition détaillée moyenne (en % sur sec) des OMr de la 1^{ère} campagne

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		15.5%	2.8%	0.9%	0.4%	0.0%
	Valeur min	8.7%	1.0%	0.4%	0.0%	0.0%
	Valeur max	19.0%	4.1%	2.1%	1.1%	2.1%
2 Papiers		0.4%	1.0%	3.6%	14.3%	0.0%
	Valeur min	0.1%	0.6%	2.0%	10.6%	0.0%
	Valeur max	0.7%	1.6%	4.7%	20.6%	0.0%
3 Cartons		0.1%	0.4%	1.5%	5.2%	2.2%
	Valeur min	0.0%	0.2%	0.8%	3.8%	1.2%
	Valeur max	0.2%	0.9%	2.3%	7.0%	3.5%
4 Composites/Complexes		0.0%	0.0%	0.4%	0.9%	0.0%
	Valeur min	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%
	Valeur max	0.0%	0.1%	0.9%	1.1%	0.0%
5 Textiles		0.0%	0.1%	0.3%	3.5%	0.3%
	Valeur min	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%
	Valeur max	0.0%	0.6%	1.1%	8.8%	0.8%
6 Textiles sanitaires		0.8%	1.1%	3.6%	2.0%	0.0%
	Valeur min	0.1%	0.7%	1.6%	0.4%	0.0%
	Valeur max	2.4%	1.4%	7.8%	4.1%	0.0%
7 Plastiques		0.4%	1.0%	3.8%	7.5%	0.7%
	Valeur min	0.0%	0.7%	2.7%	4.1%	0.1%
	Valeur max	0.9%	1.1%	4.8%	8.9%	1.7%
8 Combustibles NC		0.2%	0.2%	0.2%	0.7%	1.2%
	Valeur min	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%
	Valeur max	0.4%	0.3%	0.8%	1.0%	2.9%
9 Verres		3.0%	2.3%	2.4%	1.8%	0.0%
	Valeur min	0.2%	1.7%	1.4%	0.9%	0.0%
	Valeur max	9.1%	2.6%	3.7%	3.7%	0.0%
10 Métaux		0.2%	0.4%	2.0%	1.1%	1.0%
	Valeur min	0.0%	0.2%	0.8%	0.8%	0.1%
	Valeur max	0.6%	0.9%	4.5%	1.6%	2.2%
11 Incombustibles NC		1.8%	2.5%	1.5%	0.9%	0.1%
	Valeur min	0.7%	1.0%	0.2%	0.0%	0.0%
	Valeur max	5.4%	5.9%	2.8%	5.3%	0.5%
12 Déchets spéciaux		0.0%	0.2%	0.4%	0.4%	0.4%
	Valeur min	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Valeur max	0.0%	0.7%	1.1%	1.9%	0.8%
13 Fines < 20 mm			0.09%	0.06%	0.09%	0.08%
	Valeur min		0.01%	0.02%	0.04%	0.01%
	Valeur max		0.21%	0.09%	0.21%	0.23%
Total		22.4%	12.2%	20.8%	38.7%	5.9%
		100%				

Tableau 7 : Composition détaillée (en % sur sec) des OMr de la 1^{ère} campagne
Moyennes, valeurs min et max

Catégories	MONTREUIL % sur sec	PANTIN % sur sec	AULNAY % sur sec	DRANCY % sur sec	ROSNY % sur sec	PARIS 19 % sur sec	Moyennes % sur sec	Ecart-types % sur sec	Ecart-types Relatifs	Val min % sur sec	Val max % sur sec
Déchets fermentescibles	6.1%	4.0%	4.5%	2.9%	1.3%	5.5%	4.1%	1.8%	43%	1.3%	6.1%
Papiers	24.1%	16.5%	15.5%	18.1%	24.2%	15.2%	18.9%	4.2%	22%	15.2%	24.2%
Cartons	7.2%	7.0%	8.2%	10.2%	10.1%	12.7%	9.3%	2.2%	24%	7.0%	12.7%
Composites/Complexes	1.0%	1.4%	1.3%	1.8%	1.4%	1.5%	1.4%	0.2%	17%	1.0%	1.8%
Textiles	2.7%	2.5%	10.4%	3.2%	3.1%	3.2%	4.2%	3.1%	73%	2.5%	10.4%
Textiles sanitaires	6.5%	9.2%	10.6%	4.1%	2.8%	6.9%	6.7%	3.0%	44%	2.8%	10.6%
Plastiques	11.9%	13.4%	13.8%	14.5%	9.5%	14.5%	12.9%	1.9%	15%	9.5%	14.5%
Combustibles NC	1.8%	3.5%	3.3%	2.5%	1.8%	0.8%	2.3%	1.0%	44%	0.8%	3.5%
Verres	7.9%	8.2%	5.7%	5.1%	5.9%	6.3%	6.5%	1.2%	19%	5.1%	8.2%
Métaux	2.4%	6.6%	3.1%	3.8%	5.8%	5.6%	4.6%	1.7%	37%	2.4%	6.6%
Incombustibles NC	3.6%	4.7%	1.6%	2.3%	14.1%	3.9%	5.0%	4.6%	91%	1.6%	14.1%
Déchets spéciaux	1.1%	0.5%	0.6%	2.5%	2.3%	1.7%	1.4%	0.8%	58%	0.5%	2.5%
Fines < 20 mm	23.5%	22.6%	21.4%	29.0%	17.6%	22.1%	22.7%	3.7%	16%	17.6%	29.0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				
Total Déchets putrescibles*	60.4%	52.4%	53.8%	55.6%	50.8%	55.8%	54.8%	3.3%	6%		
Total Déchets non putrescibles	39.6%	47.6%	46.2%	44.4%	49.2%	44.2%	45.2%	3.3%	7%		

* On considère comme Déchets putrescibles les catégories : "Déchets fermentescibles", "Papiers", "Cartons", "Textiles Sanitaires" et 70% des "Fines < 20 mm"

Tableau 8 : Composition moyenne (en % sur sec) des OMr de la 1^{ère} campagne

Le Tableau 8 présente enfin 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 estimée à 70% environ (cf. Tableau 9 ci-dessous).

Part de fermentescibles dans les fines						
MONTREUIL	PANTIN	AULNAY	DRANCY	ROSNY	PARIS 19	Moyenne
82.3%	73.0%	69.5%	62.3%	52.9%	78.9%	69.8%

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

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

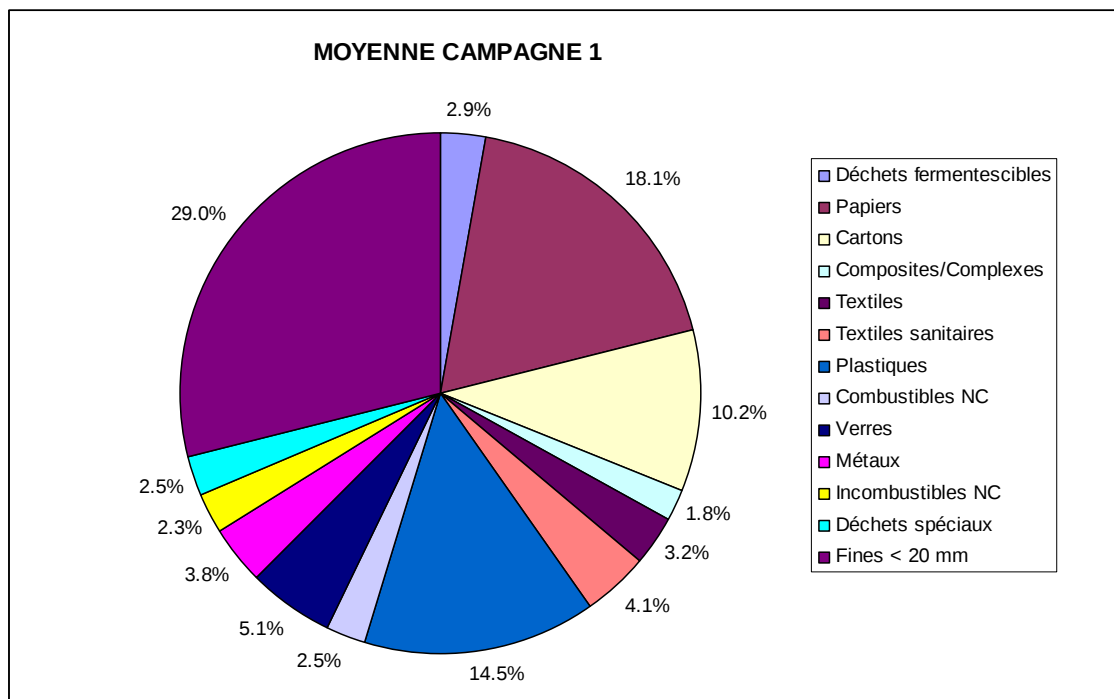


Figure 6 : Composition moyenne des OMr de la Campagne 1 (en % sur sec)

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 des valeurs moyennes d'humidité par catégorie déterminées par le CEMAGREF de Rennes dans le cadre d'études spécifiques (cf. Annexe 3), ainsi que la valeur de l'humidité globale des échantillons déterminée après le séchage en étuve à 70°C (cf. Tableau 2). On notera toutefois 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.

A noter que, dans le cadre de sa prochaine campagne nationale de caractérisation des ordures ménagères de 2007-2008 pour laquelle la méthode sur sec a été retenue, **l'ADEME a confié au CEMAGREF une étude visant à définir une matrice de correspondance permettant de passer de la composition sur sec à celle sur humide**. Les résultats de cette étude n'ont pour l'instant pas été rendus publics.

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 7.

Catégories	MONTREUIL % sur humide	PANTIN % sur humide	AULNAY % sur humide	DRANCY % sur humide	ROSNY % sur humide	PARIS 19 % sur humide	Moyennes % sur humide	Ecart-types % sur humide	Ecart-types % sur humide	Val min % sur humide	Val max % sur humide
Déchets fermentescibles	11.5%	7.5%	8.3%	5.9%	3.0%	10.3%	7.8%	3.1%	40%	3.0%	11.5%
Papiers	20.5%	14.4%	12.0%	15.7%	23.1%	12.9%	16.4%	4.4%	27%	12.0%	23.1%
Cartons	5.8%	5.7%	5.9%	8.2%	8.7%	9.5%	7.3%	1.7%	23%	5.7%	9.5%
Composites/Complexes	0.9%	1.3%	1.0%	1.6%	1.3%	1.3%	1.2%	0.2%	19%	0.9%	1.6%
Textiles	2.3%	2.1%	7.9%	2.7%	2.8%	2.5%	3.4%	2.2%	66%	2.1%	7.9%
Textiles sanitaires	11.0%	15.0%	22.6%	9.1%	6.5%	14.3%	13.1%	5.6%	43%	6.5%	22.6%
Plastiques	11.0%	12.7%	11.7%	13.7%	9.7%	12.7%	11.9%	1.4%	12%	9.7%	13.7%
Combustibles NC	1.4%	2.8%	2.2%	1.9%	1.4%	0.6%	1.7%	0.8%	44%	0.6%	2.8%
Verres	5.5%	5.9%	3.6%	3.6%	4.4%	4.1%	4.5%	1.0%	22%	3.6%	5.9%
Métaux	1.8%	5.0%	2.0%	2.8%	4.6%	3.8%	3.3%	1.3%	40%	1.8%	5.0%
Incombustibles NC	2.6%	3.5%	1.0%	1.6%	11.0%	2.6%	3.7%	3.6%	98%	1.0%	11.0%
Déchets spéciaux	0.8%	0.4%	0.4%	1.8%	1.8%	1.1%	1.0%	0.6%	61%	0.4%	1.8%
Fines < 20 mm	24.8%	23.7%	21.4%	31.5%	21.6%	24.4%	24.6%	3.7%	15%	21.4%	31.5%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				

Total Déchets putrescibles*	48.8%	42.6%	48.8%	38.8%	41.4%	47.0%	44.6%	4.2%	9%
Total Déchets non putrescibles	51.2%	57.4%	51.2%	61.2%	58.6%	53.0%	55.4%	4.2%	8%

* On considère comme Déchets putrescibles les catégories : "Déchets fermentescibles", "Papiers", "Cartons", "Textiles Sanitaires" et 70% des "Fines < 20 mm"

Tableau 10: Compositions des OMr de la 1^{ère} campagne, recalculées en % sur humide

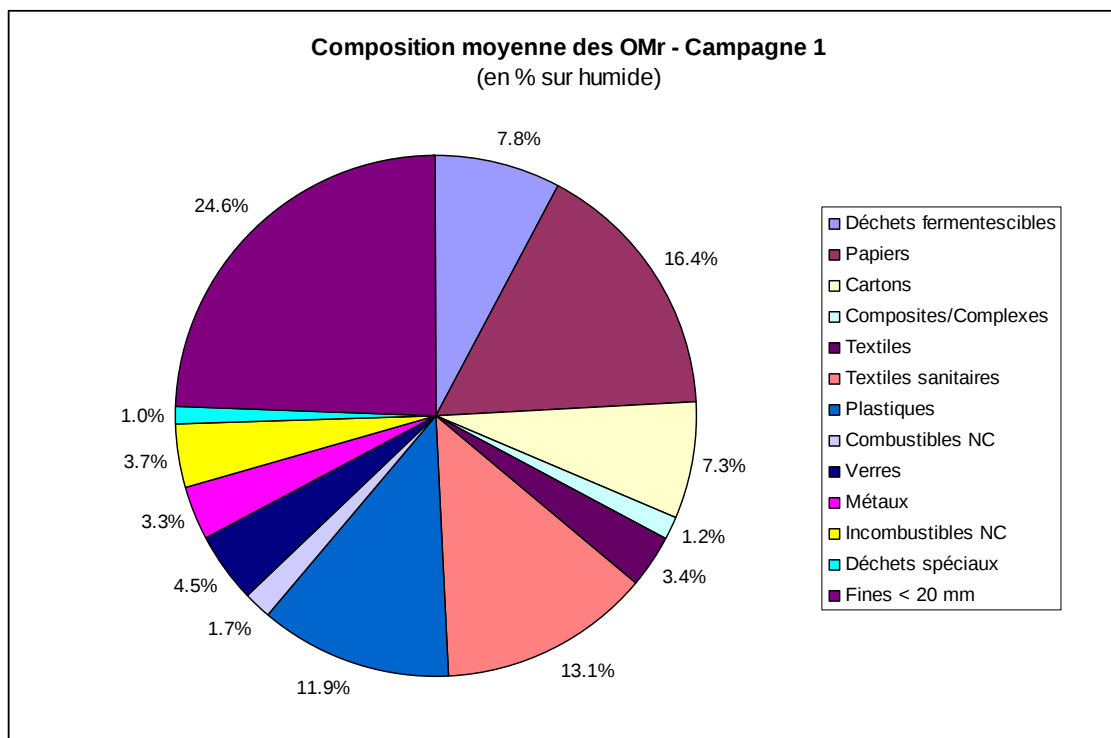


Figure 7 : Composition moyenne des OMr de la Campagne 1 (en % sur humide)

3.4.1. Répartition des catégories en fonction de la fraction granulométrique

Les graphiques suivants (Figure 8 à Figure 19) 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). Ils permettent de mettre en évidence que :

- Plus de 90% des fermentescibles ont une granulométrie inférieure à 50 mm avec près de 80% contenus dans la fraction < 20 mm.
- Les papiers sont essentiellement présents dans la fraction 100-350 mm (74% sur sec) ; il s'agit pour la plupart des journaux et des magazines. Par ailleurs, 93% ont une granulométrie comprise entre 50 et 350 mm.
- 24% des cartons ont une taille supérieure à 350 mm (et ont donc été comptés comme hétéroclites) ; il s'agit essentiellement de cartons ondulés type gros emballages. 55% sont compris dans la tranche 100-350 mm.

- Les composites sont essentiellement constitués des ELA de type Tetrapack. C'est la raison pour laquelle on les retrouve dans la tranche 100-350 mm pour 66% d'entre eux (ELA d'un litre ou plus) et dans la tranche 50-100 mm pour 32% (petits ELA type crème liquide).
- Fort logiquement, 91% des textiles ont une taille supérieure à 100 mm.
- Les textiles sanitaires sont pour leur part assez bien répartis, même si l'on note une prépondérance de la fraction 50-100 mm (48%) et dans une moindre mesure 100-350 mm (26%). Ces deux fractions sont essentiellement constituées des mêmes éléments, à savoir les couches culottes en majorité, « roulées et fermées » dans le premier cas, en « vrac » dans le second.
- Les plastiques sont présents à 56% dans la fraction 100-350 mm et à 29% dans la fraction 50-100 mm. Dans les deux cas il s'agit majoritairement des bouteilles et flacons plastiques, même si dans la fraction 100-350 mm on peut noter une part non négligeable de films (au demeurant assez peu pondéreux). Les films sont d'ailleurs les constituants majoritaires (voire les seuls) de la fraction >350 mm qui représente 5%.
- 48% des combustibles non classés se retrouvent dans la fraction >350 mm. Ce sont en général des éléments de type cagettes en bois ou fragments de boiserie (ameublement, etc.) Ces derniers composent également la grande majorité de la fraction 100-350 mm représentant 29% des combustibles.
- Le verre se montre assez largement réparti au sein des différentes fractions granulométriques. Les fractions les plus fines (<50 mm) représentant 56% du verre sont néanmoins constituées essentiellement de fragments issus de la casse des plus gros éléments.
- L'essentiel des métaux (65%) a une taille comprise entre 50 et 350 mm. On détermine néanmoins une part non négligeable (21%) de métaux >350 mm.
- Les incombustibles et les déchets spéciaux sont pour leur part assez bien répartis dans quasiment toutes les fractions granulométriques.

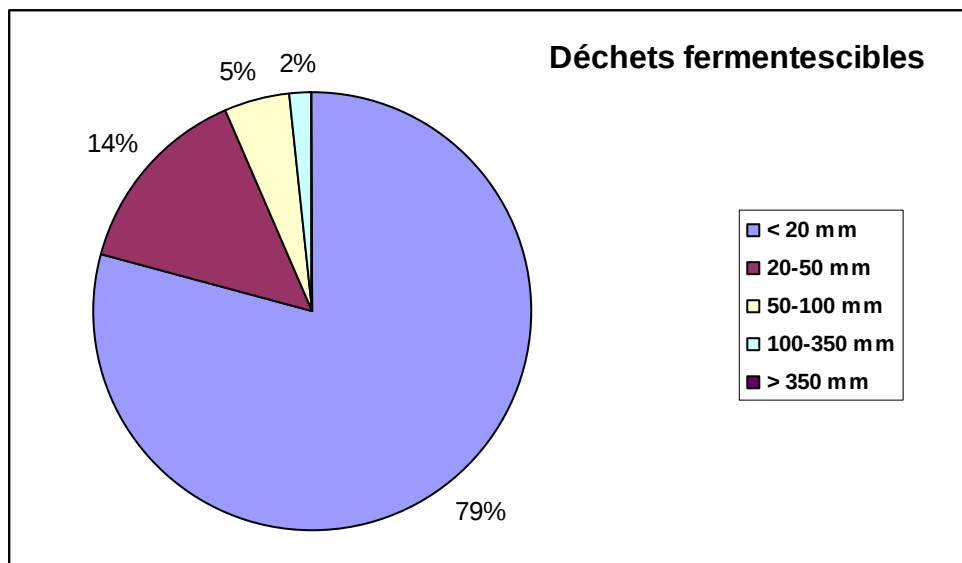


Figure 8 : Répartition des Fermentescibles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

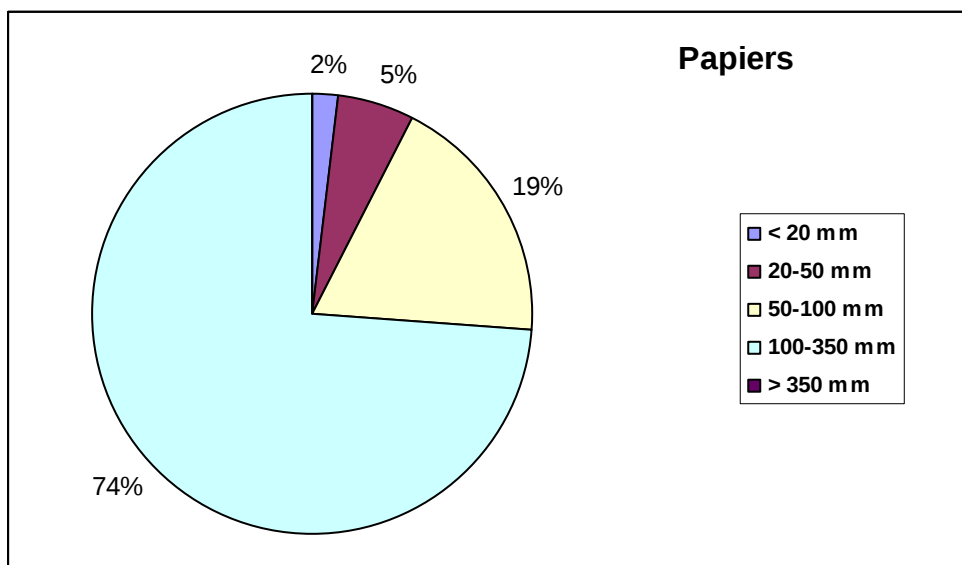


Figure 9 : Répartition des Papiers (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

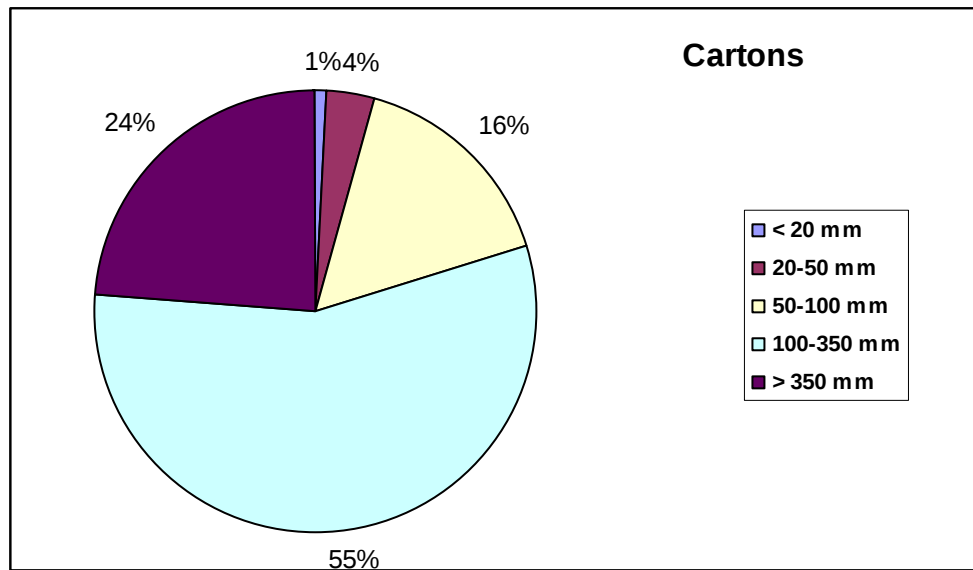


Figure 10 : Répartition des Cartons (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

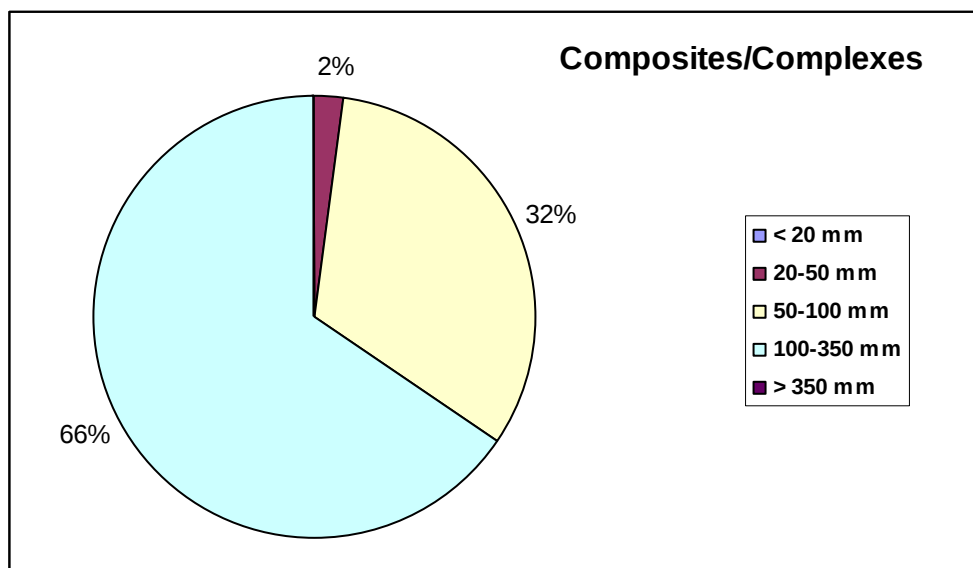


Figure 11 : Répartition des Composites (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

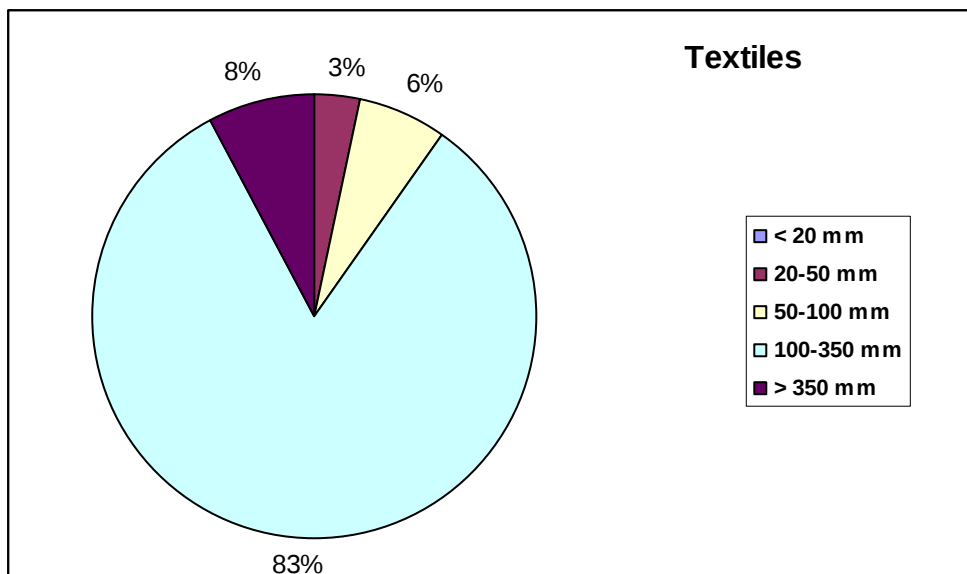


Figure 12 : Répartition des Textiles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

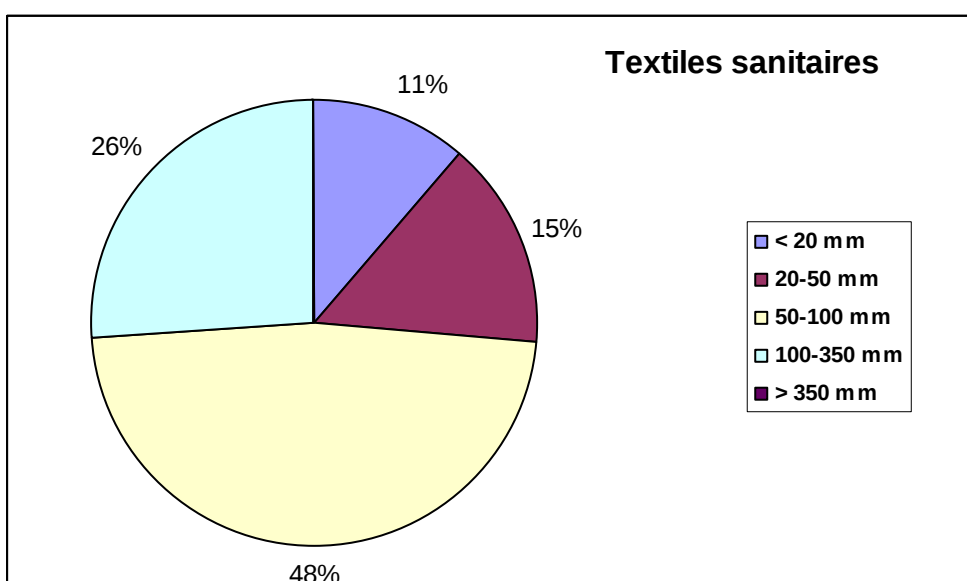


Figure 13 : Répartition des Textiles sanitaires (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

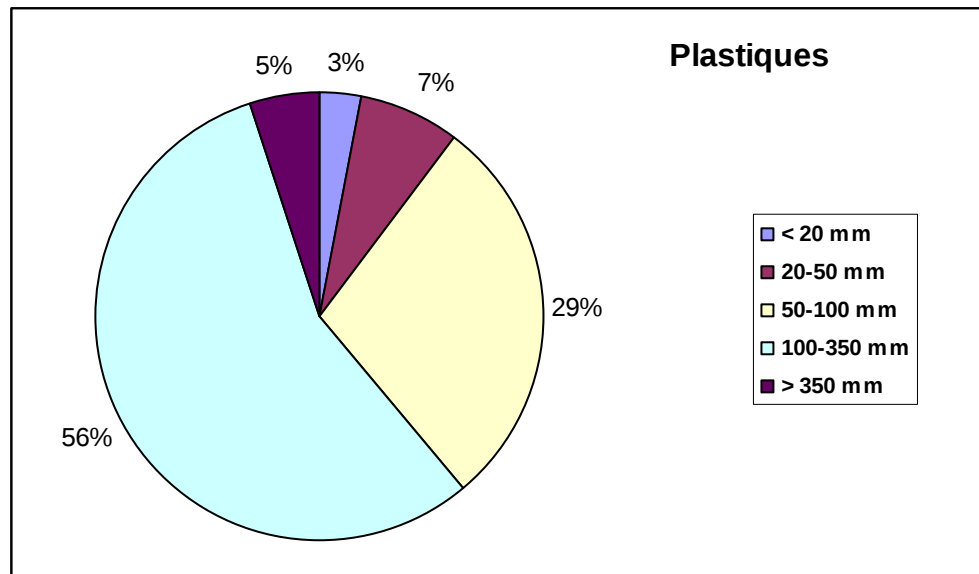


Figure 14 : Répartition des Plastiques (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

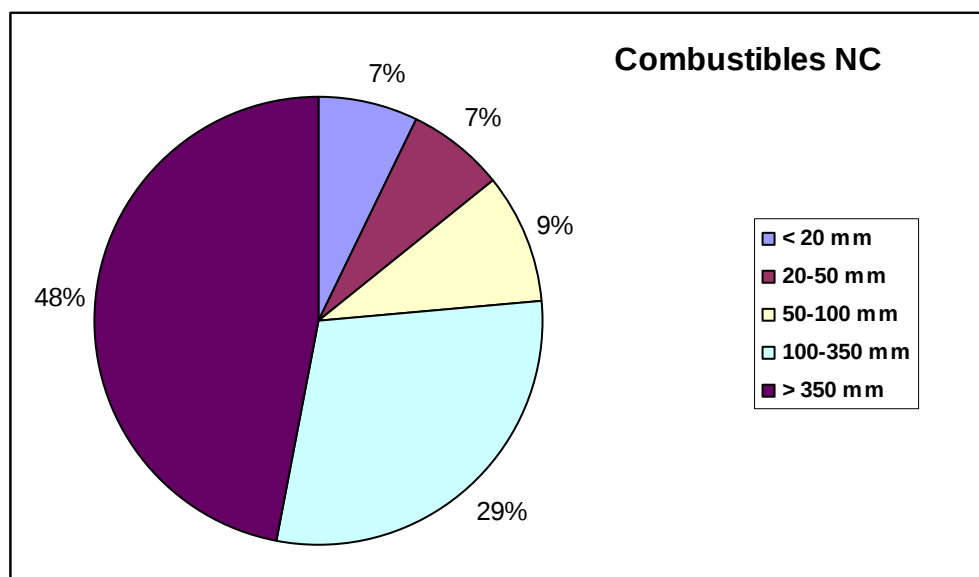


Figure 15 : Répartition des Combustibles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

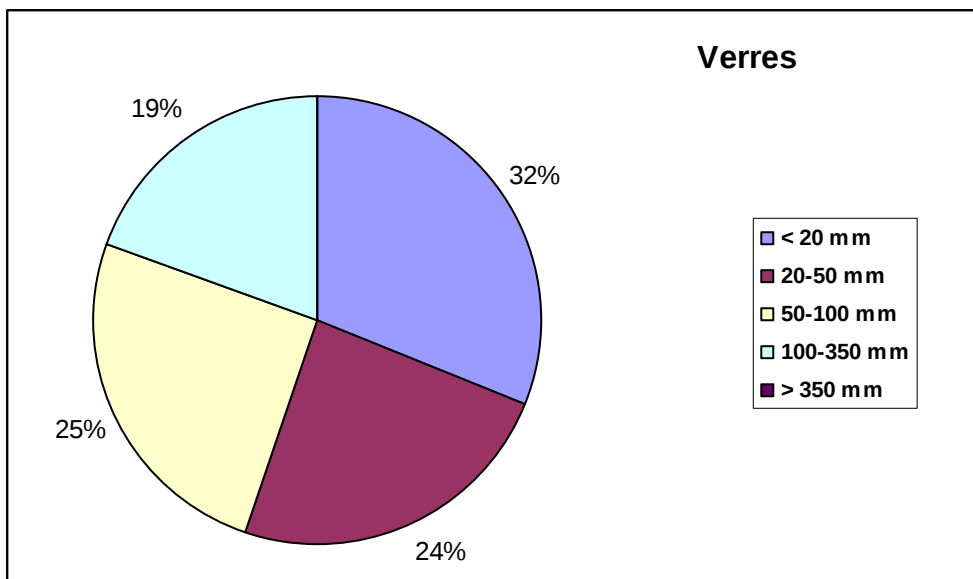


Figure 16 : Répartition du Verre (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

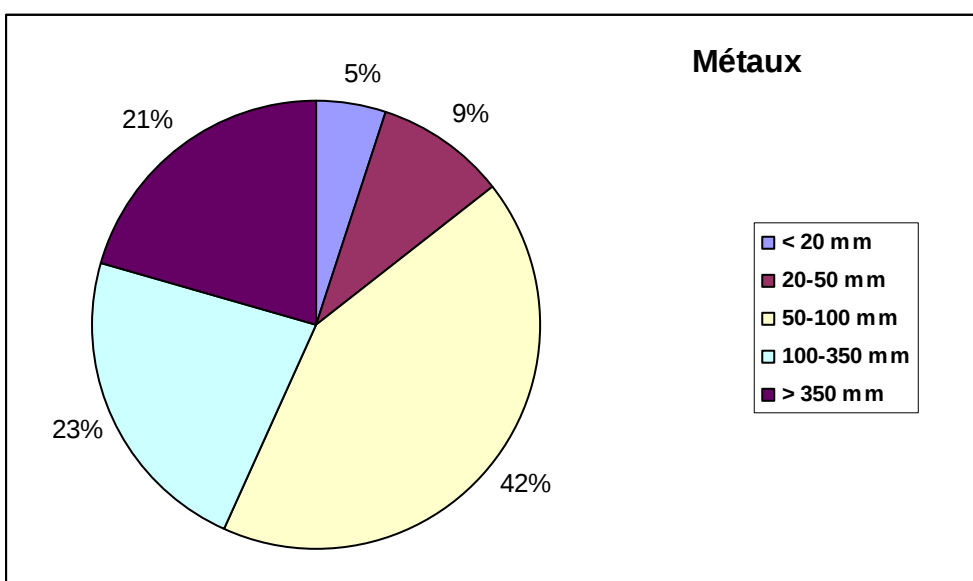


Figure 17 : Répartition des Métaux (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

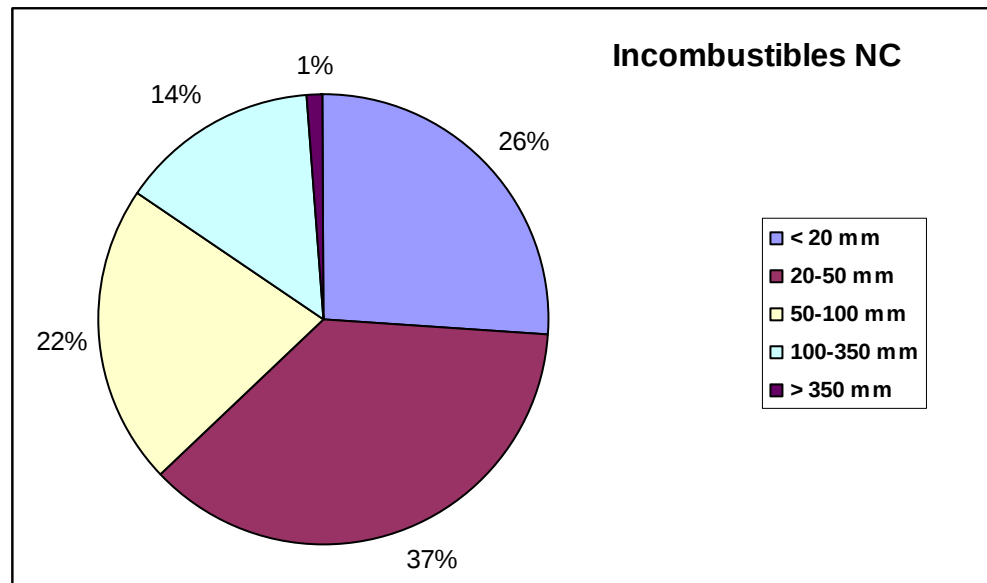


Figure 18 : Répartition des Incombustibles (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

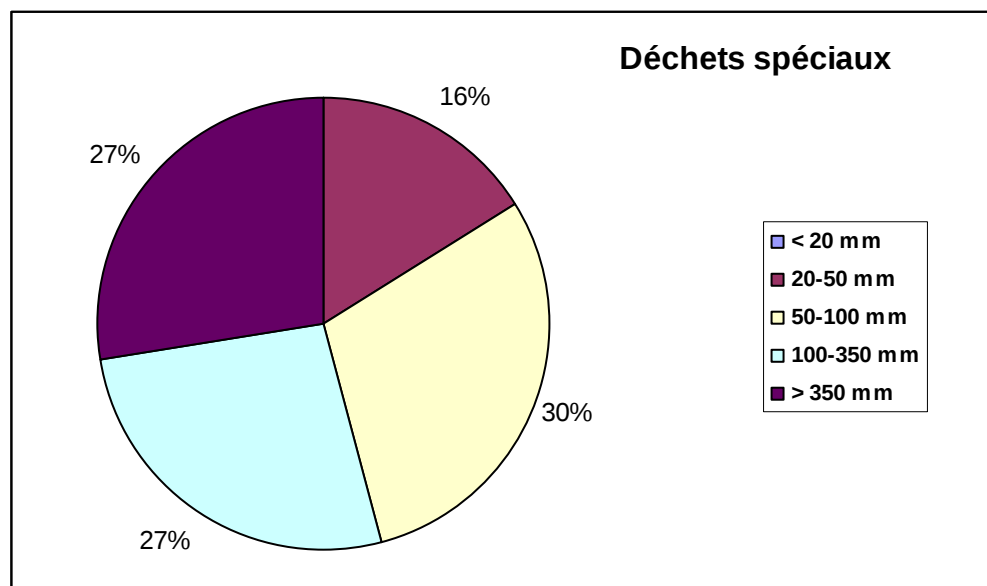


Figure 19 : Répartition des Déchets spéciaux (en % sur sec) en fonction de la fraction granulométrique

3.4.2. Composition moyenne des différentes fractions granulométriques

Les figures 20 à 24 suivantes présentent la composition (en % sur sec) de chacune des fractions granulométriques considérées. On peut ainsi remarquer que :

- La fraction <20 mm est composée essentiellement de déchets fermentescibles qui représentent environ 69%. On y trouve également une proportion non négligeable de verre (13% environ) et d'incombustibles (un peu plus de 8%).
- La fraction 20-50 mm est composée principalement de déchets fermentescibles (22.7%), d'incombustibles non classés (21%) et de verre (environ 19%), le tout représentant près des 2/3 du total. Les autres catégories les plus représentées sont les textiles sanitaires et le papier (9% environ), ainsi que les plastiques (un peu moins de 8%).
- Un peu moins de 50% (47.9% exactement) de la fraction 50-100 mm sont constitués des plastiques, des papiers et des textiles sanitaires, dans des proportions comparables (environ 16%). Le reste des catégories les plus représentées est constitué des combustibles et du verre (10.5% chacun) et des métaux pour un peu moins de 9%.
- L'essentiel (69%) de la fraction 100-350 mm est constitué de papiers (37%), de plastiques (19%) et de cartons (13%).
- La fraction >350 mm est quant à elle composée à plus de 90% essentiellement de cartons (représentant plus de 37%), de métaux (17% environ) et de combustibles non classés (majoritairement des caquettes bois, environ 20%), de plastiques surtout sous forme de films (11%) et dans une moindre mesure de textiles (un peu plus de 5%).

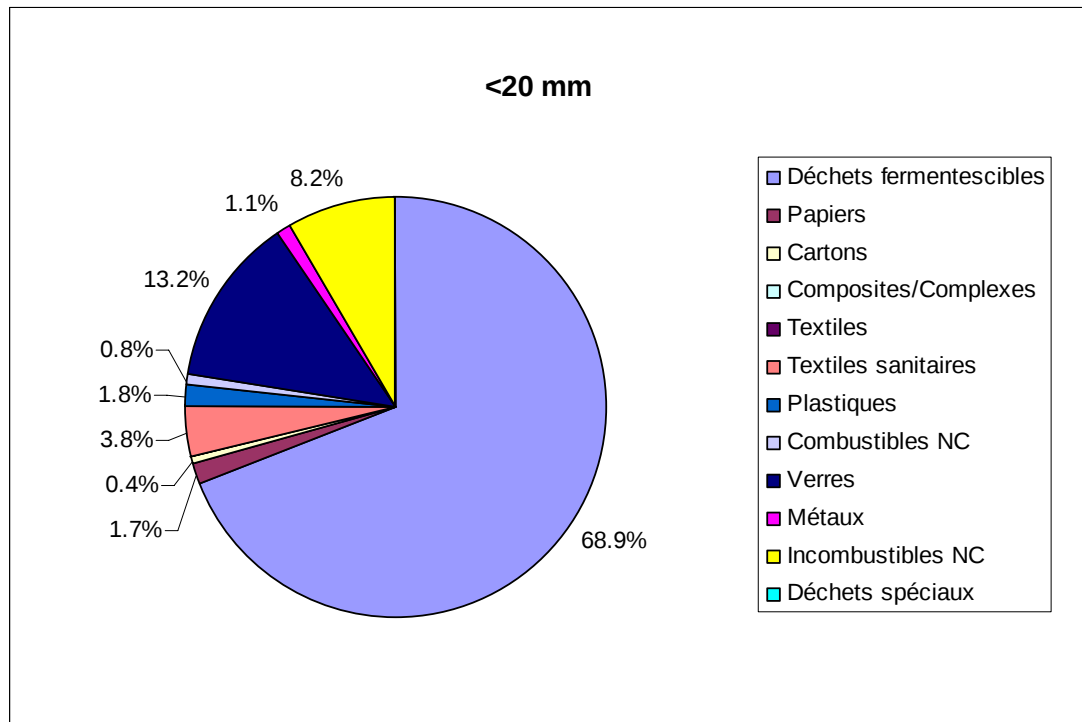


Figure 20 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction <20 mm

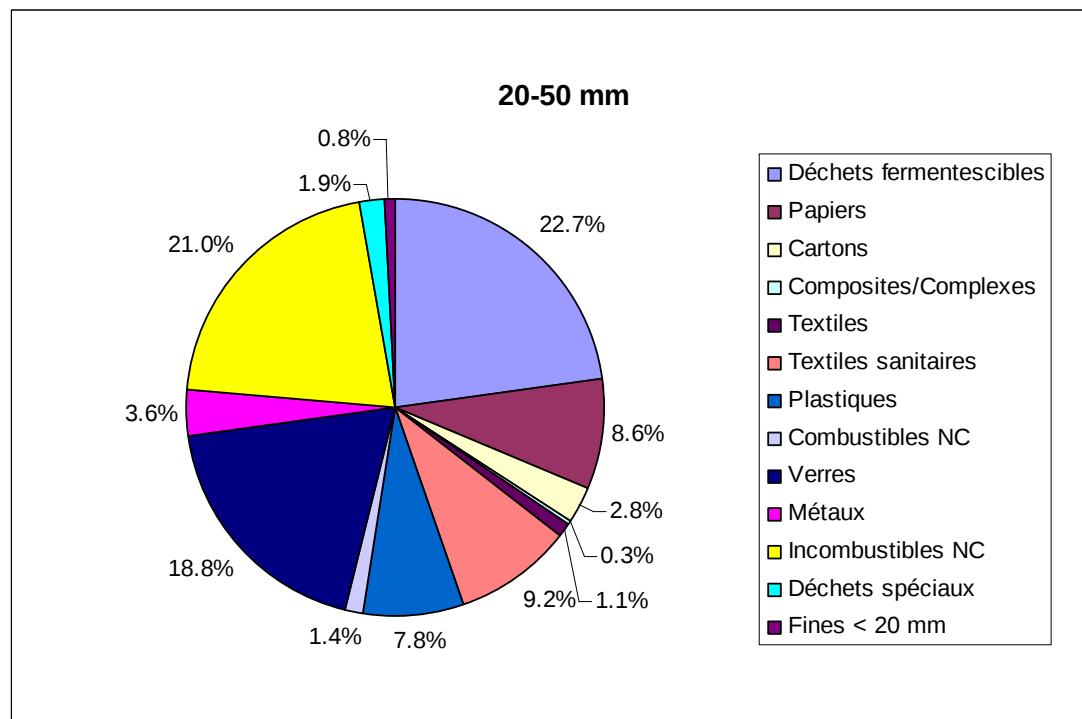


Figure 21 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction 20-50 mm

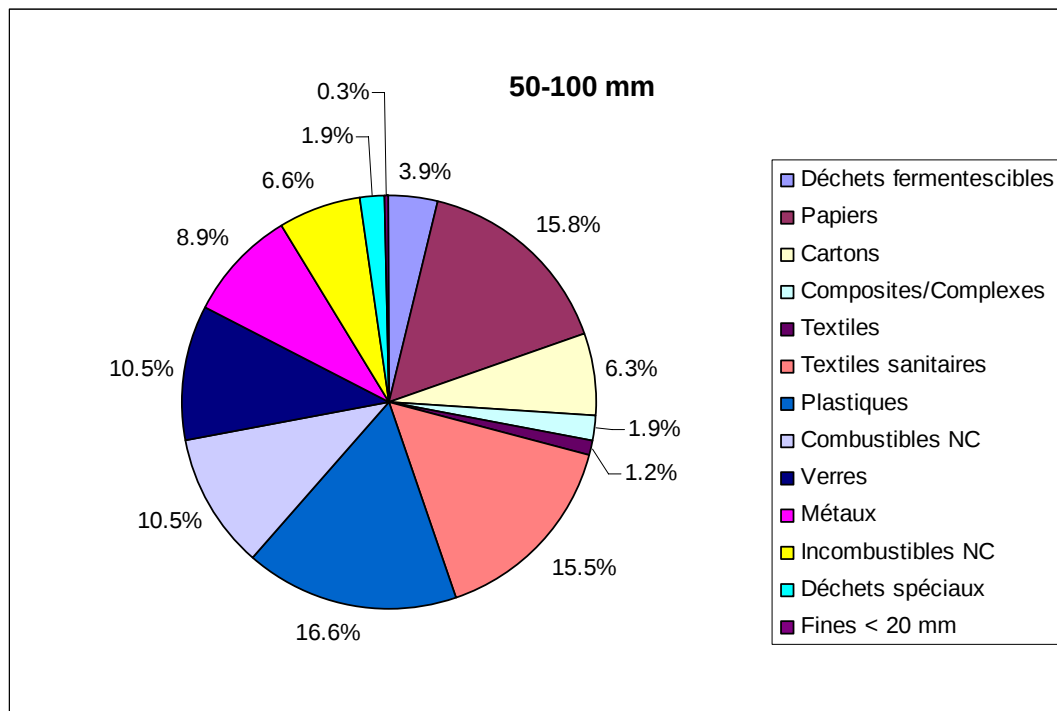


Figure 22 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction 50-100 mm

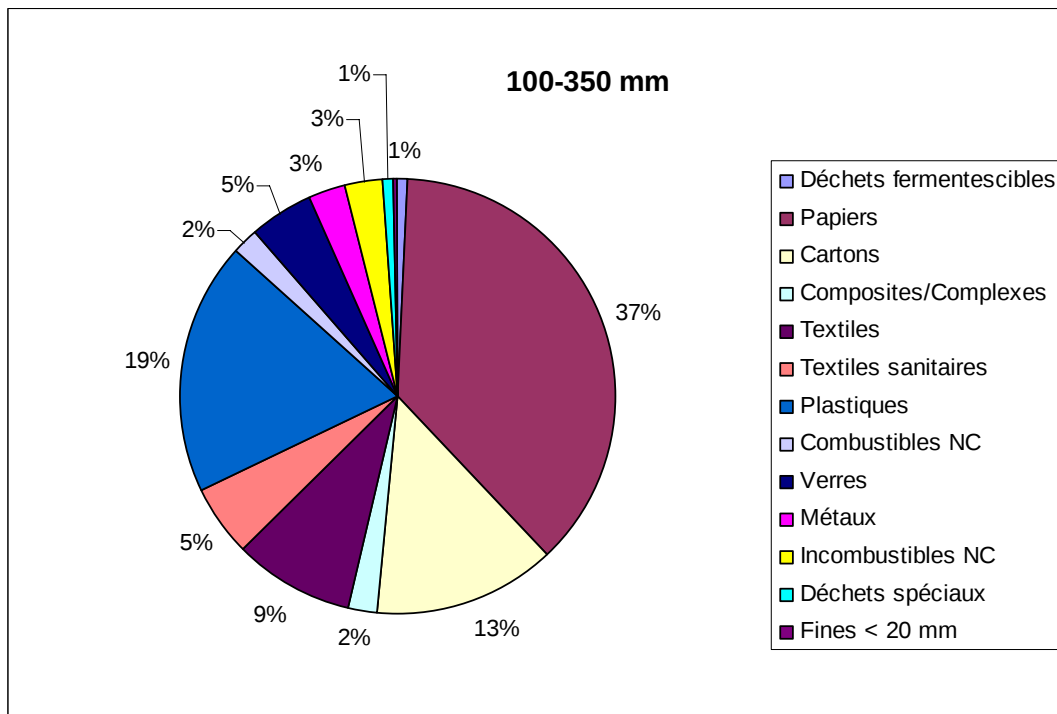


Figure 23 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction 100-350 mm

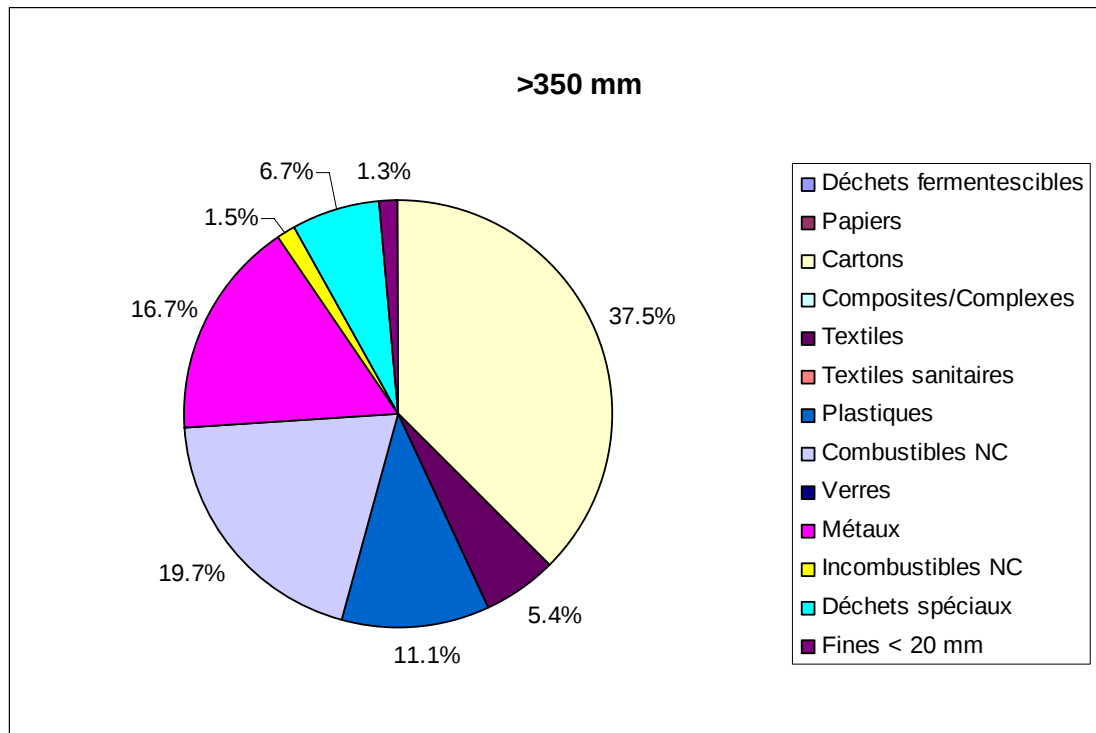


Figure 24 : Composition moyenne (en % sur sec) de la fraction >350 mm

4. Analyses

4.1. INTRODUCTION

Des analyses ont été menées sur quatre groupes d'échantillons :

- sur des échantillons bruts et humides pour les analyses de détermination de la présence éventuelle de salmonelles,
- sur des échantillons triés, séchés et reconstitués pour :
 - ✓ les analyses dites « élémentaires », correspondant à des analyses physico-chimiques,
 - ✓ les analyses de détermination du pouvoir calorifique,
 - ✓ les analyses de détermination du potentiel méthanogène des déchets.

Les analyses ne concernent pas les déchets dont la fraction granulométrique est supérieure à 350 mm.

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

Tableau 11 : Liste des prestataires en charge de la réalisation des analyses

Le laboratoire SOCOR est basé à DOUAI (59) tandis que les locaux de la société ARIA ENERGIES sont situés à TOULOUSE (31).

¹ Le laboratoire SANTE ENVIRONNEMENT HYGIENE DE LYON est le successeur pour les analyses physico-chimiques, biologiques et pour les analyses d'amiante de l'institut de Bactériologie de Lyon et du Sud-Est fondé en 1899 et qui prit en 1954 le nom d'**INSTITUT PASTEUR DE LYON et du SUD-EST**, puis celui d'**INSTITUT PASTEUR DE LYON**.

4.2. PREPARATION DES ECHANTILLONS POUR ANALYSES

4.2.1. Préparation des échantillons du groupe 1 (salmonelles)

Les échantillons du groupe 1 (pour la détermination des salmonelles) ont été prélevés sur chaque échantillon primaire après l'étape de quartage. Les prélèvements se sont déroulés sur le site de Romainville. Chaque prélèvement a été constitué à partir de l'échantillon préparé pour le séchage et le tri (cf. Figure 25).

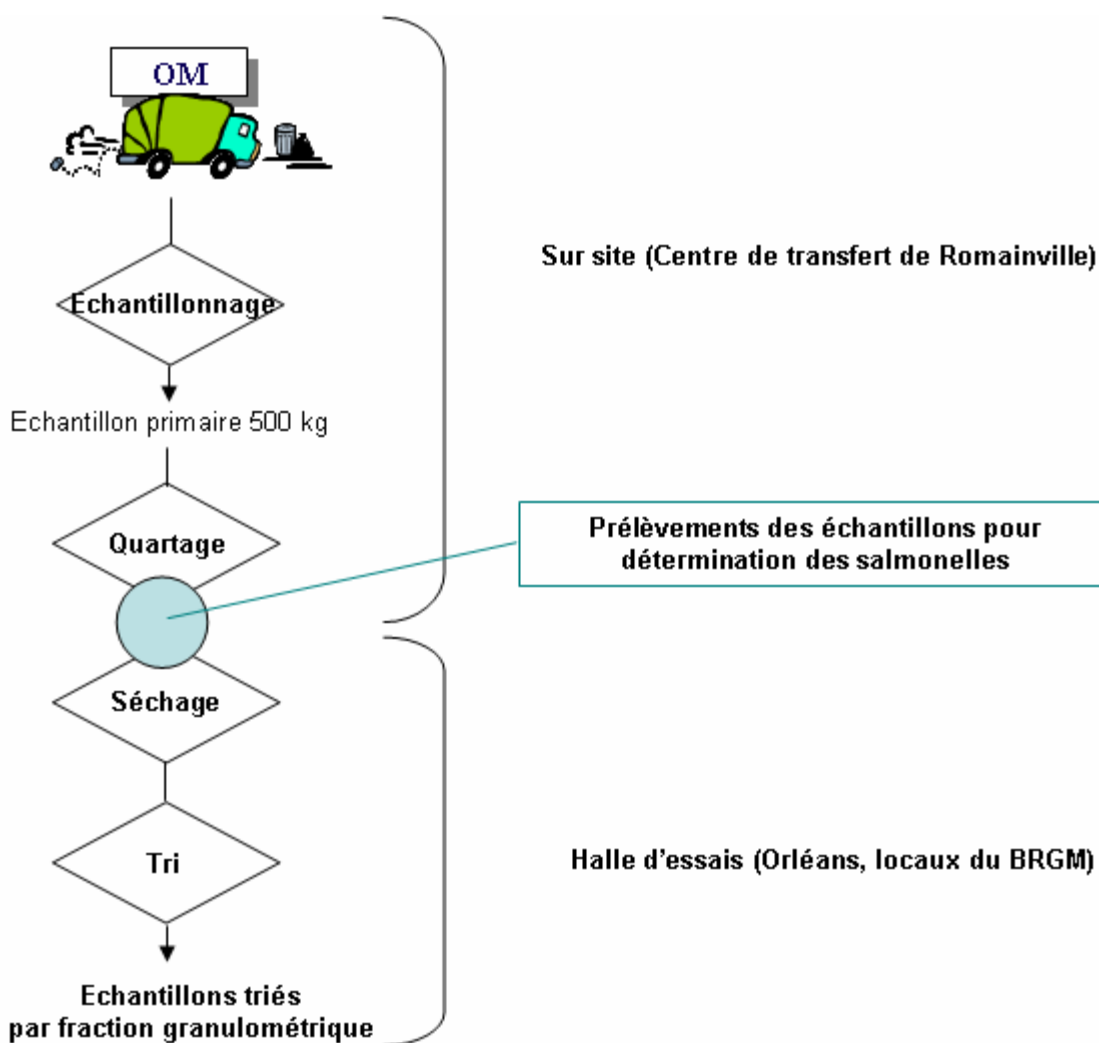


Figure 25 : Situation de l'étape de prélèvement des échantillons du groupe 1

Chaque prélèvement a consisté à prendre une quantité d'environ 500 g à 1 kg de déchets placés dans des bidons en polyéthylène de 2 L préalablement nettoyés à l'eau de javel (opération réalisée la veille des prélèvements sur site).

Vu l'objectif des analyses à mener sur ces prélèvements, certaines catégories de déchets ont été volontairement écartées : verre, métal et déchets spéciaux. La probabilité de détecter la présence de salmonelles sur ces catégories est, par expérience, quasi-nulle.

Les catégories retenues sont les suivantes :

- Déchets fermentescibles,
- Papiers,
- Cartons,
- Composites,
- Textiles,
- Textiles sanitaires.
- Plastiques.

La catégorie « déchets fermentescibles » présentent une probabilité élevée de présence de salmonelles.

Une attention particulière a été donnée au **caractère aléatoire** des déchets pris pour constituer ce prélèvement. Toutefois, devant la très faible masse prélevée, il apparaît inopportun d'évoquer la notion de « représentativité » pour ces prélèvements.

Une fois remplis, les bidons ont été placés dans des glacières dont la température est maintenue à environ 4 à 5 °C par des blocs de glace.

Ils ont alors été envoyés au laboratoire SOCOR pour traitement (reconditionnement en glacières pour maintenir la température au niveau 4 – 5 °C durant leur transport vers le laboratoire de biochimie) et analyse.

Un échantillon par prélèvement élémentaire a été effectué.

➔ Un nombre total de 6 échantillons ont été prélevés pour analyse.

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

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

Une fois les opérations de séchage et de tri réalisés pour l'ensemble des 6 échantillons primaires, des échantillons secondaires ont été constitués.

Le synoptique global des opérations d'échantillonnage et de préparation des échantillons pour analyses est exposé en Figure 26.

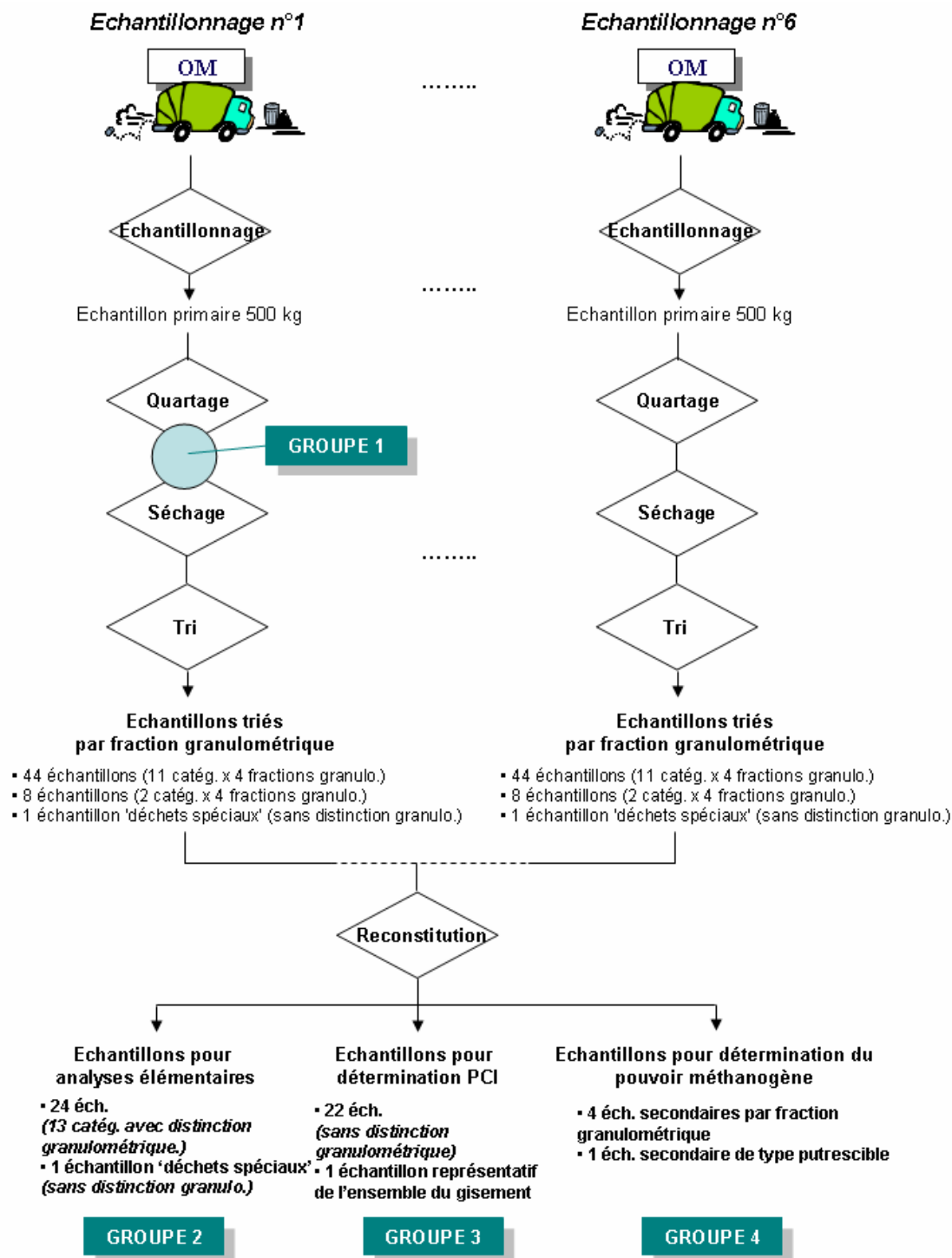


Figure 26 : Synoptique des opérations d'échantillonnage et de préparation des échantillons pour analyses

L'objectif a été de constituer un échantillon secondaire pour chacune des 4 fractions granulométriques de chaque catégorie (hormis la fraction supérieure à 350 mm) ; cet échantillon a été formé selon la répartition pondérale de chacune des sous-catégories concernées.

Ainsi, par exemple, l'échantillon correspondant à la catégorie « Fermentescibles - Fraction granulométrique 100-350 mm », a été constitué sur la base de la répartition pondérale obtenue à partir des 6 échantillons primaires séchés pour chacune des sous-catégories 'déchets alimentaires', 'déchets de jardin', 'déchets de jardin non ligneux' (cf. Tableau 12).

Dans l'exemple donné sur le Tableau 12, l'échantillon reconstitué dénommé « Fermentescibles 50-100 mm » se compose à 97 % de 'déchets alimentaires', à 2 % de 'déchets de jardin' et à 1 % de 'déchets de jardin non ligneux'.

Catégorie : Fermentescibles								
Fraction : 50 - 100 mm								
Résultats du TRI	Montreuil	Pantin	Aulnay	Drancy	Rosny	Paris 19	Echantillon reconstitué	%
Alimentaires	801 g	233 g	218 g	243 g	112 g	160 g	1,767 g	97%
Jardin ligneux	-	-	-	-	-	32 g	32 g	2%
Jardin non ligneux	11 g	-	-	5 g	-	-	16 g	1%
Total	812 g	233 g	218 g	248 g	112 g	192 g	1,815 g	100%

Tableau 12 : Exemple n°1 pour la reconstitution des échantillons : résultats du tri et composition pondérale (%) de la fraction 50 - 100 mm de la catégorie Fermentescibles.

De la même façon, pour reconstituer un échantillon secondaire d'une catégorie donnée sans distinction granulométrique, la reconstitution a été menée en conservant la répartition pondérale issue de chacune des fractions granulométriques, comme montré dans le Tableau 13.

Dans cet exemple, l'échantillon secondaire dénommé « Fermentescibles » est composé à 80 % de déchets provenant de la fraction inférieure à 20 mm, 14 % de déchets issus de la fraction 20-50 mm, 4 % de déchets issus de la fraction 50-100 mm et 2 % de déchets issus de la fraction 100-350 mm.

Catégories	OMr				
	< 20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	> 350 mm
Déchets fermentescibles					
Montreuil	76%	16%	8%	0%	
Pantin	80%	16%	4%	0%	
Aulnay	76%	14%	4%	6%	
Drancy	86%	8%	4%	2%	
Rosny	87%	10%	4%	0%	
Paris	76%	18%	3%	3%	
Moyenne	80%	14%	4%	2%	

Tableau 13 : Exemple n°2 pour la reconstitution des échantillons : composition pondérale (%) de l'échantillon secondaire « Fermentescibles sans distinction granulométrique ».

4.2.3. Liste des échantillons pour analyses

Les étapes de prélèvement sur site (salmonelles) et celles relatives à la constitution des échantillons secondaires qui se sont déroulées dans nos locaux à Orléans ont permis de former un nombre d'échantillons indiqué dans le Tableau 14.

La liste détaillée est présentée en Annexes.

Groupes d'échantillons	Types d'analyses	Nombre d'échantillons
Groupe 1 : Echantillons bruts et humides	Analyse des salmonelles	6
Groupe 2 : Echantillons reconstitués	Analyses élémentaires physico-chimiques	25
Groupe 3 : Echantillons reconstitués	Détermination du PCI	23
Groupe 4 : Echantillons reconstitués	Détermination du potentiel méthanogène	5
TOTAL		59 échantillons

Tableau 14 : Liste des échantillons préparés pour analyses

L'ensemble des fractions granulométriques n'a pas été préparées pour analyses car la composition chimique de certaines catégories peut demeurer identique voire être très voisine pour des fractions granulométriques différentes.

C'est le cas, à titre d'exemple, de la fraction granulométrique 50 – 100 mm pour la catégorie CARTONS. La composition chimique de la catégorie CARTONS 100 – 350 mm sera prise pour référence en termes de composition chimique.

En ce qui concerne les échantillons reconstitués pour la **détermination du pouvoir calorifique**, 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 les analyses expérimentales sur plusieurs échantillons des catégories où il est le plus potentiellement variable, à savoir composites, textiles et combustibles.

Les catégories COMPOSITES et TEXTILES ont été répétées à cinq reprises tandis que la catégorie COMBUSTIBLES à trois reprises (l'objectif était de 5 répétitions mais il a manqué de la matière pour constituer les échantillons).

Ces répétitions ont permis d'obtenir une tendance sur l'estimation de la variance des résultats obtenus.

4.2.4. Problème rencontré et solution préconisée

Lors de l'étape de reconstitution des échantillons, nous avons été confrontés au manque de matière pour former l'ensemble des échantillons secondaires initialement prévus.

Sans remettre en cause la méthode d'échantillonnage (et notamment l'étape de quartage permettant de réduire la masse initiale de l'échantillon primaire de 500 kg en un échantillon de masse réduite propice à un gain de temps important pour les opérations de tri et d'améliorer la précision des résultats de tri), l'une des solutions serait de prélever aux côtés de l'échantillon quarté un échantillon supplémentaire de masse moins importante.

Cet échantillon « complémentaire » serait prélevé de manière tout aussi représentative que l'échantillon destiné au tri. Il serait envoyé à l'étape de séchage et, en revanche, ne serait pas trié. Il servirait à alimenter la constitution d'un échantillon secondaire global.

4.3. PREPARATION DES ECHANTILLONS POUR ANALYSES ELEMENTAIRES (LABORATOIRES)

4.3.1. Préparation des échantillons (groupe 2 et 3)

Au laboratoire, les échantillons ont été préparés par broyage et homogénéisation préalable. Un broyeur déchiqueteur semi-industriel permettant de déchiqueter la totalité des catégories à l'exception des fractions métalliques a été utilisé. Ces dernières ont été préparées par limage et homogénéisation.

En complément, un broyeur à marteau pour le broyage fin des déchets. La granulométrie des poudres d'échantillon a été de 200 à 250 µm.

L'ensemble de l'équipement analytique nécessaire a été mis à disposition : appareillage pour les analyses thermiques, colorimètres, chromatographes, spectromètres et extracteur ASE Dionex pour l'extraction des polluants organiques.

4.3.2. Références normatives

Les analyses ont été menées selon les dernières normes en vigueur. Les références qui seront prises en compte sont présentées en Annexes.

4.3.3. Déchets spéciaux

Les analyses sur les déchets spéciaux ont concerné uniquement les paramètres relatifs au comportement à l'incinération. Pour cette catégorie, les analyses se sont déroulées sur des échantillons sans distinction granulométrique.

4.3.4. Détail des protocoles d'analyses

Le détail des modes opératoires appliqués sont présentés en Annexes du présent document.

4.4. RESULTATS DES ANALYSES DE SALMONELLES

Les analyses de dénombrement des salmonelles sur les échantillons de déchets bruts préparés comme décrit au paragraphe précédent ont été menées selon la norme NF EN ISO 6579. Conformément à cette norme, les analyses ont porté sur une masse de 25 grammes de matière brute.

Les résultats sont exposés dans le Tableau 15 suivant.

Secteurs d'origine des échantillons	Résultats des analyses de dénombrement des salmonelles
Montreuil	Absence
Pantin	Absence
Aulnay	Présence
Drancy	Absence
Rosny	Absence
Paris 19	Absence

Tableau 15 : Résultats des analyses de dénombrement des salmonelles

Rappel bibliographique :

Les salmonelles sont des entérobactéries du genre *Salmonella*. Leur caractère bactériologique montre que ce sont des entérobactéries bacilles à Gram négatifs, mobiles, à forte contagiosité, responsables de gastro-entérites, toxi-infections alimentaires et des fièvres typhoïde et paratyphoïde.

En termes d'habitat, les salmonelles peuvent survivre plusieurs semaines en milieu sec et plusieurs mois dans l'eau. Elles se retrouvent fréquemment dans les milieux aquatiques pollués, la contamination par les excréments d'animaux porteurs étant très importante. Les vertébrés aquatiques, notamment les oiseaux et les reptiles sont d'importants vecteurs de salmonelles. Les volailles, les bovins et les ovins étant des animaux fréquemment contaminants, les salmonelles peuvent se retrouver dans les aliments (notamment les viandes et les œufs crus).

Un seul des 6 échantillons étudiés montre la présence de salmonelles. Il s'agit de l'échantillon prélevé sur les OMr du secteur d'Aulnay sous Bois.

Le protocole détaillé d'analyse utilisé par le LSEHL est conforme à la norme NF EN ISO 6579. Cette norme internationale spécifie une **méthode horizontale de recherche des Salmonella, incluant Salmonella Typhi et Salmonella Paratyphi**. Elle est applicable aux produits destinés à la consommation humaine ou à l'alimentation animale.

Son protocole détaillé est le suivant : après préparation de l'échantillon, une prise d'essai est placée dans un pot stérile, ajout de 225 ml d'eau peptonnée et tamponnée, agitation pour faire passer la flore microbienne de l'échantillon dans la solution peptonnée. Après une étape de pré-enrichissement et d'enrichissement puis d'isolement, la présence de salmonelles est réalisée conformément à la norme NF EN ISO 6579.

4.5. RESULTATS DES ANALYSES ELEMENTAIRES

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

4.5.1. Quelques éléments de rappel bibliographiques et compléments

Rapport C/N

Le rapport C/N (carbone/azote) est un indicateur du potentiel humique du produit, c'est à dire de la proportion d'humus stable qui se forme dans le sol après décomposition de la matière organique. Il exprime le degré de minéralisation d'un produit.

Plus le rapport C/N d'un produit est élevé (> 25), plus il se dégrade lentement dans le sol (la minéralisation est lente) et plus il fournit de l'humus stable. Un rapport C/N trop faible (inférieur à 15) conduit à des pertes d'azote car la vitesse de minéralisation est alors rapide.

On admet que la vitesse de minéralisation a son maximum pour un rapport C/N voisin de 10.

Rapport C/P : indicateur complémentaire

Le phosphore est essentiel aux réactions énergétiques des micro-organismes (puisque'il entre dans la composition de l'Adénosine Tri-Phosphate). Il entre également dans la composition de nombreuses autres macro-molécules.

Un rapport C/P de la matière à composter voisin de celui de la microflore (75 à 150) conduit à une dégradation plus rapide de la matière organique et à une plus grande production d'humus.

4.5.2. Composition chimique moyenne par catégorie

Cette partie présente en détail la composition chimique de chacune des 12 catégories de déchets suivantes (entre parenthèses, il est précisé le nombre d'échantillons analysés par catégorie) :

- Fermentescibles (3),
- Papiers (3),
- Cartons (2),
- Composites (2),
- Textiles (1),
- Textiles sanitaires (2),
- Plastiques (4),
- Combustibles NC (3),
- Verre (1),
- Incombustibles NC (1),
- Déchets spéciaux (1),
- Métaux (2).

a) Catégorie *FERMENTESCIBLES*

Cette catégorie correspond aux déchets alimentaires et aux déchets de jardin ligneux et non ligneux. Elle représente, en moyenne sur la campagne **7,8 % $\pm$ 3,1** de la masse humide des déchets étudiés.

Les analyses ont été réalisées sur trois fractions granulométriques : 20-50 ; 50-100 et 100-350 mm.

Les résultats des analyses sont présentés sur le Tableau 16.

	Unités	Ferment. 20-50 mm	Ferment. 50 - 100 mm	Ferment. 100 - 350 mm	Moyenne catégorie Fermentescibles	Ecart-type catégorie
Comportement à l'incinération						
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	87.20	87.70	92.40	89.10	2.9
Cendres	% (MS)	11.50	11.80	7.30	10.20	2.5
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	4278	4398	4,246	4,307	80.1
Potentiel Valorisation Matière						
Matière sèche (recalculée)	%	-	-	-	34.1	2.2
Matière organique	% (MS)	87.2	87.7	92.4	89.1	2.9
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	-	-	-	29.9	-
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	20 900	27 100	18 100	22 033	4605.8
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	4 300	5 300	2 500	4 033	1418.9
Potassium (K)	mg/kg (MS)	10 000	5 700	7 800	7 833	2150.2
Carbone total	% (MS)	47.9	47.3	47.0	47.4	0.5
Rapport C/N	-	23	18	26	22.1	4.3
Autres composants						
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5	< 0.5	0.541	< 0.5	0.02
Bore	mg/kg (MS)	< 1.0	89	1	30.3	-
Chlore	% (MS)	0.78	1.92	0.25	1.0	-
Fluor	% (MS)	0.0040	0.0029	0.0034	0.0	0.00
Soufre	% (MS)	0.18	0.16	0.10	0.15	0.04
Hydrogène	% (MS)	6.2	6.5	6.2	6.3	0.18
Rapport C/H	-	-	-	-	-	-
Eléments majeurs						
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	20,000	9,700	3 900	11 200	8 154
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	6,900	14,000	580	7 160	6 714
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	2,000	970	1 500	1 490	515
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	11,000	5,100	16 000	10 700	5 456
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	2,500	16,000	1 200	6 567	8 195
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	700	120	180	333	319
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	1,700	1,200	470	1 123	619
Métaux et éléments mineurs						
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	0.4	< 0.1	< 0.1	< 0.2	0.2
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	< 1	< 1	-
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	9	3	40	17.3	19.9
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	18	8	23	16.3	7.6
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	5	3	18	8.7	8.1
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	21	12	11	14.7	5.5
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	86	41	39	55.3	26.6
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	63	82	23	56.0	30.1
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	6	13	< 1	< 6.7	6.0
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	4	< 2	-
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	< 1	< 1	-
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	41	61	17	39.7	22.0
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	1	1	2	1.3	0.6
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	< 1	2	< 1	< 1	-
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	1.1	0.5	2.8	1.5	1.2
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-	-	-	-	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-	-	-	-	-
PCB						
PCB	mg/kg (MS)	< 0.4	< 0.3	< 0.3	< 0.33	< 0.06
HAP						
Fluoranthène	mg/kg (MS)	0.6	< 0.1	< 0.1	< 0.27	< 0.3
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.0
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.0

Tableau 16 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Fermentescibles »

Analyse des résultats

➤ ***Comportement à l'incinération et potentiel de valorisation matière : des résultats similaires quelque soit la fraction granulométrique***

Les valeurs de **perte au feu**, **taux de cendres** et **PCI sur sec** sont équivalentes quelque soit la fraction granulométrique considérée.

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

Le rapport C/N varie entre **17,5** (fraction 50-100 mm), **23** (20-50 mm) et **26** (fraction 100-350 mm).

Les valeurs du rapport C/P sont les suivantes :

<i>Fraction granulométrique</i>	<i>Rapport C/P</i>
20-50 mm	119
50-100 mm	89
100-350 mm	188

➤ ***Autres composants : teneurs en bore et en chlore***

Présence de bore sur la fraction 50-100 mm

La présence de bore a été majoritairement observée dans la fraction 50-100 mm : le résultat montre sa présence à hauteur de 89 mg.kg⁻¹ de MS. Les deux autres fractions montrent de très faibles quantités, inférieures à 1 mg.kg⁻¹ de MS.

Il est difficile d'expliquer l'origine de la présence de bore en relative grande quantité sur cette fraction : rappelons que la fraction granulométrique 50-100 mm est composée majoritairement de déchets alimentaires (à 97%) et seulement à 3% de déchets verts.

Le bore, en tant qu'unique élément non métallique des six oligoéléments essentiels à la croissance des végétaux (aux côtés du Cuivre, Fer, Manganèse, Molybdène et Zinc), est directement appliqué au sol comme engrais. Il peut être employé sous forme de borate de soude et d'acide borique comme agent fongistatique dans le traitement des légumes, des fruits et des arbres.

Dans la littérature, il existe peu de données sur la teneur en bore des aliments. Cet élément est connu pour s'accumuler dans les végétaux et les concentrations sont particulièrement élevées dans les légumes (de 25 à 50 mg.kg⁻¹ de poids sec), puis dans les fruits et légumes (de 5 à 20 mg.kg⁻¹) et dans les céréales et grains (de 1 à 5 mg.kg⁻¹).

Teneur en chlore variable selon la granulométrie

Les résultats montrent une forte variabilité sur les concentrations de chlore selon la granulométrie :

<i>Fraction granulométrique</i>	<i>Teneur en Cl</i>
20-50 mm.....	7 800 mg.kg ⁻¹ MS
50-100 mm.....	19 200 mg.kg ⁻¹ MS
100-350 mm.....	2 500 mg.kg ⁻¹ MS

L'origine du chlore dans les déchets de la catégorie « fermentescibles » provient principalement du sel de cuisine. Peu de données existent sur son origine. Il est alors délicat d'apporter une explication à cette observation...sauf à remarquer que la teneur en sodium est également élevée pour la même fraction granulométrique.

<i>Fraction granulométrique</i>	<i>Teneur en Na</i>
20-50 mm.....	6 900 mg.kg ⁻¹ MS
50-100 mm.....	14 000 mg.kg ⁻¹ MS
100-350 mm.....	580 mg.kg ⁻¹ MS

➤ ***Métaux, éléments mineurs, PCB et HAP***

Parmi les métaux et éléments mineurs, deux éléments sont à prendre en considération : le **chrome** et le **nickel**. On constate en effet pour ces deux éléments métalliques que l'apport de la catégorie Fermentescibles contribue à hauteur de 14% de la valeur limite imposée par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 17) alors que cette même catégorie représente 7,8% de la masse des déchets humides.

Le ratio « > 33% » calculé pour l'élément Cadmium n'est pas représentatif car les valeurs affichées (inférieures à 1 mg.kg⁻¹ MS) sont en réalité au dessous de la limite de quantification de l'appareil d'analyse.

Elément	Unité	Moyenne Catégorie	Ecart-type Catégorie	Valeurs limites NFU044-51	Ratio
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	0,2	0,2	18	1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	-	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	17,3	19,9	120	14%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0,1	-	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	16,3	7,6	180	9%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0,1	0,1	12	1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	8,7	8,1	60	14%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	14,7	5,5	300	5%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	55,3	26,6	600	9%
HAP					
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0,27	-	4	< 7%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0,1	-	2,5	< 4%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0,1	-	1,5	< 7%

Tableau 17 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Fermentescibles » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU 44-051

Une analyse plus fine montre que c'est la catégorie 100-350mm qui contribue le plus lourdement dans les teneurs observées sur ces deux ETM :

Fraction granulométrique	Teneur en Cr	Teneur en Ni
20-50 mm	9 mg.kg ⁻¹ MS	5 mg.kg ⁻¹ MS
50-100 mm	3 mg.kg ⁻¹ MS	3 mg.kg ⁻¹ MS
100-350 mm	40 mg.kg ⁻¹ MS	18 mg.kg ⁻¹ MS

Au niveau des concentrations en HAP et même en PCB, nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée pour cette catégorie.

b) Catégorie PAPIERS

Cette catégorie représente, en moyenne sur cette campagne **16,4 % ± 4,4** de la masse humide des déchets étudiés.

Les analyses ont été réalisées sur trois fractions granulométriques : < 20 ; 20-50 et 100-350 mm.

Les résultats des analyses sont présentés sur le Tableau 18.

	Unités	Papiers < 20 mm	Papiers 20 - 50 mm	Papiers 100 - 350 mm	Moyenne catégorie	Ecart-type catégorie
Comportement à l'incinération						
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	81,3	82,4	79,3	81,0	1,6
Cendres	% (MS)	15,4	13,8	17,8	15,7	2,0
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	4 237	4 031	3 428	3 899	420,4
Potentiel Valorisation Matière						
Matière sèche (recalculée)	%	-	-	-	77,8	2,7
Matière organique	% (MS)	81,3	82,4	79,3	81,0	1,6
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	-	-	-	20,1	-
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	12 200	4 700	1 000	5 967	5706,4
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	1 600	1 300	220	1 040	725,8
Potassium (K)	mg/kg (MS)	4 800	3 000	2 200	3 333	1331,7
Carbone total	% (MS)	44,6	42,9	39,5	42,3	2,6
Rapport C/N	-	36,6	87,6	395,0	173	193,9
Autres composants						
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-
Bore	mg/kg (MS)	19	110	7	45,3	56,3
Chlore	% (MS)	0,7	0,7	0,1	0,5	0,3
Fluor	% (MS)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Soufre	% (MS)	0,20	0,09	0,06	0,12	0,07
Hydrogène	% (MS)	5,7	5,7	5,0	5,5	0,4
Rapport C/H	-	7,8	7,5	8,0	7,8	0,3
Eléments majeurs						
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	43 000	44 000	36 000	41 000	4 359
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	6 300	3 800	1 600	3 900	2 352
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	3 600	2 900	1 900	2 800	854
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	23 000	14 000	27 000	21 333	6 658
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	8 700	11 000	23 000	14 233	7 679
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	1 300	950	390	880	459
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	2 400	1 200	1 000	1 533	757
Métaux et éléments mineurs						
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	< 1	< 1	-
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	20,0	11,0	12,0	14	5
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	45,0	21,0	17,0	28	15
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	6,0	5,0	7,0	6	1
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	34,0	25,0	47,0	35	11
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	120,0	99,0	20,0	80	53
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	66,0	40,0	16,0	41	25
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	5,0	5,0	2,0	4	2
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	< 1	< 1	-
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	-	< 1	< 1	< 1	-
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	97,0	58,0	48,0	68	26
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1	2,0	1,0	1	1
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	< 1	2,0	2,0	2	1
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	1,4	4,0	1,3	2	2
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-	-	-	-	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-	-	-	-	-
PCB						
PCB	mg/kg (MS)	< 0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,1
HAP						
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0,1	2,0	< 0,1	< 0,7	-
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-

Tableau 18 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Papiers »

Analyse des résultats

➤ **Comportement à l'incinération et potentiel de valorisation matière**

Les valeurs de **perte au feu**, **taux de cendres** et **PCI sur sec** sont équivalentes quelque soit la fraction granulométrique considérée. Notons toutefois une valeur de « PCI sur sec » moindre pour la catégorie 100-350 mm.

Les valeurs analysées de « Perte au feu » et de « PCI sur sec » sont dans la fourchette des valeurs classiquement observées pour cette catégorie.

La fraction « < 20 mm » contribue majoritairement à l'apport d'azote de la catégorie avec une valeur de 12 200 mg.kg⁻¹ contre 4700 et 1000 pour les autres catégories.

Le rapport C/N varie entre **36,6** (fraction < 20 mm), **87,6** (20-50 mm) et **395** (fraction 100-350 mm). Le rapport C/N moyen est cohérent avec les valeurs observées lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME. C'est donc la fraction 100-350 mm qui contribue à l'élévation de ce rapport en raison d'une composition faible en azote.

Les valeurs du rapport C/P sont les suivantes :

<i>Fraction granulométrique</i>	<i>Rapport C/P</i>
< 20 mm	279
20-50 mm	330
100-350 mm	1 795

Cette dernière valeur, élevée, s'explique par la faible teneur en phosphore de la fraction 100-350 mm.

➤ **Métaux, éléments mineurs, PCB et HAP**

Parmi les métaux et éléments mineurs, quatre éléments sont à prendre en considération : le **plomb**, le **zinc**, le **cuivre** et le **chrome**. On constate en effet pour ces éléments métalliques que l'apport de la catégorie Papiers contribue à hauteur respectivement de 15%, 13%, 12% et 12% de la valeur limite imposée par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 19).

De même, pour l'élément HAP Fluoranthène, la catégorie « Papiers » contribue à hauteur de 18 % de la valeur limite autorisée.

Ces valeurs demeurent toutefois à relativiser car la catégorie représente 16,4% de la masse des déchets humides.

Le ratio « > 33% » calculé pour l'élément Cadmium n'est pas représentatif car les valeurs affichées (inférieures à 1 mg.kg⁻¹ MS) sont en réalité au dessous de la limite de quantification de l'appareil d'analyse.

	Unités	Papiers < 20 mm	Papiers 20 - 50 mm	Papiers 100 - 350 mm	Moyenne catégorie	Ecart- type catégorie	Valeurs limites NFU44- 051	Ratios
Métaux et éléments mineurs								
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-	18	1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1	< 1	< 1	< 1	-	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	20,0	11,0	12,0	14	5	120	12%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	45,0	21,0	17,0	28	15	180	15%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-	12	1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	6,0	5,0	7,0	6	1	60	10%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	34,0	25,0	47,0	35	11	300	12%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	120,0	99,0	20,0	80	53	600	13%
HAP								
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0,1	2,0	< 0,1	< 0,7	-	4	<18%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-	2,5	< 4%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-	1,5	< 7%

Tableau 19 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Papiers » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051

c) Catégorie CARTONS

Cette catégorie représente, en moyenne sur la campagne **7,3 % ± 1,7** de la masse humide des déchets étudiés.

Les analyses ont été réalisées sur deux fractions granulométriques : 20-50 et 100-350 mm. Les résultats sont présentés sur le Tableau 23.

	Unités	Cartons 20 - 50 mm	Cartons 100 - 350 mm	Moyenne catégorie	Ecart-type catégorie
Comportement à l'incinération					
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	76.9	83.8	80.4	4.9
Cendres	% (MS)	19.1	13.6	16.4	3.9
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	3,752	4,055	3,904	214.3
Potentiel Valorisation Matière					
Matière sèche (recalculée)	%	-	-	84.8	0.9
Matière organique	% (MS)	76.9	83.8	80.4	4.9
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	-	-	-	-
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	5,400	3,100	4,250	1626.3
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	1,100	460	780	452.5
Potassium (K)	mg/kg (MS)	2,900	2,300	2,600	424.3
Carbone total	% (MS)	41.3	44.2	42.8	2.1
Rapport C/N	-	77	143	110	46.7
Autres composants					
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	-
Bore	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-
Chlore	% (MS)	0.4	0.3	0.36	0.1
Fluor	% (MS)	0.007	0.004	0.01	0.002
Soufre	% (MS)	0.21	0.12	0.17	0.06
Hydrogène	% (MS)	5.3	5.2	5.3	0.07
Rapport C/H	-	7.7	8.4	8.1	0.5
Eléments majeurs					
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	55,000	37,000	46,000	12,728
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	4,000	2,400	3,200	1,131
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	5,300	2,300	3,800	2,121
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	14,000	16,000	15,000	1,414
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	13,000	12,000	12,500	707
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	21,000	1,400	11,200	13,859
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	1,000	700	850	212
Métaux et éléments mineurs					
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.2	< 0.2	-
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	9.0	8.0	8.5	0.7
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	22.0	12.0	17.0	7.1
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0.1	0.1	0.1	0.0
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	8.0	7.0	7.5	0.7
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	26.0	31.0	28.5	3.5
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	150.0	28.0	89.0	86.3
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	21.0	24.0	22.5	2.1
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	2.0	2.0	2.0	0.0
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	20.0	< 1.0	10.5	13.4
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	410.0	43.0	226.5	259.5
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	25.0	4.0	14.5	14.8
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	2.0	1.0	1.5	0.7
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	5.4	0.8	3.1	3.3
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-	-	-	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-	-	-	-
PCB					
PCB	mg/kg (MS)	< 0.35	< 0.4	< 0.38	-
HAP					
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.10	< 0.10	< 0.10	-
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.10	< 0.10	< 0.10	-
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.10	< 0.10	< 0.10	-

Tableau 20 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Cartons »

Analyse des résultats

➤ **Comportement à l'incinération et potentiel de valorisation matière**

Les valeurs de **perte au feu**, **taux de cendres** et **PCI sur sec** sont voisines quelque soit la fraction granulométrique considérée. Ces valeurs de « Perte au feu » et de « PCI sur sec » sont dans la fourchette des valeurs classiquement observées pour cette catégorie.

Le rapport C/N varie entre **77** (fraction 20-50 mm) et **143** (fraction 100-350 mm). Ces valeurs sont cohérentes avec les valeurs observées lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME (valeur observée : 127).

Les valeurs du rapport C/P pour cette catégorie sont élevées :

Fraction granulométrique	Rapport C/P
20-50 mm.....	375
100-350 mm.....	961

➤ **Métaux, éléments mineurs, PCB et HAP**

Parmi les métaux et éléments mineurs, trois éléments sont à prendre en considération : le **plomb**, le **nickel** et le **zinc**. On constate en effet pour ces éléments métalliques que l'apport de la catégorie Cartons contribue à hauteur respectivement de 15%, 13% et 9% de la valeur limite imposée par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 24). Ces contributions sont supérieures à la contribution massique de cette catégorie dans les déchets humides (7,3 %).

Pour le zinc, il s'agit de la fraction 20-50 mm qui contribue le plus à la valeur globale.

	Unités	Cartons 20 - 50 mm	Cartons 100 - 350 mm	Moyenne catégorie	Ecart-type catégorie	Valeurs limites NFU44-051	Ratios
Métaux et éléments mineurs							
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.2	< 0.2	-	18	1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	9.0	8.0	8.5	0.7	120	7%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	22.0	12.0	17.0	7.1	180	9%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0.1	0.1	0.1	0.0	12	1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	8.0	7.0	7.5	0.7	60	13%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	26.0	31.0	28.5	3.5	300	10%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	150.0	28.0	89.0	86.3	600	15%
HAP							
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.10	< 0.10	< 0.10	-	4	3%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.10	< 0.10	< 0.10	-	2.5	4%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.10	< 0.10	< 0.10	-	1.5	7%

Tableau 21 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Cartons » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051

d) Catégorie COMPOSITES

Cette catégorie représente, en moyenne sur la campagne **1,2 % ± 0,2** de la masse humide des déchets étudiés.

Les analyses ont été réalisées sur deux fractions granulométriques : 50-100 et 100-350 mm. Les résultats sont présentés sur le Tableau 22.

Analyse des résultats

➤ **Comportement à l'incinération et potentiel de valorisation matière**

Les valeurs de **perte au feu** et **PCI sur sec** sont dans la fourchette des valeurs classiquement observées pour cette catégorie.

Le rapport C/N varie entre **36** (fraction 50-100 mm) et **454** (fraction 100-350 mm). La valeur moyenne mesurée (245) est supérieure à celle observée lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME (valeur observée moyenne : 148).

Les valeurs du rapport C/P pour cette catégorie sont élevées :

<i>Fraction granulométrique</i>	<i>Rapport C/P</i>
50-100 mm	633
100-350 mm	1 559

➤ **Métaux, éléments mineurs, PCB et HAP**

Quatre éléments sont à prendre en considération : le **chrome**, le **nickel**, le **plomb** et l'**arsenic**. Pour ces éléments métalliques que l'apport de la catégorie Composites contribue à hauteur respectivement de 32%, 23%, 11 % et 9% de la valeur limite imposée par la norme AFNOR NFU 44-051 (*cf.* Tableau 23). Ces contributions sont bien supérieures à la contribution massique de cette catégorie dans les déchets humides (1,2 %).

Pour l'ensemble de ces éléments, il s'agit de la fraction 50-100 mm qui contribue le plus fortement à la valeur globale observée sur la catégorie.

Au niveau des concentrations en HAP et même en PCB, nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée car les analyses révèlent des teneurs situées au-dessous des limites de quantification des appareils analytiques.

	Unités	Composites 50-100	Composites 100-350	Moyenne catégorie	Ecart-type catégorie
Comportement à l'incinération					
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	84.3	90.7	87.5	4.5
Cendres	% (MS)	14.8	8.7	11.8	4.3
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	5,272	5,252	5,262	14.1
Potentiel Valorisation Matière					
Matière sèche (recalculée)	%	-	-	76.0	0.2
Matière organique	% (MS)	84.3	90.7	87.5	4.5
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	-	-	-	-
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	3,800	1,100	2,450	1,909
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	790	320	555	332
Potassium (K)	mg/kg (MS)	2,600	790	1,695	1,280
Carbone total	% (MS)	50.0	49.9	50	0
Rapport C/N	-	36	454	245	295
Autres composants					
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	-
Bore	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-
Chlore	% (MS)	0.51	0.13	0.32	0.27
Fluor	% (MS)	46	28	37	13
Soufre	% (MS)	0.11	0.06	0.09	0.04
Hydrogène	% (MS)	7	7	7	0
Rapport C/H	-	0.7	7.3	4.0	4.7
Éléments majeurs					
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	15,000	11,000	13,000	2,828
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	7,300	2,100	4,700	3,677
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	840	390	615	318
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	21,000	5,600	13,300	10,889
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	34,000	41,000	37,500	4,950
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	610	540	575	49
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	870	550	710	226
Métaux et éléments mineurs					
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	3.3	< 0.1	< 1.7	-
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	67.0	9.0	38	41
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	34.0	6.0	20	20
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	21.0	6.0	14	11
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	20.0	18.0	19	1
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	31.0	11.0	21	14
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	26.0	21.0	24	4
Étain (Sn)	mg/kg (MS)	3.0	5.0	4	1
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	2.0	< 1.0	< 1.5	-
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	26.0	13.0	20	9
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	3.0	< 1.0	< 2.0	-
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	3.0	3.0	3	0
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	0.8	2.4	2	1
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-	-	-	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-	-	-	-
PCB					
PCB	mg/kg (MS)	< 0.35	< 0.30	< 0.33	-
HAP					
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-

Tableau 22 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Composites »

	Unités	Composites 50-100	Composites 100-350	Moyenne catégorie	Ecart- type catégorie	Valeurs limites NFU44- 051	Ratios
Métaux et éléments mineurs							
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	3.3	< 0.1	< 1.7	-	18	9%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	67.0	9.0	38	41	120	32%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	34.0	6.0	20	20	180	11%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	12	1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	21.0	6.0	14	11	60	23%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	20.0	18.0	19	1	300	6%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	31.0	11.0	21	14	600	4%
HAP							
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	4	3%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	2.5	4%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	1.5	7%

Tableau 23 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Composites » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051

e) Catégorie TEXTILES

Cette catégorie représente, en moyenne sur la campagne **3,4 % ± 2,2** de la masse humide des déchets étudiés.

Les analyses ont été réalisées sur une seule fraction granulométrique : 100-350 mm. Les résultats sont présentés sur le Tableau 24.

Analyse des résultats

➤ Comportement à l'incinération et potentiel de valorisation matière

Les valeurs de **perte au feu** et **PCI sur sec** sont dans la fourchette des valeurs classiquement observées pour cette catégorie.

Le rapport C/N s'établit à 7,7. Cette valeur est inférieure à celle observée lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME (valeur observée moyenne : 15).

La valeur du rapport C/P pour cette catégorie est relativement élevée : 320.

	Unités	Textiles 100-350
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	95.9
Cendres	% (MS)	3.8
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	5182.0
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	80.5
Matière organique	% (MS)	95.9
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	-
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	66,700
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	1,600
Potassium (K)	mg/kg (MS)	1,400
Carbone total	% (MS)	51.2
Rapport C/N	-	7.7
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	< 1.0
Chlore	% (MS)	0.28
Fluor	% (MS)	0.0046
Soufre	% (MS)	0.42
Hydrogène	% (MS)	6.21
Rapport C/H	-	8.20
Éléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	8,300
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	2,500
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	780
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	4,000
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	1,300
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	1,200
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	710
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	18
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	41
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	3
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	20
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	99
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	14
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	23
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	< 1.0
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1.0
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	30
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1.0
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	< 1.0
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	7
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 0.3
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1

Tableau 24 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Textiles »

➤ **Métaux, éléments mineurs, PCB et HAP**

Trois éléments métalliques et deux HAP sont à prendre en considération : le **chrome**, le **plomb** et le **zinc** ; **Benzo(b)fluoranthène** et **Benzo(a)pyrène** pour les HAP. Pour ces éléments, l'apport de la catégorie contribue à hauteur respectivement de 15%, 23%, et 17% puis 4 % et 7 % de la valeur limite imposée par la norme AFNOR NFU 44-051 (cf. Tableau 25).

Ces contributions sont supérieures à la contribution massique de cette catégorie dans les déchets humides (3,4 %).

Notons également un ration de 5% pour l'élément Nickel.

Au niveau des concentrations en Cadmium, il faut noter que les teneurs sont situées au-dessous des limites de quantification des appareils analytiques.

	Unités	Textiles 100-350	Valeurs limites NFU44-051	Ratios
Métaux et éléments mineurs				
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	18	< 1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	18	120	15%
Mercurure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	41	180	23%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	12	< 1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	3	60	5%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	20	300	7%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	99	600	17%
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	4	3%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	2.5	4%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1	1.5	7%

Tableau 25 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Textiles » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051

f) Catégorie TEXTILES SANITAIRES

Cette catégorie représente, en moyenne sur la campagne **13,1 % ± 5,6** de la masse humide des déchets étudiés.

Les analyses ont été réalisées sur deux fractions granulométriques : 20-50 et 100-350 mm. Les résultats sont présentés sur le Tableau 26 .

Analyse des résultats

➤ **Comportement à l'incinération et potentiel de valorisation matière**

Les valeurs de **perte au feu** et **PCI sur sec** sont dans la fourchette des valeurs classiquement observées pour cette catégorie.

Le rapport C/N varie entre **65** (fraction 20-50 mm) et **45** (fraction 100-350 mm). La valeur moyenne mesurée (55,5) est légèrement inférieure à celle observée lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME (valeur observée moyenne : 75).

Les valeurs du rapport C/P pour cette catégorie sont relativement élevées :

Fraction granulométrique	Rapport C/P
20-50 mm	416
100-350 mm	305

➤ **Métaux, éléments mineurs, PCB et HAP**

L'élément à prendre en considération est le **zinc**. L'apport de la catégorie Textiles sanitaires contribue à hauteur respectivement de 16 % de la valeur limite imposée par la norme AFNOR NFU 44-051 (*cf.* Tableau 27). Cette contribution est supérieure à la contribution massique de cette catégorie dans les déchets humides (13,1 %).

Pour cet élément, il s'agit de la fraction 100-350 mm qui contribue le plus fortement à la valeur globale observée sur la catégorie.

Au niveau des concentrations en HAP et même en PCB, nous ne constatons pas de teneur particulièrement élevée car les analyses révèlent des teneurs situées au-dessous des limites de quantification des appareils analytiques.

	Unités	Textiles sanitaires 20-50	Textiles sanitaires 100-350	Moyenne catégorie	Ecart-type catégorie
Comportement à l'incinération					
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	92.8	90.8	91.8	1.4
Cendres	% (MS)	6.2	6.7	6.5	0.4
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	4,212	5,242	4,727	728
Potentiel Valorisation Matière					
Matière sèche (recalculée)	%	-	-	33.9	6.2
Matière organique	% (MS)	92.8	90.8	91.8	1.4
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	-	-	19.0	-
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	7,000	11,400	9200.0	3111.3
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	1,100	1,700	1400.0	424.3
Potassium (K)	mg/kg (MS)	3,600	3,200	3400.0	282.8
Carbone total	% (MS)	45.8	51.9	48.9	4.3
Rapport C/N	-	65.4	45.5	55.5	14.1
Autres composants					
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5	< 0.5	0.5	0.0
Bore	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	1.0	0.0
Chlore	% (MS)	0.57	0.45	0.5	0.1
Fluor	% (MS)	0.0098	0.0030	0.0	0.0
Soufre	% (MS)	0.19	0.07	0.1	0.1
Hydrogène	% (MS)	6.25	7.22	6.7	0.7
Rapport C/H	-	7.30	7.20	7.3	0.1
Eléments majeurs					
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	12000.0	8100.0	10050.0	2757.7
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	5100.0	27000.0	16050.0	15485.6
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	1600.0	700.0	1150.0	636.4
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	7700.0	2300.0	5000.0	3818.4
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	2100.0	660.0	1380.0	1018.2
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	350.0	1000.0	675.0	459.6
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	1100.0	380.0	740.0	509.1
Métaux et éléments mineurs					
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.0
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	0.0
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	4	< 1.0	2.5	2.1
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.0
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	20	14	17.0	4.2
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.0
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	4	2	3.0	1.4
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	21	13	17.0	5.7
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	96	270	183.0	123.0
HAP					
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-

Tableau 26 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Textiles sanitaires »

	Unités	Textiles sanitaires 20-50	Textiles sanitaires 100-350	Moyenne catégorie	Ecart- type catégorie	Valeurs limites NFU44- 051	Ratios
Métaux et éléments mineurs							
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.0	18	< 1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	0.0	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	4	< 1.0	2.5	2.1	120	< 2%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.0	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	20	14	17.0	4.2	180	9%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.0	12	< 1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	4	2	3.0	1.4	60	5%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	21	13	17.0	5.7	300	6%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	96	270	183.0	123.0	600	31%
HAP							
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	4	< 3%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	2.5	< 4%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	1.5	< 7%

Tableau 27 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Textiles sanitaires » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051

g) Catégorie PLASTIQUES

Cette catégorie représente, en moyenne sur la campagne **11,9 % ± 1,4** de la masse humide des déchets étudiés.

Les analyses ont été réalisées sur les quatre fractions granulométriques. Les résultats sont présentés sur le Tableau 28 .

	Unités	Plastiques < 20 mm	Plastiques 20 - 50 mm	Plastiques 50 - 100 mm	Plastiques 100 - 350 mm	Moyenne catégorie	Ecart-type catégorie
Comportement à l'incinération							
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	75	92	93	95	88.6	8.9
Cendres	% (MS)	10	6	6	5	6.8	2.0
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	5,954	7,377	7,689	7,216	7059.0	762.4
Potentiel Valorisation Matière							
Matière sèche (recalculée)	%					34.1	2.2
Matière organique	% (MS)					88.6	8.9
Matière inerte (recalculée)	% (MB)					20.0	-
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	9,600	4,900	6,100	1,200	5450.0	3464.6
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	2,100	950	1,100	250	1100.0	762.7
Potassium (K)	mg/kg (MS)	1,000	2,100	1,600	1,500	1550.0	450.9
Carbone total	% (MS)	65.20	70.0	71.4	71.0	69.4	2.9
Rapport C/N	-	67.90	142.90	117.05	591.70	229.9	243.2
Autres composants							
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	0.5	0.0
Bore	mg/kg (MS)	120	53	< 1.0	17	47.8	52.8
Chlore	% (MS)	0.16	2.01	1.03	0.11	0.8	0.9
Fluor	% (MS)	0.0091	0.0044	0.0044	0.0020	0.0	0.0
Soufre	% (MS)	0.038	0.21	0.21	0.06	0.1	0.1
Hydrogène	% (MS)	7.34	9.20	9.86	8.10	8.6	1.1
Rapport C/H	-	8.88	7.61	7.24	8.80	8.1	0.8
Eléments majeurs							
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	18,000	13,000	17,000	8,100	14025.0	4502.1
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	7,500	2,400	2,500	8,800	5300.0	3333.7
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	2,500	1,200	1,300	1,200	1550.0	635.1
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	-	8600	8800	3900	7100.0	2773.1
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	1,700	8,700	5,000	11,000	6600.0	4096.3
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	2,300	2,300	2,700	5,300	3150.0	1445.7
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	570	1,700	1,300	950	1130.0	483.0
Métaux et éléments mineurs							
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	0	< 0.1	< 0.1	5.5	< 1.5	-
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	19	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 5.5	-
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	8	23	23	79	33	31
Mercuré (Hg) tot.	mg/kg (MS)	650	0.4	< 0.1	< 0.1	< 162.7	-
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	10	28.0	62.0	170.0	68	71.7
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.2	< 0.1	-
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	< 1.0	11.0	19.0	9.0	< 10.0	-
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	7	40.0	73.0	33.0	38	27.2
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	150	340.0	110.0	67.0	167	120.4
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	7	33.0	27.0	29.0	24.0	11.6
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	5	25.0	12.0	4.0	11.5	9.7
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	2	< 1.0	< 1.0	7.0	< 2.8	2.9
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	voir note	5.0	< 1.0	< 1.0	< 2.3	2.3
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	520	120	61	59	190.0	221.8
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1.0	4	3	8	4.0	2.9
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	0.0
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	40.0	1.4	55.0	31.0	31.9	22.6
Strontium (St)	mg/kg (MS)					-	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)					-	-
PCB							
PCB	mg/kg (MS)	< 0.3	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	-
HAP							
Fluoranthène	mg/kg (MS)	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-

Tableau 28 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Plastiques »

Analyse des résultats

➤ **Comportement à l'incinération et potentiel de valorisation matière**

Les valeurs de **perte au feu** et **PCI sur sec** sont dans la fourchette des valeurs classiquement observées pour cette catégorie. Leur pouvoir calorifique est important.

Notons une valeur plus faible de PCI chez la fraction « 0-20 mm » : le PCI est inférieur de 20 % environ par rapport à la moyenne des trois autres fractions granulométriques.

Le rapport C/N varie entre **67** et **591**. La valeur moyenne mesurée est légèrement supérieur à celle observée lors de la campagne MODECOM 1993 – ADEME (valeur observée moyenne : 152). Cela provient d'une valeur en azote faible mesurée pour la fraction 100-350 mm : elle présente un rapport C/N élevé.

Les valeurs du rapport C/P pour cette catégorie sont relativement élevées et notamment celui de la fraction 100-350 mm (à l'identique du rapport C/N vu précédemment) :

<i>Fraction granulométrique</i>	<i>Rapport C/P</i>
< 20 mm	310
20-50 mm	737
50-100 mm	649
100-350 mm	2 840

➤ **Métaux, éléments mineurs, PCB et HAP**

Le Tableau 29 nous montre l'impact de cette catégorie sur les valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 : le mercure est l'élément le plus fortement présent.

En termes de granulométrie, si la fraction < 20 mm contribue largement aux teneurs en **mercure** et **cadmium**, c'est la fraction 20-50 mm qui apporte une teneur élevée en **zinc**, la fraction 50-100 mm apporte une teneur élevée en **cuivre** et en **nickel** ; la fraction 100-350 mm apporte une teneur élevée en **chrome** et en **plomb**.

	Unités	Plastiques < 20 mm	Plastiques 20 - 50 mm	Plastiques 50 - 100 mm	Plastiques 100 - 350 mm	Moyenne catégorie	Ecart- type catégorie	Valeurs limites NFU44- 051	Ratios
Métaux et éléments mineurs									
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	0	< 0.1	< 0.1	5.5	< 1.5	-	18	8%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	<u>19</u>	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 5.5	-	3	183%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	8	23	23	<u>79</u>	33	31	120	28%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	<u>650</u>	0.4	< 0.1	< 0.1	< 162.7	-	2	8133%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	10	28	62	<u>170</u>	68	71.7	180	38%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.2	< 0.1	-	12	1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	< 1.0	11	<u>19</u>	9	< 10	-	60	17%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	7	40	<u>73</u>	33	38	27.2	300	13%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	150	<u>340</u>	110	67	167	120.4	600	28%
HAP									
Fluoranthène	mg/kg (MS)	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	4	2%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	2.5	3%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	1.5	6%

Tableau 29 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Plastiques » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051

h) Catégorie COMBUSTIBLES NC

Cette catégorie représente, en moyenne sur la campagne **1,7 % ± 0,8** de la masse humide des déchets étudiés.

Les analyses ont été réalisées sur trois fractions granulométriques : 20-50, 50-100 et 100-350 mm. Les résultats sont présentés sur le Tableau 30.

	Unités	Combustibles 20-50 mm	Combustibles 50-100 mm	Combustibles 100-350 mm	Moyenne catégorie	Ecart-type catégorie
Comportement à l'incinération						
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	75.20	80.40	95.40	83.7	10.5
Cendres	% (MS)	16.90	15.20	4.20	12.1	6.9
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	3696	4106	4414	4,072	360
Potentiel Valorisation Matière						
Matière sèche (recalculée)	%	-	-	-	90.0	0.2
Matière organique	% (MS)	75.20	80.40	95.40	83.7	10.5
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	-	-	-	13	-
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	7,100	28,000	23,000	19,367	10,913
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	1,300	3,100	1,700	2,033	945
Potassium (K)	mg/kg (MS)	1,800	2,200	980	1,660	622
Carbone total	% (MS)	45.6	45.3	48.9	47	2
Rapport C/N	-	64.2	16.2	21.3	34	26
Autres composants						
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	0.5	-
Bore	mg/kg (MS)	< 1.0	44	< 1.0	15.3	24.8
Chlore	% (MS)	0.62	0.23	0.14	0.3	0.3
Fluor	% (MS)	0.0029	0.0014	0.0040	0.0	0.0
Soufre	% (MS)	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1
Hydrogène	% (MS)	5.7	5.5	5.9	5.7	0.2
Rapport C/H	-	8.1	8.3	8.3	8.2	0.1
Eléments majeurs						
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	98,000	51,000	11,000	53,333	43,547
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	1,900	1,900	900	1,567	577
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	1,000	3,500	570	1,690	1,582
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	5,300	12,000	3,300	6,867	4,557
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	1,200	3,600	720	1,840	1,543
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	1,600	480	2,900	1,660	1,211
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	1,900	3,200	1,000	2,033	1,106
Métaux et éléments mineurs						
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	0.3	0.5	< 0.3	-
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	36.0	220.0	18.0	91	112
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	13.0	55.0	27.0	32	21.4
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	31.0	36.0	5.0	24.0	-
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	12.0	25.0	10.0	16	8.1
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	410.0	3500.0	180.0	1363	1854
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	40.0	42.0	79.0	53.7	22.0
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	7.0	7.0	10.0	8.0	1.7
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	2.0	2.0	2.0	< 2.0	0.0
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	0.0
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	32.0	2300.0	110.0	814.0	1287.5
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	1.0	< 1.0	2.0	1.3	0.6
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	1.0	2.0	< 1.0	< 1.3	0.6
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	1.2	0.9	0.7	0.9	0.3
Strontium (St)	mg/kg (MS)				-	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)				-	-
PCB						
PCB	mg/kg (MS)	< 0.3	< 0.3	< 0.4	< 0.32	< 0.03
HAP						
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-

Tableau 30 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Combustibles NC »

Analyse des résultats

➤ Comportement à l'incinération et potentiel de valorisation matière

Les valeurs de **perte au feu** et **PCI sur sec** sont dans la fourchette des valeurs classiquement observées pour cette catégorie.

Notons que les valeurs de PCI sont voisines quelque soit la fraction granulométrique.

Le rapport C/N varie entre **16** et **64**. Il est le plus élevé pour la fraction granulométrique la plus faible.

Les valeurs du rapport C/P pour cette catégorie sont relativement élevées et varient entre 146 et 361 :

<i>Fraction granulométrique</i>	<i>Rapport C/P</i>
20-50 mm.....	351
50-100 mm.....	145
100-350 mm.....	288

➤ Métaux, éléments mineurs, PCB et HAP

Le Tableau 31 nous montre que l'impact de cette catégorie sur les valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 concerne les éléments suivants : chrome, nickel et zinc.

En termes de granulométrie, c'est la 50-100 qui contribue le plus à ces valeurs supérieures aux valeurs imposées par la norme AFNOR NFU 04451.

	Unités	Combustibles 20-50 mm	Combustibles 50-100 mm	Combustibles 100-350 mm	Moyenne catégorie	Ecart- type catégorie	Valeurs limites NFU44- 051	Ratios
Métaux et éléments mineurs								
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	< 0.1	0.3	0.5	< 0.3	-	18	2%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	36	220	18	91	112	120	76%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	2	<5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	13.0	55.0	27.0	32	21.4	180	18%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	12	<1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	31	36	5.0	24.0	-	60	40%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	12.0	25.0	10.0	16	8.1	300	5%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	410	3500	180	1363	1854	600	227%
HAP								
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	4	3%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	2.5	4%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	1.5	7%

Tableau 31 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Combustibles NC » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051

i) Catégorie VERRES

Cette catégorie représente, en moyenne sur la campagne **4,5 % $\pm$ 1,0** de la masse humide des déchets étudiés.

Les analyses ont été réalisées sur la fraction granulométrique 50-100 mm. Les résultats sont présentés sur le Tableau 32.

	Unités	Verres 50-100 mm
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	1.10
Cendres	% (MS)	98.90
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	88
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	97.0
Matière organique	% (MS)	1.10
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	99
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	< 0.01
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	94
Potassium (K)	mg/kg (MS)	5 200
Carbone total	% (MS)	3
Rapport C/N	-	310
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	< 1.0
Chlore	% (MS)	0.045
Fluor	% (MS)	0.0035
Soufre	% (MS)	0.05
Hydrogène	% (MS)	< 0.01
Rapport C/H	-	-
Eléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	1 200
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	92 000
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	6 800
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	360 000
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	6 800
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	310
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	1 900
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	80
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	610
Mercuré (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	3 500
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	10
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	7
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	34
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	86
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	14
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	5
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1.0
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	280
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1.0
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	6
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	0.9
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 0.3
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1

Tableau 32 : Composition chimique de la catégorie « Verres »

Analyse des résultats

➤ **Comportement à l'incinération et potentiel de valorisation matière**

Cette catégorie présente une très faible perte au feu (1%) et un taux de cendres élevé (99%).

➤ **Métaux, éléments mineurs, PCB et HAP**

Le Tableau 33 nous montre que un impact très important de cette catégorie sur les valeurs limites imposées par la norme AFNOR NFU 44-051 en ce qui concerne les éléments suivants : plomb, arsenic et chrome.

Le plomb est apporté sous forme d'oxyde de plomb par les verres en cristal et certains verres optiques. L'arsenic provient de son utilisation dans l'industrie verrière en tant qu'agent de raffinage et de décoloration.

Le chrome intervient également dans la fabrication du verre ; il est présent sous forme d'oxydes.

	Unités	Verres 50-100 mm	Valeurs limites NFU44-051	Ratios
Métaux et éléments mineurs				
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	80.0	18	444%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0	3	33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	610.0	120	508%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	3500.0	180	1944%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0.1	12	1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	10.0	60	17%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	7.0	300	2%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	34.0	600	6%
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	4	< 3%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	2.5	< 4%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1	1.5	< 7%

Tableau 33 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Verres » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051

j) Catégorie METAUX

Cette catégorie représente, en moyenne sur la campagne **3,3 % $\pm$ 1,3** de la masse humide des déchets étudiés.

Les analyses ont été réalisées sur la fraction granulométrique 50-100 de chacune des deux sous-catégories « métaux ferreux » et « métaux non ferreux ».

Les résultats sont présentés sur le Tableau 34.

Analyse des résultats

➤ Comportement à l'incinération et potentiel de valorisation matière

Suivant les recommandations de l'ADEME, il est l'usage de considérer le PCI comme étant nul pour cette catégorie car non représentatif.

Cette catégorie présente une très faible perte au feu (6%) et un taux de cendres élevé (96%).

➤ Métaux, éléments mineurs, PCB et HAP

Comme l'indique son nom, cette catégorie présente à elle seule des taux importants de métaux et notamment : chrome, nickel, cuivre, arsenic et zinc (cf. Tableau 35).

Ces éléments proviennent des déchets de type câbles et tuyaux en métal présents dans les OMR.

En ce qui concerne les valeurs pour les HAP, cette catégorie a un impact relativement faible sur les valeurs imposées par la norme AFNOR.

	Unités	Métaux Ferreux 50-100 mm	Métaux NON Ferreux 50-100 mm	Moyenne catégorie	Ecart-type catégorie
Comportement à l'incinération					
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	1.90	10.40	6.15	6.01
Cendres	% (MS)	100	93	96.35	5.16
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	2,041	5,177	3,609.00	2,217.49
Potentiel Valorisation Matière					
Matière sèche (recalculée)	%	-	-	92.0	0.4
Matière organique	% (MS)	-	-	6.15	6.01
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	-	-	-	-
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	< 0.01	300	150.01	212.12
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	280	1200	740	651
Potassium (K)	mg/kg (MS)	540	180	360	255
Carbone total	% (MS)	7.00	8.80	7.9	1.3
Rapport C/N	-	700.00	293.30	496.7	287.6
Autres composants					
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5	< 0.5	0.50	-
Bore	mg/kg (MS)	120	38	79	57.98
Chlore	% (MS)	0.67	0.46	0.57	0.15
Fluor	% (MS)	0.0017	< 1.0	0.50	0.71
Soufre	% (MS)	0.01	0.02	0.02	0.01
Hydrogène	% (MS)	0.51	0.82	0.67	0.22
Rapport C/H	-	13.70	10.70	12.20	2.12
Éléments majeurs					
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	< 1.0	1200	601	848
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	10000	2200	6,100	5,515
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	2500	3600	3,050	778
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	480	4800	2,640	3,055
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	34000	620000	327,000	414,365
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	300	620	460	226
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	954000	129000	541,500	583,363
Métaux et éléments mineurs					
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	20.0	0.6	10.30	13.72
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	180	400	290.00	155.6
Mercuré (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	22	10	16.00	8.5
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	110	39	74.5	50
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	150	500	325	247
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	55	170	113	81
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	2,500	3,700	3,100	849
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	2,000	300	1,150	1,202
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	17	< 1.0	< 9.0	11
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	< 93.0	17.0	55	54
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	< 1.0	28	15	19
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	7	3.6	5	2.4
Strontium (St)	mg/kg (MS)	1	< 1.0	< 1.0	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-
PCB					
PCB	mg/kg (MS)	< 0.3	< 0.3	< 0.3	-
HAP					
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-

Tableau 34 : Composition chimique moyenne de la catégorie « Métaux »

	Unités	Métaux Ferreux 50-100 mm	Métaux NON Ferreux 50-100 mm	Moyenne catégorie	Ecart-type catégorie	Valeurs limites NFU44- 051	Ratios
Métaux et éléments mineurs							
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	20.0	0.6	10.30	13.72	18	57%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	-	3	33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	180	400	290.00	155.6	120	242%
Mercuré (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	2	5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	22	10	16.00	8.5	180	9%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	12	1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	110	39	74.5	50	60	124%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	150	500	325	247	300	108%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	55	170	113	81	600	19%
HAP							
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	4	< 3%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	2.5	< 4%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	1.5	< 7%

Tableau 35 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Métaux » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051

k) Catégorie INCOMBUSTIBLES NC

La catégorie « incombustibles non classés » représente, en moyenne sur la campagne **3,7 % ± 3,6** de la masse humide des déchets étudiés.

Les analyses ont été réalisées sur la fraction granulométrique 20 – 50 mm. Cette fraction étant la plus importante en masse.

Les résultats des analyses sont présentés sur le Tableau 36 .

	Unités	Incombustibles 20-50 mm
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	24.9
Cendres	% (MS)	54.6
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	1,143
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	-
Matière organique	% (MS)	24.90
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	-
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	19500
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	19000
Potassium (K)	mg/kg (MS)	2900
Carbone total	% (MS)	20.50
Rapport C/N	-	10.50
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	< 0.5
Bore	mg/kg (MS)	140
Chlore	% (MS)	0.12
Fluor	% (MS)	0.0010
Soufre	% (MS)	0.30
Hydrogène	% (MS)	2.01
Rapport C/H	-	10.20
Eléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	235000
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	4900
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	1500
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	50000
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	5900
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	210
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	930
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	0.2
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	20.0
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	130
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	6
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	7
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	110
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	27
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	15
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	< 1.0
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1.0
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	18
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	< 1.0
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	4
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	0.3
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 0.3
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1

Tableau 36 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Incombustibles » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051

Analyse des résultats

➤ **Comportement à l'incinération et potentiel de valorisation matière**

Les valeurs de **PCI sur sec** sont comprises dans la fourchette des valeurs classiquement observées pour cette catégorie. Leur pouvoir calorifique est relativement faible.

En revanche, les valeurs de **perte au feu** sont plus élevées que celle constatées par l'ADEME lors de la campagne MODECOM 1993 : 25 % MS au lieu de 8,3 (fourchette variant entre 0 et 10).

➤ **Autres composants, Métaux, éléments mineurs, PCB et HAP**

Cette catégorie était réputée lors de la campagne nationale MODECOM de 1993 pour présenter une teneur en soufre élevée, de l'ordre de 13 900 mg/kg avec une gamme de valeurs comprises entre 8 000 et 16 000 mg/kg. La valeur obtenue sur l'échantillon étudié est de 3 000 mg/kg (0,3 %), bien en dessous des valeurs ADEME MODECOM 1993.

Cette catégorie présente un taux en plomb faible par rapport aux résultats MODECOM 1993 mais élevé en regard de la norme NFU44051 (cf. Tableau 37).

	Unités	Incombustibles 20-50 mm	Valeurs limites NFU44-051	Ratios
Métaux et éléments mineurs				
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	0.2	18	1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0	3	33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	20.0	120	17%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	130	180	72%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	12	1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	6	60	10%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	7	300	2%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	110	600	18%
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	4	3%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	2.5	4%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1	1.5	7%

Tableau 37 : Comparaison entre les résultats d'analyses de la catégorie « Incombustibles » et les valeurs limites en ETM et HAP de la norme NFU44-051

I) Catégorie Déchets Spéciaux

Cette catégorie représente, en moyenne sur la campagne **1,0 % ± 0,6** de la masse humide des déchets étudiés.

Compte de la forte hétérogénéité de cette catégorie, les analyses ont été réalisées sur un échantillon sans distinction granulométrique et seulement quelques paramètres ont été mesurés (comportement à l'incinération).

Les résultats sont présentés dans le Tableau 38.

	Unités	Déchets Spéciaux	Valeurs limites NFU44-051
Comportement à l'incinération			
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	54.6	
Cendres	% (MS)	43.7	
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	4,107	
Potentiel Valorisation Matière			
Carbone total	% (MS)	41.50	
Autres composants			
Hydrogène	% (MS)	5.55	

Tableau 38 : Composition chimique de la catégorie Déchets spéciaux

On constate un PCI relativement élevé sur cette catégorie : 4 107 kcal/kg. Il est à noter la présence en quantité importante de carbone (41,5%) alors que les résultats de la campagne MODECOM 1993 ont fait état de l'absence de cet élément.

4.5.3. Composition chimique moyenne pour un échantillon de type « putrescible »

Comme indiqué dans le présent document dans la partie relative aux résultats du tri, un échantillon type de déchets putrescibles est composé des quatre catégories suivantes : « Déchets fermentescibles », « Papiers », « Cartons », « Textiles sanitaires » ainsi que de 70% des éléments fins qui correspondent à des déchets fermentescibles (cf. Tableau 39).

La partie « putrescible » représente en moyenne 61,8 % de la masse humide des OMR comme le montre le Tableau 39.

Catégories « putrescibles »	Proportion au sein de l'échantillon global d'OMR
Déchets fermentescibles	7.8% ± 3.1
Papiers	16.4% ± 4.4
Cartons	7.3% ± 1,7
Textiles sanitaires	13.1% ± 5,6
70 % des Fines < 20 mm	17.2% ± 2,6
Total	61.8 %

Tableau 39 : Composition moyenne massique des catégories formant l'échantillon "Putrescibles" au sein de l'échantillon global d'OMR

Sur la base de ces éléments, l'échantillon de type « putrescible » se compose des catégories putrescibles dans les proportions présentées sur le Tableau 40. Ce résultat constitue une clé de répartition qui nous fournit la composition massique d'un échantillon type putrescible.

Catégories « putrescibles »	Proportion au sein de l'échantillon « putrescibles »
Déchets fermentescibles	12,6 %
Papiers	26,6 %
Cartons	11,8 %
Textiles sanitaires	21,2 %
70 % des éléments fins (< 20 mm)	27,8 %
Total	100,0 %

Tableau 40 : Composition moyenne massique des catégories de l'échantillon "Putrescibles"

La composition chimique moyenne de l'échantillon type putrescible est calculée à partir des compositions chimiques moyennes des catégories décrites ci-avant, pondérées selon la clé de répartition précédente. Les résultats sont présentés sur le Tableau 41.

	Unités	Echantillon de type putrescible	Valeurs limites NFU44-051	Ratios
Comportement à l'incinération				
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	86.5		
Cendres	% (MS)	11.6		
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	4,240		
Potentiel Valorisation Matière				
Matière sèche (recalculée)	%	52		
Matière organique	% (MS)	86		
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	24		
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	12,941		
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	2,295		
Potassium (K)	mg/kg (MS)	5,079		
Carbone total	% (MS)	46		
Rapport C/N	-	80		
Autres composants				
Chrome VI	mg/kg (MS)	0.5		
Bore	mg/kg (MS)	28		
Chlore	% (MS)	0.5		
Fluor	% (MS)	0.01		
Soufre	% (MS)	0.13		
Hydrogène	% (MS)	5.7		
Rapport C/H	-	-	-	-
Éléments majeurs				
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	36,645		
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	6,083		
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	2,797		
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	15,911		
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	11,883		
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	4,707		
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	1,096		
Métaux et éléments mineurs				
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	0.11	18	< 1%
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	< 1.0	3	< 33%
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	9.7	120	8%
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	< 0.1	2	< 5%
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	21.0	180	12%
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	< 0.1	12	< 1%
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	5.8	60	10%
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	29.6	300	10%
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	106.7	600	18%
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	31.8		
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	2.9		
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	< 4.7		
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	< 1.0		
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	116.1		
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	6.2		
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	< 1.7		
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	3.1		
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-		
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-		
PCB				
PCB	mg/kg (MS)	< 0.4		
HAP				
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.5	4	< 13%
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1	2.5	< 4%
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1	1.5	< 7%

Tableau 41 : Composition chimique moyenne d'un échantillon type « Putrescible »

On constate que la composition chimique moyenne de l'échantillon type Putrescible permettrait de respecter les exigences imposées par la norme NFU 44-051.

4.5.4. Composition chimique moyenne pour un échantillon représentatif de la FCR

Le travail mené sur la partie FCR a permis de dresser la composition type du flux de FCR (selon hypothèse 1 ; cf. ; Tableau 42).

Catégories	Répartition en masse (%)
Fermentescibles	5,2
Papiers	8,1
Cartons	3,2
Composites	2,5
Textiles	7,4
Textiles sanitaires	13,0
Plastiques	35,8
Combustibles NC	5,2
Verres	3,9
Métaux	0,6
Incombustibles	3,0
Déchets Spéciaux	2,1
Eléments fins	10,0

Tableau 42 : Composition de la FCR (hyp 2)

La composition chimique moyenne de l'échantillon représentatif de la FCR est calculée à partir des compositions chimiques moyennes des catégories décrites ci-avant, pondérées selon la clé de répartition précédente. Les résultats sont présentés sur le Tableau 43.

➤ **Comportement à l'incinération et potentiel de valorisation matière**

Le PCI de cet échantillon s'établit à 5 052 kcal / kg.

➤ **Autres composants, Métaux, éléments mineurs, PCB et HAP**

On constate des valeurs élevées en plomb, zinc et baryum : le plomb provient majoritairement de la catégorie « Verres » dont la teneur est de 3500 mg.kg⁻¹ MS ; les éléments zinc et baryum proviennent de la catégorie « Combustibles » dont la teneur est respectivement de 1363 et 814 mg.kg⁻¹ MS.

	Unités	Echantillon représentatif FCR
Comportement à l'incinération		
Perte au feu à 550 °C	% (MS)	80.7
Cendres	% (MS)	15.8
PCI sur sec	kcal / kg (MS)	5,052
Potentiel Valorisation Matière		
Matière sèche (recalculée)	%	53.1
Matière organique	% (MS)	80.7
Matière inerte (recalculée)	% (MB)	25.8
Azote (N) tot.	mg/kg (MS)	13,537
Phosphore (P)	mg/kg (MS)	2,203.9
Potassium (K)	mg/kg (MS)	3,001.0
Carbone total	% (MS)	51.7
Rapport C/N	-	142.2
Autres composants		
Chrome VI	mg/kg (MS)	0.5
Bore	mg/kg (MS)	33.4
Chlore	% (MS)	0.6
Fluor	% (MS)	0.0
Soufre	% (MS)	0.2
Hydrogène	% (MS)	6.4
Rapport C/H	-	-
Eléments majeurs		
Calcium (Ca)	mg/kg (MS)	30 145
Sodium (Na)	mg/kg (MS)	10 498
Magnésium (Mg)	mg/kg (MS)	2 114
Silicium (Si)	mg/kg (MS)	30 033
Aluminium (Al)	mg/kg (MS)	10 284
Titane (Ti)	mg/kg (MS)	2 838
Fer (Fe)	mg/kg (MS)	-
Métaux et éléments mineurs		
Arsenic (As)	mg/kg (MS)	5.0
Cadmium (Cd)	mg/kg (MS)	2.7
Chrome (Cr) tot.	mg/kg (MS)	58.0
Mercure (Hg) tot.	mg/kg (MS)	59.8
Plomb (Pb)	mg/kg (MS)	229.6
Sélénium (Se)	mg/kg (MS)	0.1
Nickel (Ni)	mg/kg (MS)	8.8
Cuivre (Cu)	mg/kg (MS)	30.2
Zinc (Zn)	mg/kg (MS)	195.5
Manganèse (Mn)	mg/kg (MS)	54.0
Etain (Sn)	mg/kg (MS)	17.2
Cobalt (Co)	mg/kg (MS)	3.1
Argent (Ag)	mg/kg (MS)	1.5
Baryum (Ba)	mg/kg (MS)	168.2
Thallium (Th)	mg/kg (MS)	3.7
Vanadium (V)	mg/kg (MS)	1.8
Antimoine (Sb)	mg/kg (MS)	13.6
Strontium (St)	mg/kg (MS)	-
Thorium (Th)	mg/kg (MS)	-
PCB		
PCB	mg/kg (MS)	< 0.3
HAP		
Fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.2
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg (MS)	< 0.1
Benzo(a)pyrène	mg/kg (MS)	< 0.1

Tableau 43 : Composition chimique moyenne d'un échantillon représentatif de la FCR

4.6. DETERMINATION DU POUVOIR CALORIFIQUE

4.6.1. Introduction

Devant l'enjeu que représente la connaissance du paramètre « pouvoir calorifique » des déchets ménagers et des diverses catégories qui les composent pour les projets en cours de préparation par le SYCTOM de l'Agglomération Parisienne, nous avons fait réaliser les analyses expérimentales de PCI sur plusieurs échantillons. Conformément au cahier des charges du projet, le PCI a fait l'objet, d'une part, d'une analyse globale sur un échantillon représentatif de l'ensemble du gisement des OM constituant l'échantillon primaire et, d'autre part, de mesures répétées sur un nombre restreint de fractions, afin d'appréhender la variabilité de cette grandeur. Pour cela les catégories composites, textiles et combustibles, dont le PCI est potentiellement le plus variable au vu de leur composition (contrairement aux plastiques ou aux papiers par exemple, dont le PCI varie peu) ont été retenues et validées par le SYCTOM. Cinq mesures de PCI étaient prévues sur ces trois catégories ; en raison d'un manque de matière sur les combustibles, seulement trois mesures ont pu être réalisées sur cette catégorie.

La valeur de PCI mesurée sur l'échantillon global est 3 655 cal / g sec. Les valeurs de PCI mesurées sur sec ont été converties en valeurs par unité de masse humide en considérant les teneurs en eau (Hum) des différentes catégories et l'enthalpie de vaporisation de l'eau à 100°C selon la formule suivante :

$$\text{PCI (cal / g humide)} = \text{PCI (cal/ g sec)} \times (1 - \text{Hum}\%) - 5.5 \times \text{Hum}\%$$

4.6.2. Résultats des mesures

Les valeurs de PCI exprimées sur humide sont synthétisées dans le Tableau 44.

Catégorie	PCI (cal/g hum)	Catégorie	PCI cal/g hum)
Incombustibles	1 098	Cartons	3 386
Combustibles 1	4 122	Métaux	1 757
Combustibles 2	4 210	Déchets fermentescibles	1 020
Combustibles 3	4 051	Textiles sanitaires	1 397
Fines < 20 mm	1 217	Papiers	3 811
Composites/Complexes 1	3 690	Textiles 1	3 907
Composites/Complexes 2	3 965	Textiles 2	3 515
Composites/Complexes 3	3 993	Textiles 3	3 262
Composites/Complexes 4	3 773	Textiles 4	3 522
Composites/Complexes 5	3 230	Textiles 5	3 242
Verres	49	Plastiques	5 466

Tableau 44: Valeur de PCI mesurées sur les différentes catégories de déchets

Les proportions des différentes catégories dans l'échantillon primaire sont présentées dans le Tableau 45.

Catégories	Moyennes (% sur sec)
Déchets fermentescibles	4.05%
Papiers	18.93%
Cartons	9.26%
Composites/Complexes	1.39%
Textiles	4.19%
Textiles sanitaires	6.68%
Plastiques	12.93%
Combustibles NC	2.29%
Verres	6.53%
Métaux	4.56%
Incombustibles NC	5.03%
Déchets spéciaux	1.45%
Fines < 20 mm	22.70%
Total	100%

Tableau 45 : Proportions des différentes catégories dans l'échantillon primaire.

a) Estimation de la contribution des trois fractions à la variabilité du PCI

L'estimation de la contribution des trois fractions sélectionnées (combustibles, composites, textiles) à la variabilité du PCI de l'échantillon primaire est effectuée en considérant les mesures répétées présentées dans le Tableau 44 pour ces fractions et en faisant l'hypothèse, typiquement adoptée lorsqu'on considère de la variabilité, que les variabilités de valeurs de PCI mesurées pour les trois fractions obéissent à des lois normales. Les différentes valeurs mesurées pour ces trois fractions sont donc considérées comme des réalisations aléatoires de lois normales.

Dans un premier temps, on cale une loi normale sur les valeurs mesurées. Ces calages sont illustrés dans les figures 27, 28 et 29 ci-après.

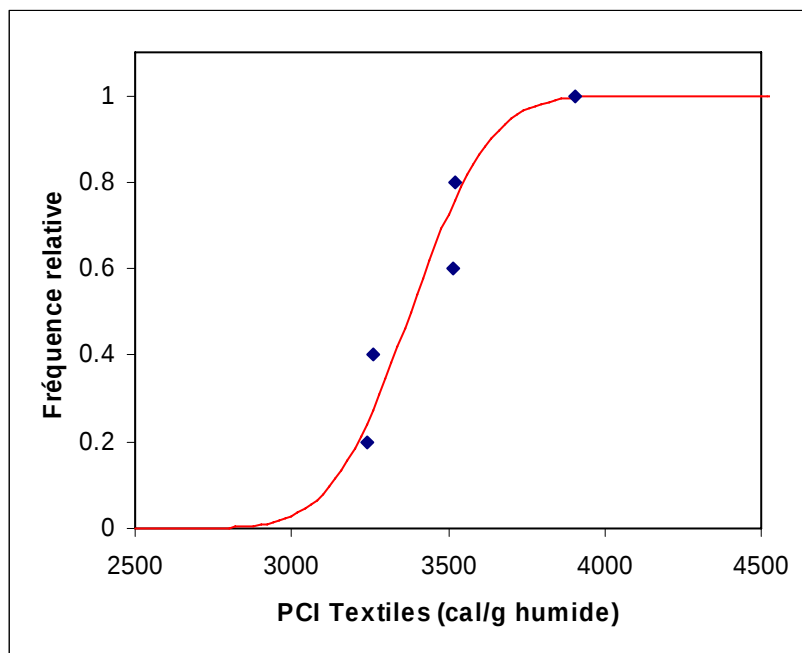


Figure 27 : Calage des mesures PCI sur textiles avec une loi normale (moyenne = 3380 cal/g humide, écart-type = 200 cal/g humide)

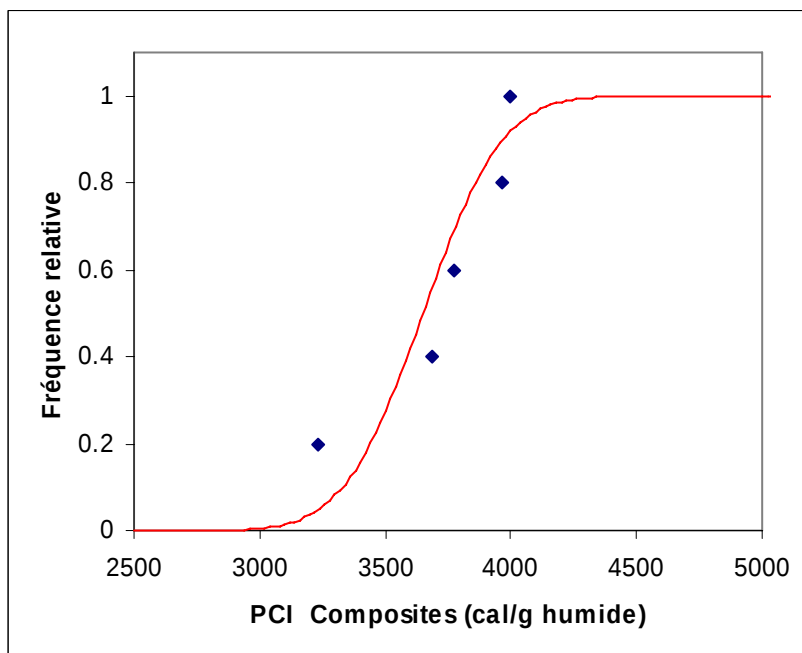


Figure 28 : Calage des mesures PCI sur composites avec une loi normale (moyenne = 3650 cal/g humide, écart-type = 250 cal/g humide).

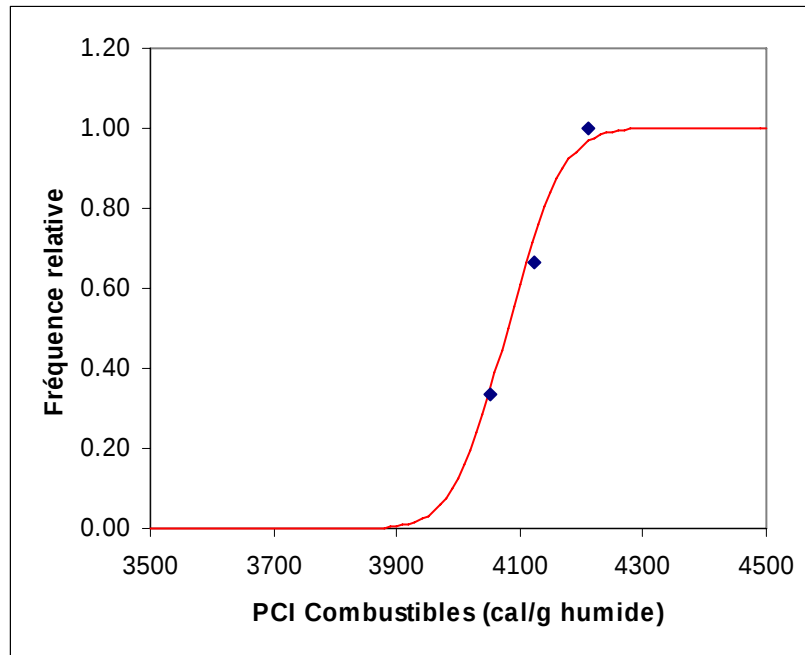


Figure 29 : Calage des mesures PCI sur combustibles avec une loi normale (moyenne = 4080 cal/g humide, écart-type = 70 cal/g humide).

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 trois 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 trois catégories.

On obtient ainsi une valeur de PCI globale de 2 577 cal/g humide avec un écart-type de 52 cal/g humide.

La valeur de PCI obtenue à partir des mesures effectuées sur les différentes catégories est donc proche de celle obtenue sur l'échantillon global (2 445 cal/g humide).

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

$$\text{PCI} = 2\,577 \pm 104 \text{ cal/g humide.}$$

Il est rappelé que cette valeur d'erreur est une borne inférieure sur l'erreur puisqu'elle est obtenue à partir de la variabilité observée sur seulement 3 fractions.

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 sont réalisés 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, etc.), 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 élevée 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 qui l'est 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 9L 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 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 seule matière organique disponible le substrat à caractériser.

Substrat à caractériser : la charge organique introduite est déterminée afin de se trouver dans des conditions de fermentation semblables aux conditions d'exploitation. Les temps de séjour pratiqués sur ordures ménagères sont généralement d'une vingtaine de jours, ainsi la quantité de substrat introduite chaque jour correspond à 1/30 du contenu total du digesteur. Il peut arriver que la quantité de substrats expédiée pour analyse soit inférieure, dans ce cas, la mesure se fait sur l'ensemble de l'échantillon reçu.

Les quantités relatives de substrat et d'inoculum seront donc choisies afin de respecter au mieux le rapport suivant :

1/30 de substrat à caractériser

29/30 d'échantillon

Témoin : Afin de vérifier que l'inoculum est bien appauvri, un digesteur est 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.

Réhumidification des substrats : il peut arriver que, pour des raisons de facilité, les substrats à caractériser aient été séchés avant expédition. Dans ce cas, il est nécessaire que les données de poids de substrat, avant et après séchage, soient transmises afin que les calculs de productivité en biogaz par rapport au produit brut puissent être effectués.

La quantité de substrat à caractériser est très faible par rapport à la quantité de volume de digesteur, la réhydratation du substrat au contact de l'inoculum liquide ne doit pas changer notablement la teneur en matière sèche du digesteur. Néanmoins, il peut être décidé de réhydrater le substrat avec la quantité d'eau perdue lors du séchage. Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser de l'eau distillée.

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 (0,5 à 1 kg généralement). 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 (NI).

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.

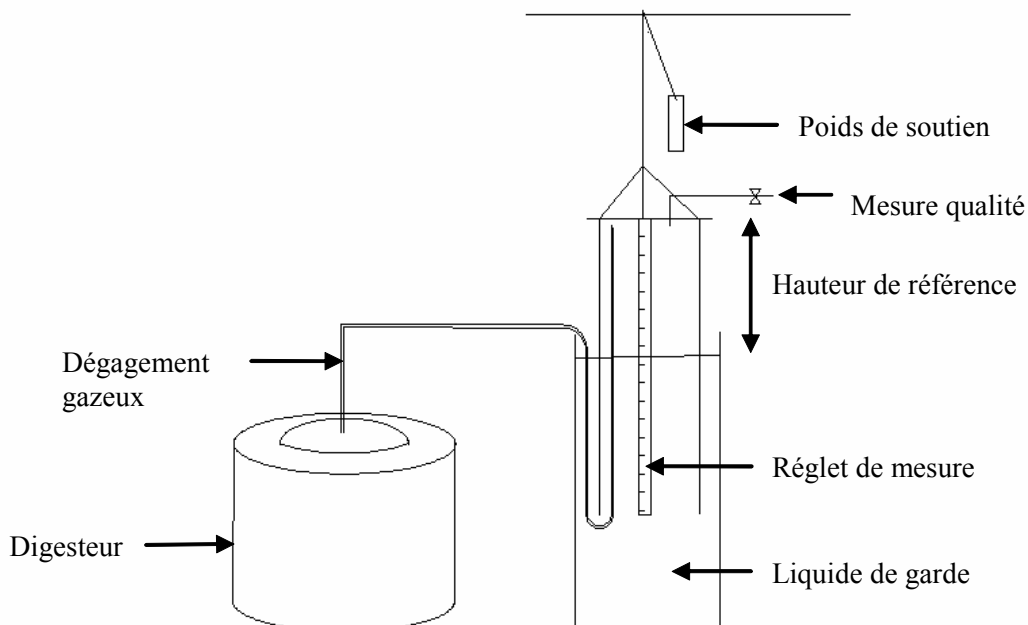


Figure 30 : Suivi expérimental pour la détermination du potentiel méthanogène

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 (Normo-litres) de gaz/kg MSV (Matière Sèche Volatile) de substrat caractérisé.

b) Correction en température

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

avec : V1 et V2 en litres

et 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.

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

Avec :

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 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 CH₄ et CO₂ 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.

$$\% \text{CH}_4 \text{ corr} = \frac{100 \times \% \text{CH}_4}{\% \text{CH}_4 + \% \text{CO}_2}$$

$$\% \text{CO}_2 \text{ corr} = \frac{100 \times \% \text{CO}_2}{\% \text{CH}_4 + \% \text{CO}_2}$$

5.1.4. Expérimentation

a) Préparation des échantillons

Avant envoi pour caractérisation en méthanisation, les ordures ont été séparées en cinq types, selon leur classe granulométrique :

- 0-20 mm
- 20-50 mm
- 50-100 mm
- 100-350 mm
- Matières Putrescibles

b) OM 0-20 mm



Figure 31 : Echantillon 0-20 mm

Cette fraction granulométrique comporte une grande partie de feuilles mortes (50%). Ensuite, ce sont les papiers/plastiques qui dominent (20%) et du gravier (10%). Des déchets de cuisine et des noisettes entières sont également présents à hauteur de 10%. Les 10% restants sont composés d'éléments divers (verre, mégots de cigarette, etc.).

c) OM 20-50 mm



Figure 32 : Echantillon 20-50 mm

Cette fraction granulométrique est fortement représentée par un ensemble de papier/carton/feuilles mortes (70%). Puis vient le plastique de l'ordre de 10% (emballages et divers tels que cintre ou fourchette) et des déchets de cuisine (10% incluant des os et du pain). On peut aussi trouver du verre, du bois et de l'aluminium en quantité moindre (10% de divers).

d) OM 50-100 mm



Figure 33 : Echantillon 50-100 mm

Cette fraction granulométrique est composée essentiellement de plastique (40% : bouteilles et sacs) et de papier (50%). Moins de 10% restants sont des éléments divers tels que cannettes (en verre et métalliques), aérosol, emballages de médicament, textile et morceaux de pain.

e) OM 100-350 mm



Figure 34 : Echantillon 100-350 mm

Cette fraction est composée d'emballages alimentaires (30%), de papier/carton/journaux (30%), de textile (10%) et de bouteilles (15% dont 5% en verre, 5% en plastique et 5% en fer). Divers éléments tels que du polystyrène, divers plastique, du bois, et des bricks de jus de fruits constituent les 15% restants.

f) OM Matières Putrescibles (M. Put.)



Figure 35 : Echantillon Matières Putrescibles

Les matières putrescibles sont constituées en majorité par l'ensemble papier/carton/journaux, à hauteur de 70%. Puis les restes de repas/pain/feuilles mortes dominant, de l'ordre de 15%. Enfin les 15% restants sont composés de textile, sacs plastique, boîtes de médicament, boîtes en verre et fer.

Photographies de digesteurs remplis de l'inoculum et du substrat à caractériser :



Figure 36 : Photographie de digesteurs remplis de l'inoculum et du substrat à caractériser (fraction 0-20 mm)



Figure 37 : Photographies de digesteurs remplis de l'inoculum et du substrat à caractériser (fraction 50-100 mm)

5.2. RESULTATS

5.2.1. Caractérisation des substrats

a) Tableau moyen MODECOM

Catégories MODECOM	Echantillon de 500 kg à 66,9% MS				
	0-20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	Putrescibles
Proportion dans l'échantillon initial	22,4%	12,2%	20,8%	38,7%	-
Déchets fermentescibles	69,1%	22,6%	3,8%	1,8%	34,8%
Papiers	1,7%	8,2%	27,2%	34,1%	39,9%
Cartons	0,4%	3,1%	5,5%	12,4%	12,4%
Composites/Complexes	0,0%	0,7%	2,5%	2,2%	0,0%
Textiles	0,0%	1,2%	2,7%	8,2%	0,0%
Textiles sanitaires	3,7%	8,8%	13,4%	4,7%	13,0%
Plastiques	1,8%	7,6%	15,2%	17,8%	0,0%
Combustibles NC	0,8%	2,5%	3,4%	3,0%	0,0%
Verres	13,5%	18,5%	9,9%	4,3%	0,0%
Métaux	1,1%	3,5%	7,6%	2,6%	0,0%
Incombustibles NC	8,0%	19,7%	5,5%	6,7%	0,0%
Déchets spéciaux	0,0%	2,8%	3,0%	1,8%	0,0%
Fines < 20 mm	0,0%	0,7%	0,2%	0,2%	0,0%

Tableau 46 : Pouvoir méthanogène – Tableau moyen MODECOM

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.

Il est possible de connaître la perte d'humidité totale de chaque type d'ordures, par contre il est impossible de connaître la perte d'humidité correspondant à chaque fraction granulométrique. Chaque fraction granulométrique a une composition bien spécifique et il n'est pas certain que la perte d'humidité soit homogène entre celles-ci.

	Echantillons				
	0-20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	Putrescibles
Proportion de biodéchets	74,8%	42,8%	50,0%	53,0%	100%
% MSV / MS	39,1%	57,0%	86,3%	82,6%	83,8%

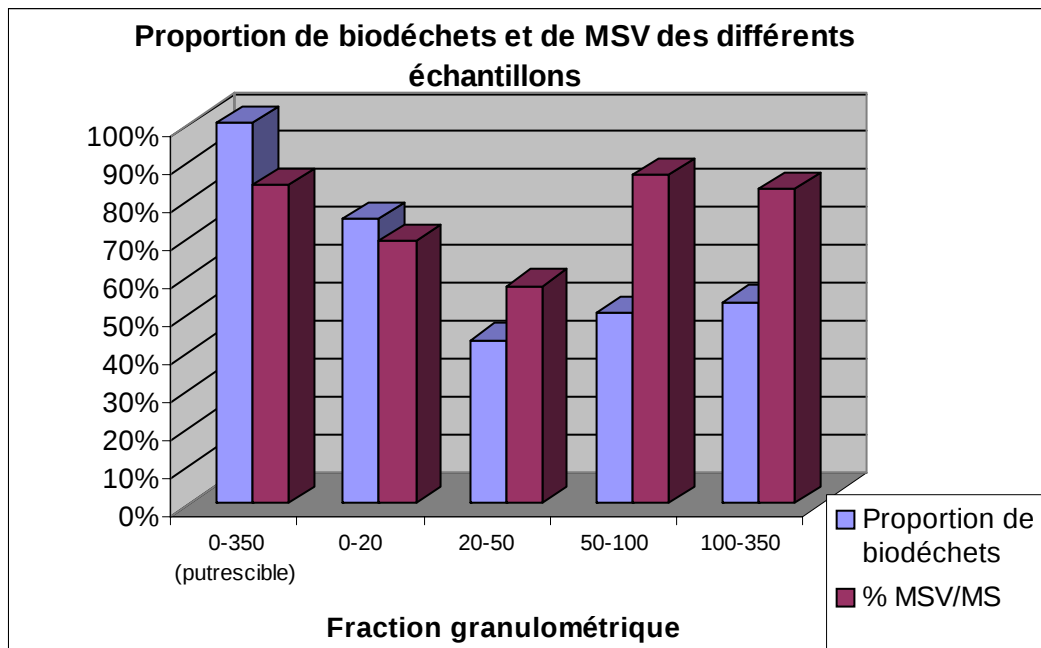


Figure 38 : Proportion de biodéchets et de MSV en fonction de la granulométrie

D'après les résultats d'analyses transmis, les fractions fines contiennent une proportion plus importante de biodéchets que les fractions plus grossières, contenant principalement du plastique, du verre et des métaux. Ceci n'est pas le cas pour les fractions granulométriques 20-50 mm et 50-100 mm, car on y observe respectivement 42,8% et 50,0% de biodéchets : des valeurs inférieures à celle de la fraction la plus grossière (100-350 mm). Lors de la préparation des échantillons pour la mise en fermentation (cf. paragraphe 4), nous avons observé une proportion de biodéchets de l'ordre de 70% pour la fraction 20-50 mm (*70% de papiers/cartons/feuilles mortes et moins de 10% de déchets de cuisines*) et de 55 à 60% pour la fraction 50-100 mm (*50% de papiers et quelques déchets de cuisines*). D'après nos précédentes campagnes et l'allure de ce graphique, les proportions en biodéchets devraient être comprises entre les valeurs des fractions 0-20 mm et 50-100 mm.

Les teneurs en eau pouvant varier d'une fraction à l'autre, les résultats de fermentation ne seront donc pas exprimés par rapport au produit brut avant séchage mais par rapport à la MS (matière sèche) ou à la MSV (matière sèche volatile).

b) Teneur en matière sèche et matière organique

Les analyses de matière sèche et matière organique ont été réalisées par un autre laboratoire pour chacune des six villes concernées. Voici le tableau présentant la moyenne des valeurs observées sur l'ensemble des villes (les valeurs de pertes au feu, encore nommées % MSV/MS sont représentées dans le graphique précédent).

		Echantillons				
		0-20 mm	20-50 mm	50-100 mm	100-350 mm	Putrescibles
Matière sèche	% MS	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Pertes au feu (550°C)	% MSV / MS	69,1 %	57,0 %	86,3 %	82,6 %	83,8 %

Tableau 47 : Matière sèche et matière organique

D'après le Tableau 47 et la Figure 38, nous remarquons que la teneur en matière sèche volatile de la fraction 20-50 mm, de 57% (notée en rouge), semble peu élevée et qu'elle ne s'intègre pas à travers les valeurs des fractions voisines telles que 0-20 mm avec 69% et 50-100 mm avec 86%. Une valeur comprise entre 70% et 86% aurait été plus représentative pour cette fraction.

Lors du traitement des résultats de fermentation, ce sont ces valeurs de MS et MSV qui ont été utilisées.

Cependant, le résultat pour la fraction 20-50 mm étant peu cohérent, nous avons dans un deuxième temps utilisé une valeur moyenne des fractions inférieure et supérieure pour la teneur en matière sèche volatile.

c) Proportion biodéchets / inertes

L'analyse MODECOM démontre que les déchets contiennent des quantités non négligeables de substrats carbonés qui ne sont pas fermentescibles. Il s'agit des textiles (<10%) et des plastiques (<20%) principalement, ainsi que la part des combustibles (<5%).

Les quantités concernées sont prises en compte dans l'essai de pertes au feu et donc dans les valeurs de matière sèche volatile alors que les plastiques et textiles, en particulier synthétiques, ne sont pas dégradables.

La catégorie **biodéchet** regroupe quatre catégories :

- les déchets putrescibles,
- les papiers,
- les cartons,
- les textiles sanitaires.

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

5.2.2. Potentiels méthanogènes des ordures ménagères

a) Potentiels méthanogènes exprimés en fonction de la MS et la MSV

Echantillon	Nm ³ CH ₄ / t MS	Nm ³ CH ₄ / t MSV
0 – 20 mm	137	199
20 - 50 mm	138	269
50 – 100 mm	158	183
100 - 350 mm	113	137
Putrescible	189	226

Tableau 48 : Potentiels méthanogènes en fonction de MS et de MSV

Les potentiels méthanogènes exprimés en fonction des quantités de MS et MSV sont pour la plupart inférieurs ou bien du même ordre de grandeur que les performances annoncées par Valorga : **256 Nm³ CH₄ / t MSV**.

Cependant nous constatons un écart relativement important au niveau de la fraction 20-50 mm avec les valeurs des fractions voisines qui sont de 199 et 183 Nm³ CH₄ / t MSV. Cette valeur suspecte peut être liée avec les observations soulevées sur les proportions en biodéchets. En effet, si nous nous basons sur les valeurs exprimées en Nm³ CH₄ / t MS, les valeurs restent plus ou moins homogènes entre-elles (de 113 à 189 Nm³ CH₄ / t MS).

Au vu de ces résultats, le potentiel méthanogène de ces substrats semble lié à la quantité de biodéchets qu'ils contiennent. Afin de le vérifier, il est intéressant d'exprimer ces résultats en Nm³ CH₄ / t MSV de biodéchets.

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

Echantillon	Nm ³ CH ₄ / t MS	Nm ³ CH ₄ / t MSV biodéchet
0 – 20 mm	137	265
20 - 50 mm	138	628
50 – 100 mm	158	415
100 - 350 mm	113	258
Putrescible	189	226

Tableau 49 : Potentiel méthanogène en fonction de la quantité de biodéchets

Le Tableau 49 confirme bien que la valeur obtenue pour la fraction 20-50 mm est douteuse. D'ailleurs, il met également en évidence un problème au niveau de la fraction supérieure, 50-100 mm (notée en rouge dans le tableau).

Ces deux valeurs, pour les fractions 20-50 mm et 50 –100 mm, qui s'élèvent respectivement à 628 et 415 Nm³ CH₄ / t MSV permettent de confirmer un problème au niveau des proportions en biodéchets et de teneur en MSV.

Dans certains cas, il est possible d'interpréter les fortes productions en méthane par la présence d'éléments gras ou huileux. En effet, ce type de déchet a un potentiel méthanogène qui avoisine les 700 Nm³ CH₄ / t MSV. Il suffit que du papier ou du carton soit imprégné d'huile ou de gras pour augmenter de façon sensible le potentiel. Toutefois, dans le cas de la fraction 20-50 mm, ce potentiel est trop proche de cette valeur : ce résultat est donc incohérent.

C'est pourquoi, dans un deuxième temps, nous nous sommes basés sur nos observations réalisées lors de la description des déchets (avant fermentation). Les valeurs retenues sont donc les suivantes :

- 70% de biodéchets pour la fraction 20-50 mm,
- 60% de biodéchets pour la fraction 50-100 mm.

De plus, au niveau de la teneur en matière sèche volatile de la fraction 20-50 mm, (cf. § *Teneur en matière sèche et matière organique*) nous avons pris la moyenne des teneurs en MSV des fractions 0-20 mm et 50-100 mm. La valeur retenue s'élève donc à 77,7 % MSV / MS.

En prenant en compte ces nouvelles données, nous obtenons les valeurs suivantes :

Echantillon	Nm ³ CH ₄ / t MS	Nm ³ CH ₄ / t MSV
0 – 20 mm	137	265
20 - 50 mm	138	281*
50 – 100 mm	158	305*
100 - 350 mm	113	258
Putrescible	189	226

* Ces valeurs correspondent aux valeurs modifiées

Tableau 50 : Potentiel méthanogène en fonction de la quantité de biodéchets (valeurs corrigées)

Avec ces données, les valeurs pour les fractions 20-50 mm et 50-100 mm semblent plus cohérentes. En effet, elles s'élèvent à 281 et 305 Nm³ CH₄ / t MSV, même si cette dernière valeur est encore qualifiée d'élevée. Comme nous l'avons mentionné auparavant, ces productions légèrement trop élevées peuvent être dues à la présence d'éléments gras.

Concernant les fractions 0-20 mm et 100-350 mm, elles sont de l'ordre de 260 Nm³ CH₄ / t MSV. Par comparaison aux valeurs moyennes données par Valorga® qui avoisinent les **256 Nm³ CH₄ / t MSV de biodéchets** (ordures ménagères passées sur une chaîne de tri. Taux résiduel d'inertes environ 5%), nous sommes tout à fait en accord.

Enfin, pour l'échantillon de biodéchets correspondant à un échantillon moyen de l'ensemble des fractions granulométriques, dans lesquelles ont été supprimés les déchets inertes, le potentiel méthanogène est de 226 Nm³ CH₄ / t MSV. Cette valeur issue uniquement des biodéchets est sans doute la plus pertinente. On peut considérer cette valeur comme représentative du potentiel méthanogène des ordures ménagères.

Les cinétiques correspondant à la production de méthane pour chacun des échantillons en fonction de la quantité de MSV de biodéchets sont représentées en annexe 9.

Les potentiels méthanogènes rapportés au poids de MSV de biodéchets sont globalement similaires aux résultats relevés pour les unités de méthanisation en fonctionnement.

c) Potentiels méthanogènes globaux

Valeurs pour une tonne de déchets secs					
<i>Fraction granulométrique</i>	<i>Proportion</i>	<i>Masse (en kg)</i>	<i>Productivité en Nm³ CH₄ / t MS</i>	<i>Quantité de CH₄ (en m³)</i>	<i>Proportion en CH₄*</i>
0-20 mm	22%	224	137	31	25%
20-50 mm	12%	122	138	17	14%
50-100 mm	21%	208	158	33	26%
100-350 mm	39%	387	113	44	35%
> 350 mm	6%	60			
TOTAL	100%	1000		124	100%

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

Tableau 51 : Potentiels méthanogènes globaux

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

Tableau 51 représente les quantités et les proportions de méthane produit sur une tonne de déchets secs. Les productivités en méthane en fonction de la teneur en matière sèche sont relativement proches pour chaque fraction granulométrique. L'ensemble, hors mis les 6% de déchets dont la granulométrie est supérieure à 350 mm, produit environ 124 m³ de CH₄ par tonne de matière sèche de déchets.

Au vu de ces résultats, il apparaît que les différentes classes participent de façon équivalente au potentiel de production de méthane des ordures qui transitent sur Romainville. Le tri granulométrique seul ne permet pas d'obtenir une fraction qui contient la majeure partie du potentiel méthanogène. Sur la chaîne de tri avant méthanisation, il sera plus avantageux de mettre en place un tri basé sur la différenciation entre biodéchets et inertes.

5.3. CONCLUSION DE LA DETERMINATION DU POTENTIEL METHANOGENE

Dans tous les cas, les potentiels méthanogènes exprimés par rapport à la matière organique de biodéchets contenus dans chaque échantillon correspondent aux valeurs courantes sur biodéchets issus d'ordures ménagères.

Les cinétiques de production de gaz sont régulières et présentent la forme caractéristique d'une dégradation anaérobie, signe que la fermentation s'est déroulée normalement.

Pour les fractions granulométriques 20-50 mm et 50-100 mm, les potentiels méthanogènes donnent des résultats aberrants. Les teneurs en biodéchets observées lors de l'analyse MODECOM ne correspondent pas à celles évaluées lors de la mise en fermentation. Les résultats exprimés par rapport à la teneur en biodéchets évaluée sur les échantillons reçus sont beaucoup plus réalistes.

Les productivités par rapport à la matière sèche de chaque classe granulométrique sont assez similaires.

La mise en fermentation d'une classe granulométrique après criblage ne peut être le seul pré-traitement sur l'installation de méthanisation envisagée.

Plusieurs raisons :

- l'ensemble des classes granulométriques ont des teneurs en inertes et déchets non organiques qui sont bien supérieures au taux normal pour un digesteur de fermentation d'ordures ménagères (rappel des études précédentes 5 à 15 %),
- les productivités par rapport à la matière sèche de chaque fraction granulométrique sont assez similaires.

Il n'est pas possible d'identifier une ou des classes granulométriques participant de façon prépondérante dans le potentiel global des ordures en transit. L'alimentation du digesteur devra se faire via une chaîne de tri permettant plutôt de séparer les biodéchets des inertes afin de retomber sur les compositions similaires à l'échantillon reconstitué putrescible.

6. Prestation d'expertise sur la Fraction Combustible Résiduelle (FCR)

Si la méthanisation offre un traitement potentiellement intéressant de la fraction fermentescible des ordures ménagères (FFOM), ses contraintes techniques imposent une séparation préalable des autres fractions (verre, matériaux inertes en général, métaux, plastiques, textiles, bois, etc.). Cette séparation est effectuée au moyen d'un tri physique (granulométrie et densité principalement) qui permet de concentrer la FFOM et qui produit différents flux de « refus ». Certains de ces refus sont regroupés en fonction de leur pouvoir calorifique inférieur (PCI) pour constituer la fraction combustible résiduelle (FCR). Cette FCR est composée principalement de papiers-cartons, plastiques et textiles, mais contient aussi une proportion des autres catégories du fait de l'imperfection des séparations.

6.1. TRAITEMENT BIO-MECANIQUE DES DECHETS

Les procédés bio-mécaniques au sens large ou traitement mécano biologique (en anglais, mechanical biological treatment ou MBT) traitent des déchets en isolant mécaniquement certaines parties destinées au traitement biologique, d'autres destinées à la valorisation énergétique ou au recyclage.

Les traitements mécano-biologiques regroupent plusieurs types de procédés mécaniques et biologiques, qui peuvent être combinés de plusieurs façons, permettant d'atteindre des objectifs variés.

6.1.1. Les traitements mécaniques

Ils permettent une séparation mécanique des différentes fractions contenues dans le déchet en des fractions potentiellement valorisables et/ou susceptibles de pouvoir subir un traitement biologique. Les procédés les plus souvent utilisés sont :

- la séparation (cribles, trommel) et le broyage (concasseur à mâchoires, broyeurs à marteaux) des inertes ;
- la séparation (par criblage, tri densimétrique et classement pneumatique) des fractions hautement calorifiques en vue d'une utilisation comme combustible ;
- la séparation des métaux, notamment par des séparations magnétiques ou par courants de Foucault pour les non ferreux ;
- la réduction granulométrique et l'homogénéisation du déchet pour le traitement biologique, par broyage et mélange.

6.1.2. Les traitements biologiques

Ils transforment la partie biodégradable en biogaz, compost et/ou fraction stabilisée biologiquement. On distingue :

- Les traitements en aérobie (compostage) qui consistent à traiter la matière à l'air libre (andains) ou à l'aide d'équipements spécifiques (tube, halls clos avec aération forcée et retournement fréquents) ;
- Les traitements en anaérobie (méthanisation) qui sont des procédés de dégradation de la matière organique par une flore microbiologique en l'absence d'oxygène. Ils s'appliquent aux déchets municipaux, industriels et agricoles. Les sous-produits de traitement consistent en un compost désodorisé et hygiénisé, un biogaz composé à environ 60% de méthane qui offre diverses possibilités de valorisation énergétique (production de chaleur, d'électricité, utilisation déportée).

6.1.3. Les fractions issues des MBT

Selon les filières de traitement retenues, les procédés MBT permettent d'isoler les matériaux recyclables et de produire une fraction hautement énergétique qui peut servir de combustible (FCR), du biogaz, du compost et/ou un résidu stabilisé.

Fractions	Application/Débouchés
Compost	Fertilisant, amendement organique pour cultures ou jardins. Dans le cas où il ne pourrait être utilisé sur des terres agricoles, il devra être enfoui en CSDU. L'utilisation en recouvrement d'anciennes décharges ou de sites pollués lorsque la qualité de l'amendement organique n'est pas suffisante (présence de sels de métaux lourds), en remblais, en bordures d'autoroutes, ne fait pas l'objet de textes réglementaires pour le moment.
Fraction combustible résiduelle	Co-combustible dans des usines de production d'énergie, combustible dans des incinérateurs spécifiques, dans des cimenteries en mélange avec d'autres combustibles (charbon, gaz naturel) dans un rapport 40(FCR)/60(autres), nécessité de broyer la FCR et de la mettre en forme (granules) : 95% des granules doivent avoir un diam < 2,5 cm). L'utilisation en mélange de la FCR est nécessaire du fait de la variabilité de sa composition et parce qu'elle possède un PCI inférieur aux autres combustibles fossiles (ex : $PCI_{\text{charbon}} = 7000 \text{ kcal/kg}$, $PCI_{\text{butane}} = 30\,000 \text{ kcal/Nm}^3$).
Biogaz	Combustion en chaudière ou turbine, production de chaleur et/ou d'électricité, mélange avec d'autres gaz par injection sur un réseau de gaz naturel si le réseau est assez proche du point de production. Réformage du méthane contenu dans le biogaz pour produire de l'hydrogène renouvelable ou biohydrogène. Dans ces deux derniers cas, il est nécessaire d'extraire du biogaz, le CO_2 , l'eau et les composés soufrés pour obtenir un gaz propre présentant une concentration en méthane supérieure à 96% (réalisations en suisse et au Luxembourg et en France dans le Tarn et la Garonne).
Fraction recyclables	Valorisation matière des métaux.
Résidu stabilisé	Mise en décharge

Tableau 52 : Principaux débouchés des fractions issues des MBT

6.2. COMPOSITION DE LA FRACTION COMBUSTIBLE RESIDUELLE

La composition de la fraction combustible résiduelle isolée du gisement d'ordures ménagères à la suite d'un ensemble d'opérations de tri mécanique est directement liée aux objectifs de valorisation de la matière et aux opérations de tri mis en œuvre. A partir de la composition des OMr en granulométrie et composition déterminées précédemment, il est possible de calculer la granulométrie et la composition de la FCR obtenue à la suite du tri granulo-densimétrique sur une chaîne de tri « type ». Tous les résultats de calculs présentés dans ce chapitre sont donnés sur OM humides, c'est-à-dire conformément à leur nature en entrée de centre de traitement mécano-biologique.

6.2.1. Schéma de tri mécanique des OMr, priorité donnée à la valorisation thermique de la FCR

Le schéma de traitement proposé a fait l'objet d'une étude approfondie sur la récupération globale des ordures ménagères brutes. Elle a été réalisée par le BRGM associé à six autres organismes dans le cadre d'un groupement bénéficiant de la délégation Générale à la Recherche scientifique et du ministère de l'Environnement. Cette étude a été entreprise à la fin des années 70. Elle a eu comme objectif général la mise au point d'un procédé de tri qui, après séparation des constituants principaux, permette leur valorisation soit par recyclage, soit par réutilisation. Les recherches ont été menées au travers de la mise au point d'une installation pilote de 2 t/h (17 000 t/an) de capacité, dont l'originalité était de n'utiliser aucun déchiquetage préalable et de mettre en jeu un nombre limité d'opérations unitaires n'impliquant qu'une faible consommation en énergie et pièces d'usure (classement par dimension, flexibilité, susceptibilité magnétique, criblage, tris pneumatiques, rebond et adhérence différentiels). Le schéma de tri comprend les éléments suivants :

- Une alimentation par trémie à extracteur à écailles équipée de dispositifs permettant le déchirement des sacs de collecte ;
- Un tri granulométrique à 200 mm dans un trommel spécialement adapté pour réduire au minimum la casse des objets les plus fragiles, principalement les bouteilles en verre (releveurs équipés d'amortisseurs en caoutchouc, surface criblante très ajourée et installée à même l'orifice d'alimentation). Ce trommel réalise la séparation entre des objets passant au travers de trou ronds de 200 mm de diamètre et des objets plus volumineux refusés sur la zone de criblage ;
- Une extraction de ferrailles par un overband électromagnétique travaillant sur la fraction passée au travers des trous de 200 mm du trommel de tête. Ce type d'équipement présente d'excellentes performances de tri pouvant atteindre 90 à 95% sur OM brutes. Il peut également être suivi d'un séparateur par courants de Foucault qui présente des performances similaires. Pour les besoins de la simulation nous n'avons pas fait intervenir de séparateur par courants de Foucault car le MODECOM ne fait pas de distinction entre métaux ferreux et métaux non ferreux. Nous avons considéré que les métaux non ferreux étaient

captés de la même façon que les métaux ferreux et récupérés dans la catégorie générique « métaux recyclables ». Par contre, il serait tout à fait indiqué de mettre en œuvre un séparateur par courant de Foucault sur une installation de tri industrielle ;

- Un criblage de la fraction non magnétique, à deux étages, respectivement aux mailles rondes de 50 mm et carrées de 20 mm ;
- Un soufflage par air comprimé dans une séparatrice par déviation de chute libre permettant l'envolement des fractions légères contenues dans les refus de criblage à 50 mm ;
- Un tri par rebond-adhérence différentiels des fractions non déviées sur un appareil composé de deux bandes inclinées, la première alimentant, la seconde équipée d'une sole rigide de réception et de rebond qui évacue, à contre courant ascendant les produits adhérents ;
- Une séparation densimétrique des produits non-adhérents sur table pneumatique.

Ce schéma est présenté sur la Figure 39 suivante ; son fonctionnement donne la priorité à la valorisation thermique de la FCR (hypothèse n°1, définie par le SYCTOM).

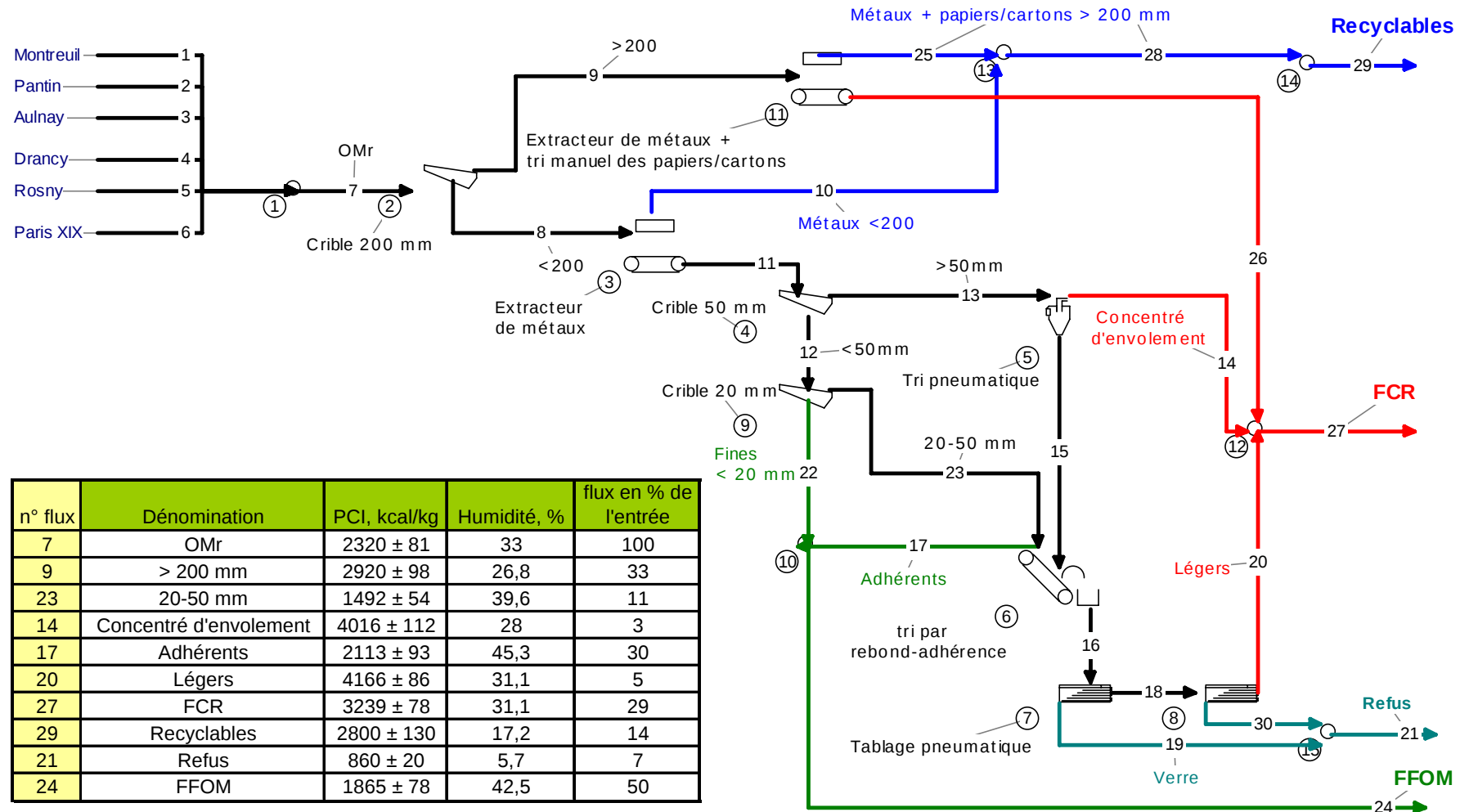


Figure 39 : Schéma de traitement mécanique des OMr (hypothèse 1)

6.2.2. Caractéristiques des déchets en entrée d'unité de tri mécanique

Pour les besoins de la simulation numérique, une composition moyenne des déchets en catégories et classes granulométriques a été recalculée à partir des caractérisations réalisées sur les 6 lots de déchets (Montreuil, Pantin, Aulnay, Drancy, Rosny et Paris 19^{ème}). La composition donnée dans le Tableau 53 suivant est celle du flux 7 (OMr) du schéma de tri (cf. Figure 39).

Elle a été calculée à partir des résultats de caractérisation des déchets exprimés sur produits secs. Pour chaque lot de déchets une humidité globale a été mesurée. A partir de cette humidité globale et de l'humidité moyenne (données Cemagref – cf. Annexe 3) de chaque catégorie, il est possible de recalculer une composition des déchets en catégories et classes granulométriques sur humide. La description obtenue est donnée dans le Tableau 53. On y observe que **60 % des déchets triés présentent une granulométrie inférieure à 100 mm**. L'humidité moyenne des déchets est de 33 % et le pouvoir calorifique inférieur (PCI) moyen calculé à partir des mesures de PCI réalisés sur chacune de catégories est de 9700 ± 340 kJ/kg (2320 ± 81 kcal/kg) (cf. Tableau 54). La variabilité de PCI a été évaluée pour chaque catégorie en intégrant, lorsqu'elles étaient disponibles, les mesures de PCI des différentes classes granulométriques des catégories ou les mesures répétées de PCI pour chaque catégorie. La variabilité du PCI des textiles sanitaires, des verres, des métaux, des déchets spéciaux et des éléments n'a pu être calculée du fait de l'absence de mesures multiples pour ces catégories.

Les granulométries moyennes des six échantillons sont relativement proches comme le montre la Figure 40. Par contre, on peut noter une nette différence des granulométries par catégorie (Figure 41). On remarquera en particulier que les déchets **fermentescibles** sont essentiellement représentés par des éléments fins (**90% ont une taille inférieure à 100 mm**), que la part des **éléments fins dans les textiles sanitaires** n'est pas négligeable (**70% ont une taille inférieure à 100 mm**) et que les papiers, plastiques, cartons, métaux et combustibles non classés présentent une granulométrie plus importante (plus de 60% sont supérieurs à 100mm).

Catégories	Classe granulométrique (en % sur humide)					Moyenne (en % sur hum)
	> 350 mm	> 100 mm	> 50 mm	> 20 mm	< 20 mm	
	4.6	34.9	22.1	13.8	24.6	
Fermentescibles	0.0	2.0	7.8	38.7	0.0	7.8
Papiers	0.0	35.5	14.2	6.5	0.0	16.4
Cartons	38.5	11.7	5.2	2.0	0.0	7.3
Composites	0.0	2.3	1.8	0.2	0.0	1.2
Textiles	5.6	8.0	1.0	0.8	0.0	3.4
Textiles sanitaires	0.0	10.5	32.6	16.2	0.0	13.1
Plastiques	13.6	19.7	16.0	6.5	0.0	11.9
Combustibles non classés	18.8	1.5	0.8	0.9	0.0	1.7
Verres	0.0	3.6	7.6	11.4	0.0	4.5
Métaux	15.9	2.3	6.8	2.3	0.0	3.3
Incombustibles	1.3	2.1	4.9	13.4	0.0	3.7
Déchets Spéciaux	6.2	0.8	1.4	1.2	0.0	1.0
Eléments fins	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	24.6

Tableau 53 : Description des déchets en entrée de MBT en catégories et classes granulométriques (en % sur humide)

Catégories	Humidité (%)	PCI (kJ/kg)	Variabilité PCI (%)
Fermentescibles	65.6	4 495	3.4
Papiers	22.1	12 707	6.9
Cartons	15.4	13 448	2.1
Composites	24.0	15 345	0.3
Textiles	19.6	14 016	2.5
Textiles sanitaires	66.3	4 923	5.6
Plastiques	27.9	21 846	1.8
Comb. non class	10.0	16 070	0.9
Verres	2.9	135	1.0
Métaux	8.0	7 153	1.3
Incombustibles	6.3	4 372	3.7
Déch. Spéciaux	6.0	16 006	0.6
Eléments fins	38.2	6 218	3.7
Moyenne	33.1	9 706	3.5

Tableau 54 : Humidité et PCI moyens des déchets en entrée de MBT

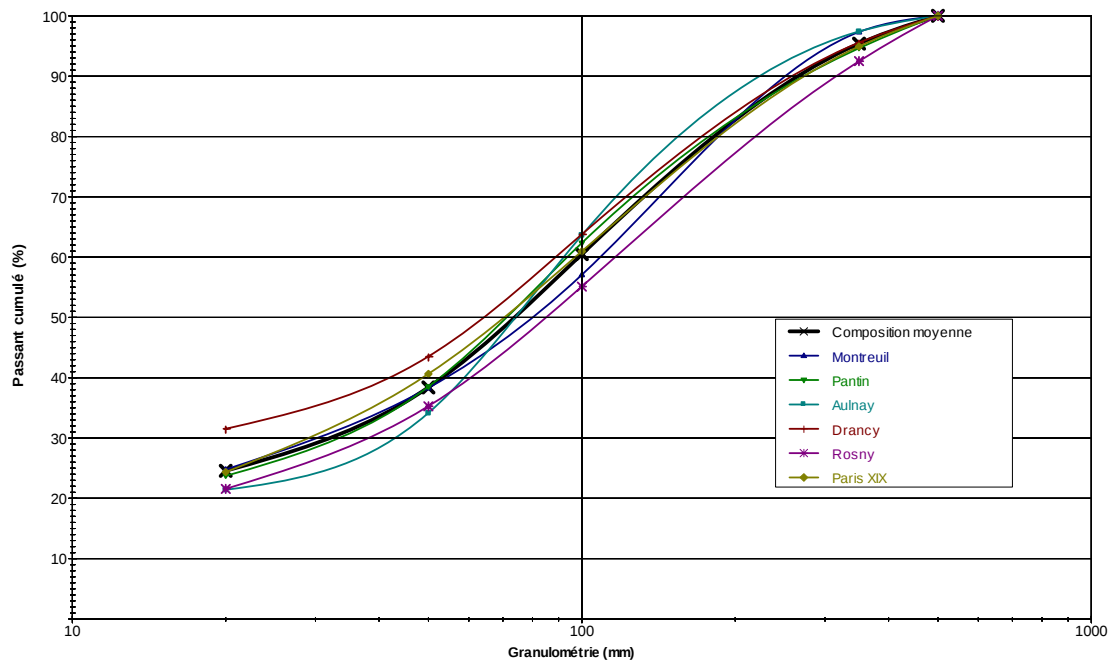


Figure 40 : Distributions granulométriques moyennes des lots de déchets caractérisés

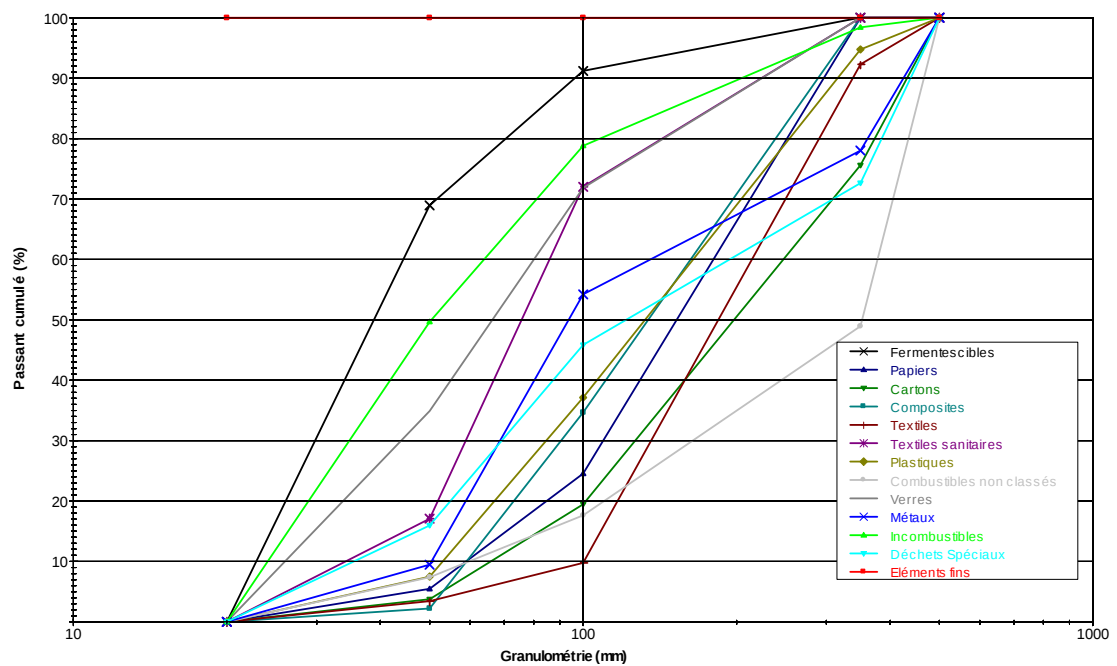


Figure 41 : Distributions granulométriques moyennes du flux d'OM reconstitué.

6.2.3. Analyse globale des principaux concentrés de tri

Le simulateur permet de calculer la granulo-composition de la totalité des flux circulant dans l'unité de tri mécanique à partir de la granulo-composition des déchets en entrée et de la performance des équipements de tri. A partir de la granulo-composition spécifique à chaque flux et du PCI de chaque catégorie mesuré expérimentalement (on suppose qu'il n'y a pas de variation de PCI au sein d'une catégorie de déchets, en fonction de la granulométrie), il est possible de calculer le PCI de chaque flux par la formule :

$$PCI = \sum_i x_i PCI_i \pm \Delta PCI$$

$$\Delta PCI = \sum_i (\Delta x_i PCI_i + x_i \Delta PCI_i)$$

Où x_i représente la fraction massique de la catégorie i dans un flux et PCI_i , le pouvoir calorifique inférieur correspondant à cette catégorie. La variabilité des fractions massiques est calculée à partir des résultats de tri, celle des PCI est calculée à partir des mesures expérimentales réalisées sur chaque catégorie.

a) Concentré de refus de trommel à 200 mm (flux n°9, 33% du flux d'entrée)

Le Tableau 55 suivant présente les constituants principaux de ce concentré, qui consistent en : les papiers-cartons, les textiles sanitaires et les grands sacs en plastiques, qui représentent plus de 65 % de la masse totale.

Catégories	Répartition en masse (%)
Fermentescibles	3.5
Papiers	25.2
Cartons	13.8
Composites	1.7
Textiles	6.3
Textiles sanitaires	10.0
Plastiques	16.6
Combustibles non classés	3.8
Verres	3.4
Métaux	4.3
Incombustibles	2.5
Déchets Spéciaux	1.6
Éléments fins	7.4

Tableau 55 : Composition du concentré de refus de trommel à 200 mm (hyp 1)

Les proportions respectives de papiers-cartons et de plastiques sont en moyenne de 39 % et 16,6 % ; toutefois, ces chiffres risquent de varier localement en fonction du type de collecte. Les fermentescibles sont essentiellement représentés par les éléments grossiers (ligneux, etc.). Les éléments fins représentent 7,4 % de ce concentré. Leur présence s'explique par l'imperfection de l'opération de tri granulométrique et qui se caractérise par le court-circuit de fines (fines entraînées mécaniquement par les plus gros éléments ou collées aux objets volumineux). L'humidité moyenne de ce concentré est de 26,8 % et son PCI est égal à 12200 ± 410 kJ/kg (2920 ± 98 kcal/kg).

b) Concentré de criblage intermédiaire (+20 –50 mm, flux n°23, 11% du flux d'entrée)

L'humidité de ce concentré est proche de 40 %, son PCI est d'environ 6236 ± 230 kJ/kg (1492 ± 54 kcal/kg). Il est essentiellement constitué d'éléments fins et de fermentescibles (cf. Tableau 56). Les teneurs en verre et en textiles sanitaires sont respectivement égales à 4,1 % et 5,9 %.

Catégories	Répartition en masse (%)
Fermentescibles	14.1
Papiers	2.3
Cartons	0.7
Composites	0.1
Textiles	0.3
Textiles sanitaires	5.9
Plastiques	2.3
Combustibles non classés	0.3
Verres	4.1
Métaux	0.1
Incombustibles	4.9
Déchets Spéciaux	0.4
Eléments fins	64.5

Tableau 56 : Composition du concentré de criblage intermédiaire (+20 -50 mm) (hyp 1)

c) Concentré d'envolement (flux n°14, 3% du flux d'entrée)

Ce flux (cf. Tableau 57) est essentiellement constitué de papiers divers, feuilles d'écriture et pochettes (environ 24 % de la masse) de films plastiques (55 %) et d'éléments fins et légers (14,2 % : bois, feuillages...). Il présente une humidité de 28 % et un PCI de 16790 ± 470 kJ/kg (4016 ± 112 kcal/kg). Ces caractéristiques (granulométrie, humidité et PCI) en font un bon combustible pouvant être valorisé thermiquement.

Catégories	Répartition en masse (%)
Fermentescibles	1.5
Papiers	23.7
Cartons	4.1
Composites	1.0
Textiles	0.0
Textiles sanitaires	0.0
Plastiques	55.5
Combustibles non classés	0.0
Verres	0.0
Métaux	0.0
Incombustibles	0.0
Déchets Spéciaux	0.0
Eléments fins	14.2

Tableau 57 : Composition du concentré d'envolement (hyp 1)

d) Concentré de produits adhérents (flux n°17, 30% du flux d'entrée)

Le concentré de produits adhérents renferme majoritairement des fermentescibles, des papiers et des textiles sanitaires dont la granulométrie est comprise entre 50 et 200 mm (cf. Tableau 58). L'humidité de ce flux s'élève à 45% et son PCI à 8830 ± 390 kJ/kg (2113 ± 93 kcal/kg).

Catégories	Répartition en masse (%)
Fermentescibles	20.7
Papiers	23.1
Cartons	8.3
Composites	1.7
Textiles	4.1
Textiles sanitaires	30.9
Plastiques	4.7
Combustibles non classés	0.6
Verres	0.0
Métaux	0.0
Incombustibles	0.0
Déchets Spéciaux	0.0
Eléments fins	5.9

Tableau 58 : Composition du concentré de produits adhérents (hyp 1)

e) Concentré de légers de tablage pneumatique (flux n°20, 5% du flux d'entrée)

Ce concentré est très riche en emballages creux de moyennes dimensions (50 à 200 mm) contenus dans les ordures ménagères. Il comprend près de 2/3 de déchets plastiques, principalement des bouteilles PVC et PEHD (cf. Tableau 59). Son humidité est de 31% et son PCI s'élève à 17415 ± 360 kJ/kg (4166 ± 86 kcal/kg) ce qui en fait un concentré très intéressant pour une valorisation thermique.

Catégories	Répartition en masse (%)
Fermentescibles	6.2
Papiers	6.9
Cartons	2.5
Composites	2.4
Textiles	1.2
Textiles sanitaires	9.2
Plastiques	62.6
Combustibles non classés	5.2
Verres	0.1
Métaux	0.4
Incombustibles	1.2
Déchets Spéciaux	2.1
Eléments fins	0.0

Tableau 59 : Composition du concentré de légers de tablage pneumatique (hyp 1)

f) Caractéristiques du concentré de FFOM (flux n°24, 50% du flux d'entrée)

La fraction fermentescible des OMr issue du traitement mécanique contient une grande quantité de matériaux fins (< 20 mm) riches en éléments putrescibles (végétaux) et dans une moindre mesure des fermentescibles (12,5 %), des papiers/cartons (19 %) et des textiles sanitaires (18,6 %). Avec une humidité moyenne de 42 % et un PCI moyen de 7790 ± 330 kJ/kg (1865 ± 78 kcal/kg), ce concentré est naturellement destiné à une valorisation matière par traitement biologique.

Catégories	Répartition en masse (%)
Fermentescibles	12.5
Papiers	13.9
Cartons	5.0
Composites	1.0
Textiles	2.5
Textiles sanitaires	18.6
Plastiques	2.8
Combustibles non classés	0.4
Verres	0.0
Métaux	0.0
Incombustibles	0.0
Déchets Spéciaux	0.0
Eléments fins	43.3

Tableau 60 : Composition du concentré de FFOM (hyp 1)

g) Caractéristiques du concentré de recyclables (flux n°29, 14% du flux d'entrée)

Ce concentré représente 14% du flux d'entrée du procédé. Il est composé de papiers/cartons (78,4 %) et de métaux (21,6 %).

Catégories	Répartition en masse (%)
Fermentescibles	0.0
Papiers	50.7
Cartons	27.7
Composites	0.0
Textiles	0.0
Textiles sanitaires	0.0
Plastiques	0.0
Combustibles non classés	0.0
Verres	0.0
Métaux	21.6
Incombustibles	0.0
Déchets Spéciaux	0.0
Eléments fins	0.0

Tableau 61 : Composition du concentré de recyclables (hyp1)

h) Caractéristiques des refus (flux n°21, 7% du flux d'entrée)

Les refus sont très majoritairement constitués d'incombustibles (40,2 %), de verres (47,7 %) et de déchets spéciaux (6 %). Ils sont destinés à être stockés en CET de classe 2. Le verre récupéré à l'issue de l'étape de tablage pneumatique a peu de chance de respecter les prescriptions techniques minimales qui permettent aux verriers de recycler le verre dans des conditions techniques et économiques acceptables. En effet, le verre est récupéré dans les lourds de tablage densimétrique parfois également appelés les V.C.C. (Verre, Cailloux, Calcaire). Or, les produits refusés par les verriers sont ceux présentant des impuretés étrangères à l'emballage verre. Il s'agit en particulier des infusibles (porcelaine, grès, faïence, grès, terre, pierres, graviers, ciment), des verres spéciaux (pare-brise, écrans de télévision) et tout autre produit tel que le papier, le carton, le bois, le plastique... L'acceptabilité du verre en centre de traitement (recyclage) est basée sur 4 critères :

- La densité : en dessous de 0,7 le verre est déclaré conforme, entre 0,7 et 1 le verre peut être traité mais avec un surcoût de traitement ; pour une densité supérieure ou égale à 1, le verre est déclaré non-conforme aux PTM et n'est donc pas repris ;
- Le taux d'impuretés globales : il ne doit pas dépasser 2 % ;
- La teneur en infusibles : elle ne doit pas être supérieure à 0,5 % (5 kg/t) ;
- Le taux de verre de couleur dans le verre incolore : ce taux ne doit pas excéder 12 %.

Catégories	Répartition en masse (%)
Fermentescibles	0.2
Papiers	0.3
Cartons	0.1
Composites	0.1
Textiles	0.0
Textiles sanitaires	0.3
Plastiques	2.3
Combustibles non classés	0.2
Verres	47.7
Métaux	2.4
Incombustibles	40.2
Déchets Spéciaux	6.0
Eléments fins	0.0

Tableau 62 : Composition du concentré de refus (hyp 1)

i) Caractéristiques de la FCR (flux n°27, 29% du flux d'entrée)

Ce flux de FCR est un mélange du concentré de refus de trommel à 200 mm, du concentré d'envolement et du concentré de légers de tablage pneumatique. Il contient 11,3 % de papiers/cartons, 13 % de textiles sanitaires et 35,8% de plastiques. L'humidité de ce flux est proche de 31 % et son PCI s'élève à 13540 ± 330 kJ/kg (3240 ± 78 kcal/kg).

Catégories	Répartition en masse (%)
Fermentescibles	5.2
Papiers	8.1
Cartons	3.2
Composites	2.5
Textiles	7.4
Textiles sanitaires	13.0
Plastiques	35.8
Combustibles NC	5.2
Verres	3.9
Métaux	0.6
Incombustibles	3.0
Déchets Spéciaux	2.1
Eléments fins	10.0

Tableau 63 : Composition de la FCR (hyp 1)

A partir de la composition de la FCR et de celle des déchets entrant dans l'installation de tri mécanique, il est possible d'évaluer le taux de captage des différentes catégories dans la FCR en vue d'une valorisation thermique de cette dernière (cf. Tableau 64). Les valeurs indiquées dans ce tableau correspondent, pour chaque catégorie, au pourcentage massique sur humide de cette catégorie qui se retrouve, après tri, dans la FCR.

Catégories	Pourcentage extraction vers FCR, objectif SYCTOM	Pourcentage extraction vers FCR, simulation BRGM
Déchets fermentescibles	15	19
Papiers	15	14
Cartons	15	13
Composites/Complexes	85	58
Textiles	85	63
Textiles Sanitaires	85	29
Plastiques	85	87
Combustibles Non Classés	85	88
Verre	15	26
Métaux	15	5
Incombustibles Non Classés	15	24
Déchets Ménagers Spéciaux	85	59
Eléments fins < 20 mm	15	12

Tableau 64 : Taux de captage des catégories des OM en vue d'une valorisation thermique de la FCR (hyp 1)

On observe sur le tableau précédent que les résultats des simulations sont proches des objectifs définis par le SYCTOM et que la seule différence notable concerne les textiles sanitaires pour lesquels il n'a pas été possible, par simulation, d'atteindre le taux de valorisation envisagé de 85%. En effet, la granulométrie de cette catégorie de déchets en entrée de procédé impose qu'une partie importante (environ 70%) passe au travers du crible en tête de maille 200 mm et, ce faisant, seulement 30 % de cette catégorie se retrouve dans la FCR. Quoiqu'il en soit, la valorisation biologique est bien adaptée à cette catégorie. Enfin, la quantité de FCR isolée représente 29 % en masse du flux total d'OM en entrée de centre de tri mécanique et 40 % de l'énergie initialement contenue dans les OM.

6.2.4. Schéma de tri mécanique des OMr, priorité donnée à la valorisation matière

Pour cette seconde hypothèse définie par le SYCTOM (hypothèse 2) où la priorité est donnée à la valorisation matière au niveau de la chaîne de tri préalable à la digestion anaérobie de la fraction fermentescible, le schéma de tri mécanique a été modifié selon la Figure 42. L'objectif recherché ici par le SYCTOM est de ne plus extraire les textiles sanitaires et les plastiques dans le flux de FCR. Cette modification porte ainsi sur trois éléments :

- le tri manuel des papiers/cartons et des plastiques contenus dans le refus de criblage primaire à 200 mm avec des rendements de tri respectivement égaux à 85 % et 60 %. Ces catégories, ainsi que les métaux, font l'objet d'une valorisation matière (flux de recyclables sur le flowsheet),

- la suppression de l'étape de tri pneumatique. Cette suppression est justifiée par le fait que ce flux ne représentait que 3% du flux d'entrée et que, bien qu'il soit constitué majoritairement de plastiques (55 %), essentiellement des films plastiques non recyclables.
- Une récupération des plastiques contenus dans le concentré de légers de tablage pneumatique par tri manuel en vue leur recyclage et l'incorporation des refus de tri riches en papiers/cartons et fermentescibles au flux de FFOM destiné au traitement biologique (méthanisation).

Cette modification du schéma de tri mécanique entraîne directement une modification de la composition des différents concentrés. Ces compositions sont explicitées dans le paragraphe suivant.

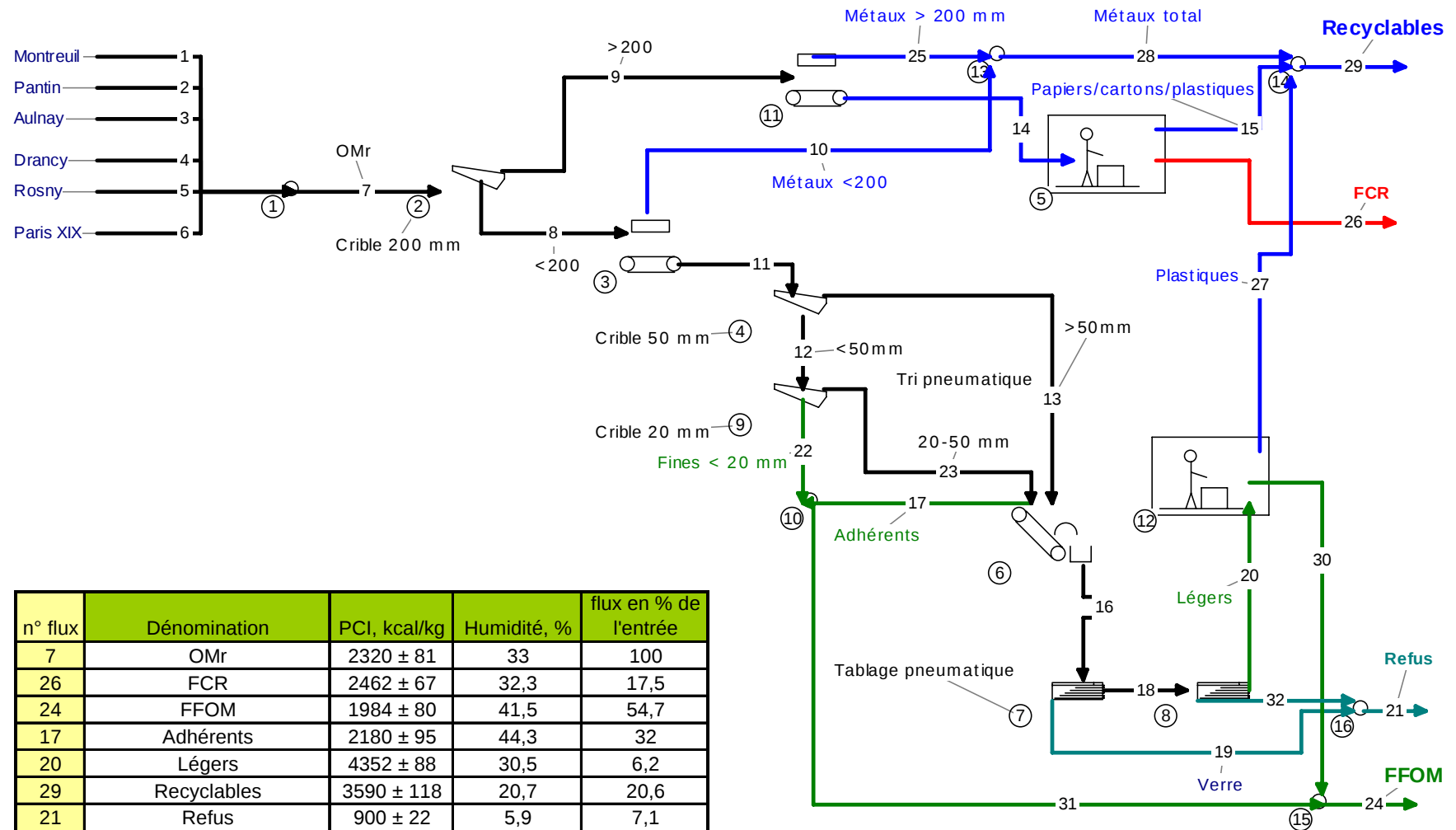


Figure 42 : Schéma de traitement mécanique des OMr, priorité donnée à la valorisation matière (hypothèse 2)

6.2.5. Analyse globale des principaux concentrés de tri

a) Caractéristiques du concentré de FFOM (flux n°24, 54,7% du flux d'entrée)

La fraction fermentescible des OMr issue du traitement mécanique contient une grande quantité de matériaux fins < 20 mm riches en éléments putrescibles (végétaux) et dans une moindre mesure des fermentescibles (12,1 %), des papiers/cartons (19,7 %) et des textiles sanitaires (17,9 %). Avec une humidité moyenne de 41,5 % et un PCI moyen de 8290 ± 334 kJ/kg (1980 ± 80 kcal/kg), ce concentré est naturellement destiné à une valorisation matière par traitement biologique. Le flux de FFOM représente en masse 54,7 % du flux d'OM en entrée de centre de tri mécanique.

Catégories	Répartition en masse (%)
Fermentescibles	12.1
Papiers	14.7
Cartons	5.0
Composites	1.2
Textiles	2.4
Textiles sanitaires	17.9
Plastiques	5.1
Combustibles NC	0.8
Verres	0.0
Métaux	0.0
Incombustibles	0.1
Déchets Spéciaux	0.2
Eléments fins	40.4

Tableau 65 : Composition du concentré de FFOM (hyp 2)

b) Caractéristiques du flux de recyclables (flux n°29, 20,6% du flux d'entrée)

Le concentré de matériaux recyclables est composé de papiers/cartons (53 %), de plastiques (32,5 %) et de métaux (14,6 %). Il représente 20,7 % en masse, du flux d'OMr entrant dans le procédé de tri mécanique.

Catégories	Répartition en masse (%)
Fermentescibles	0.0
Papiers	34.3
Cartons	18.7
Composites	0.0
Textiles	0.0
Textiles sanitaires	0.0
Plastiques	32.5
Combustibles NC	0.0
Verres	0
Métaux	14.6
Incombustibles	0.0
Déchets Spéciaux	0.0
Eléments fins	0.0

Tableau 66 : Composition du concentré de refus (hyp 2)

c) Caractéristiques de la FCR (flux n°26, 17,5% du flux d'entrée)

Ce flux de FCR est un mélange du concentré de refus de trommel à 200 mm, du concentré d'envolement et du concentré de légers de tablage pneumatique. Il contient 11 % de papiers/cartons, 18,8 % de textiles sanitaires et 12,5% de plastiques. L'humidité de ce flux est proche de 32 % et son PCI s'élève à 10290±280 kJ/kg (2462±67 kcal/kg).

Catégories	Répartition en masse (%)
Fermentescibles	6.5
Papiers	7.1
Cartons	3.9
Composites	3.2
Textiles	11.9
Textiles sanitaires	18.8
Plastiques	12.5
Combustibles NC	7.1
Verres	6.5
Métaux	0.8
Incombustibles	4.7
Déchets Spéciaux	2.9
Eléments fins	14.0

Tableau 67 : Composition de la FCR (hyp 2)

d) Caractéristiques du flux de refus (flux n°21, 7,1% du flux d'entrée)

Le flux de refus correspond aux concentrés de lourds de tablage pneumatique c'est-à-dire les Verres/Cailloux/Calcaire (V.C.C.). Ce flux est donc majoritairement représenté par les catégories « Verres » (47,3%) et « Incombustibles » (39,9%). L'humidité de ce flux est de 6 % et son PCI s'élève à 3755±90 kJ/kg (900±20 kcal/kg). Pour cette hypothèse de travail où la priorité est donnée à la valorisation matière, le flux de refus représente 7% du flux d'entrée.

Catégories	Répartition en masse (%)
Fermentescibles	0.2
Papiers	0.3
Cartons	0.1
Composites	0.1
Textiles	0.0
Textiles sanitaires	0.3
Plastiques	3.2
Combustibles NC	0.2
Verres	47.3
Métaux	2.4
Incombustibles	39.9
Déchets Spéciaux	6.0
Eléments fins	0

Tableau 68 : Composition du flux de refus (hyp 2)

Pour ce scénario 2, l'objectif défini par le SYCTOM (ne plus extraire les textiles sanitaires et les plastiques dans le flux de FCR) s'accompagne également d'une modification des taux de captage des autres catégories. En particulier, on observe sur le Tableau 69 que la modification du procédé pour atteindre les objectifs recherchés entraîne également une diminution de la quantité de papiers/cartons extraite dans la FCR (suppression du tri pneumatique), d'une faible diminution de la quantité de textiles sanitaires extraite (tri manuel des légers de tablage pneumatique et ajout des refus de tri à la FFOM) et d'une diminution importante de la quantité de plastiques extraite (suppression du tri pneumatique, absence de concentré d'envolement riche en plastiques dans la FCR).

A l'examen des résultats de simulation du Tableau 69, on observe que les quantités de chaque catégorie extraite dans la FCR sont assez proches des objectifs visés par le SYCTOM. Pour ce scénario, la quantité totale de FCR extraite représente 17,5% en masse du flux d'OM en entrée de centre de tri-mécanique et 18,6% du potentiel énergétique des OM.

Catégories	Pourcentage extraction vers FCR, objectif SYCTOM	Pourcentage extraction vers FCR, simulation BRGM
Déchets fermentescibles	15	15
Papiers	15	8
Cartons	15	9
Composites/Complexes	85	45
Textiles	85	62
Textiles Sanitaires	15	25
Plastiques	15	18
Combustibles Non Classés	85	73
Verre	15	25
Métaux	15	4
Incombustibles Non Classés	15	22
Déchets Ménagers Spéciaux	85	49
Eléments fins < 20 mm	15	10

*Tableau 69 : Taux de captage des catégories des OMr,
priorité donnée à la valorisation matière (hyp 2)*

7. Conclusions

La campagne de caractérisation des ordures ménagères résiduelles, objet de ce rapport, est la première d'une série de quatre campagnes prévues dans le cadre d'un 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 et de l'unité de traitement par incinération d'Ivry sur Seine. Dans ce cadre, les opérations suivantes ont été réalisées :

- Echantillonnage dans les règles de l'art de six bennes à ordures ménagères (BOM) des villes de Montreuil, Pantin, Aulnay sous Bois, Drancy, Rosny sous Bois et Paris 19^{ème} sur le centre de transfert de Romainville, de façon à constituer des échantillons d'environ 130 kg représentatifs de leur BOM d'origine. Cette masse de 130 kg est compatible avec les prescriptions de la norme AFNOR X30-466 concernant la caractérisation sur sec des déchets ménagers, méthode retenue par le SYCTOM pour le tri des échantillons.
- Tri des six échantillons constitués, en vue de déterminer la composition de chacun d'entre eux en catégories/sous-catégories MODECOM™.
- Analyses élémentaires (correspondants à des analyses physico-chimiques), détermination du pouvoir calorifique et détermination du potentiel méthanogène. Ces analyses ont été réalisées sur des catégories, sur des fractions granulométriques ou sur des échantillons dits « globaux », constitués à partir des échantillons provenant des six communes prises en compte.

Les résultats issus de cette première campagne permettent déjà d'avoir une bonne représentation de la qualité des ordures ménagères résiduelles transitant par le centre de transfert de Romainville. Il faut néanmoins veiller à ne pas trop extrapoler les tendances observées, dans la mesure où elles sont issues de la caractérisation de six échantillons ponctuels seulement.

Les prochaines campagnes permettront de confirmer ou de nuancer les résultats obtenus ici et présentés dans ce premier rapport et en tout état de cause, un bilan général pourra être dressé à la fin des quatre caractérisations (représentant 24 échantillons d'OMr).

Annexe 1

Fiches détaillées des prélèvements

Montreuil

Date 29-nov-06
Météo Beau, sec, 10°
Heure 13h00
Collecte Montreuil centre

Benne Observations 658 CVF 92
 Masse benne pleine (kg) 16480
 Masse benne vide (kg) 12380
 Masse déchets (kg) 4100

Prélèvements sur site

		Masses <i>(en kg sur humide)</i>
Prélèvement total	Echantillon primaire	527.4
Tri au sol	"Hétéroclites"	27.1
	Masse OMr gardées (environ 1/4)	106.7
	Fraction "Sacs"	48.5
	Fraction "Vrac"	58.2
	Total pour séchage et tri	133.8
Masse rejetée en fosse		393.6

Rapport d'échantillonnage du quart retenu : 0.21

Montreuil : En ce qui concerne la BOM sélectionnée pour le prélèvement, les catégories d'habitat sont les suivants :

- 70% de pavillonnaire,
- 15% de collectif dense (supérieur à R + 5),
- 10% d'activités (PME, artisanat),
- 5% de restauration collective (établissements scolaires).

PANTIN

Date 29-nov-06
Météo Beau, sec, 10°
Heure 9h30
Collecte Pantin - Secteur 5 (Pré St Gervais)
Observations OMr (+Sces techniques et commerces)
Benne 413 CXH 78
 Masse benne pleine (kg) 24520
 Masse benne vide (kg) 14100
 Masse déchets (kg) 10420

Prélèvements sur site

		Masses humides (en kg)
Prélèvement total	Echantillon primaire	506.15
Tri au sol	"Hétéroclites"	39.7
	Masse OMr gardées (environ 1/4)	96.5
	Fraction "Sacs"	27.2
	Fraction "Vrac"	69.3
	Total pour séchage et tri	136.2
Masse rejetée en fosse		369.95

Rapport d'échantillonnage du quart retenu : 0.21

Pantin : La BOM sélectionnée concernait un secteur de collecte correspondant globalement à un habitat vertical avec des immeubles de ville, deux écoles privées (mais le point de restauration n'est pas sur le secteur) et une école maternelle avec un réfectoire pour environ 215 repas en liaison froide.

AULNAY-sous-BOIS

Date 07-déc-06
Météo Pluie, vent, froid, 5°
Heure 9h00
Collecte **Aulnay**
 Observations HLM
Benne 197 CTC 92
 Masse benne pleine (kg) 24500
 Masse benne vide (kg) 14080
 Masse déchets (kg) 10420

Prélèvements sur site

		Masses <i>(en kg sur humide)</i>
Prélèvement total	Echantillon primaire	534.7
Tri au sol	"Hétéroclites"	17.9
	Masse OMr gardées (environ 1/4)	124.3
	Fraction "Sacs"	52
	Fraction "Vrac"	72.3
	Total pour séchage et tri	142.2
Masse rejetée en fosse		392.5

Rapport d'échantillonnage du quart retenu : 0.24

Aulnay-sous-Bois : La BOM sélectionnée a collecté les quartiers situés au Nord-Est d'Aulnay. Ceux-ci comprennent en particulier :

- La cité SAVIGNY (2500 hab),
- La caserne des Pompiers (80 hab),
- Le foyer de travailleurs SONACOTRA (250 hab),
- Le quartier du Gros Saules comprenant 2 écoles primaires, 1 maternelle, la Mairie annexe et 1 foyer de travailleurs AFTAM (5230 hab),
- Le lotissement de pavillons du Gros Saule (1000 hab).

Soit un total d'environ 9500 habitants dont 1000 en pavillons et 8500 en habitat collectif dense.

DRANCY

Date 07-déc-06
Météo Pluie, vent, froid, 5°
Heure 10h10
Collecte **Drancy**
 Observations Citées
Benne 814 DAV 91
 Masse benne pleine (kg) 26580
 Masse benne vide (kg) 14660
 Masse déchets (kg) 11920

Prélèvements sur site

		Masses <i>(en kg sur humide)</i>
Prélèvement total	Echantillon primaire	511.50
Tri au sol	"Hétéroclites"	25.55
	Masse OMr gardées (environ 1/4)	123
	Fraction "Sacs"	36
	Fraction "Vrac"	87
	Total pour séchage et tri	148.55
Masse rejetée en fosse		362.95

Rapport d'échantillonnage du quart retenu : 0.25

Drancy : La BOM sélectionnée a collecté exclusivement des ménages en habitat collectif.

ROSNY-sous-BOIS

Date 13-déc-06
Météo Froid, sec
Heure 11h00
Collecte **Rosny-sous-Bois**
Observations OMr ?? (nbx papiers et déchets alimentaires)
Benne 5585 WG 93
 Masse benne pleine (kg) 19460
 Masse benne vide (kg) 15300
 Masse déchets (kg) 4160

Prélèvements sur site

		Masses <i>(en kg sur humide)</i>
Prélèvement total	Echantillon primaire	503.15
Tri au sol	"Hétéroclites"	41.45
	Masse OMr gardées (environ 1/4)	95.6
	Fraction "Sacs"	24.05
	Fraction "Vrac"	71.55
	Total pour séchage et tri	137.05
Masse rejetée en fosse		366.1

Rapport d'échantillonnage du quart retenu : 0.21

Rosny-sous-Bois : La BOM a collecté un secteur essentiellement constitué d'une zone collective avec des immeubles d'habitations et comprenant également :

- 2 écoles,
- 2 crèches municipales,
- Un bâtiment de restauration collective,
- 1 maison de retraite privée,
- 1 piscine municipale,
- 1 bibliothèque municipale,
- 1 centre culturel municipal,
- 1 centre technique municipal.

PARIS 19ème

Date 13-déc-06
Météo Foid, sec
Heure 9h15
Collecte Paris XIXème

Observations

Benne 138 EXR 92
 Masse benne pleine (kg) 22620
 Masse benne vide (kg) 15780
 Masse déchets (kg) 6840

Prélèvements sur site

		Masses <i>(en kg sur humide)</i>
Prélèvement total	Echantillon primaire	500.05
Tri au sol	"Hétéroclites"	27.7
	Masse OMr gardées (environ 1/4)	105.85
	Fraction "Sacs"	57
	Fraction "Vrac"	48.85
	Total pour séchage et tri	133.55
Masse rejetée en fosse		366.5

Rapport d'échantillonnage du quart retenu : 0.22

Paris 19 ° : Pas d'information. Habitat principalement vertical.

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

MONTREUIL

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		19.0%				
1.1	alimentaires		1.4%	2.1%		
1.2	jardin ligneux		0.1%			
1.3	jardins non ligneux		2.5%	0.03%		
2 Papiers		0.3%				
2.1	emballages papiers		0.6%	0.1%	0.2%	
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			2.7%	10.1%	
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés				5.6%	
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires				1.1%	
2.5	autres papiers				3.7%	
3 Cartons		0.03%				
3.1	emballages cartons plats		0.1%	0.8%	2.8%	
3.2	emballages cartons ondulés			0.1%	2.2%	1.3%
3.3	autres cartons		0.01%		0.03%	
4 Composites/Complexes						
4.1	ELA			0.05%	0.64%	
4.2	autres		0.11%		0.25%	
5 Textiles						
5.1	vêtements			0.1%	2.1%	0.1%
5.2	autres textiles		0.05%		0.3%	
6 Textiles sanitaires		0.2%	1.0%	2.8%	2.7%	
7 Plastiques		0.17%				
7.1	films polyoléfines (PE et PP)		0.1%	0.6%	2.7%	0.3%
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur			0.2%		
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.3%	1.2%	
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)			0.3%	0.4%	
7.5	autres emballages plastiques		0.2%	0.9%	1.6%	0.0%
7.6	autres déchets plastiques		0.4%	0.9%	1.8%	
8 Combustibles NC		0.40%				
8.1	emballages en bois				0.7%	0.5%
8.2	chaussures					
8.3	autres déchets combustibles NC		0.3%		0.3%	
9 Verres		1.8%				
9.1	emballages en verre incolore/transparent		1.0%	1.6%	1.5%	
9.2	emballages en verre de couleur		0.8%	0.8%	2.2%	
9.3	autres déchets en verre		0.1%			
10 Métaux		0.10%				
10.1	métaux ferreux		0.3%	0.6%	1.0%	0.1%
10.2	métaux non ferreux		0.1%	0.2%	0.1%	
11 Incombustibles NC		1.2%	1.0%	2.1%		0.5%
12 Déchets spéciaux						
12.1	DEEE					0.7%
12.2	piles, batteries et accumulateurs					
12.3	produits chimiques			0.0%	0.0%	
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso					
12.5	déchets de soins, hospitaliers		0.34%	0.03%		
12.6	autres déchets spéciaux					
13 Fines < 20 mm			0.02%	0.1%	0.1%	0.0%
Total		23.3%	10.6%	17.4%	45.2%	3.5%
		100%				

PANTIN

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	16.1%				
1.1 alimentaires		3.1%	0.7%		
1.2 jardin ligneux					
1.3 jardins non ligneux		0.2%			
2 Papiers	0.3%				
2.1 emballages papiers		1.1%	4.7%	0.0%	
2.2 qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités				5.3%	
2.3 imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés				2.8%	
2.4 autres imprimés non sollicités/publicitaires				0.5%	
2.5 autres papiers				2.1%	0.01%
3 Cartons	0.05%				
3.1 emballages cartons plats		0.3%	1.2%	2.6%	
3.2 emballages cartons ondulés			0.2%	1.1%	1.7%
3.3 autres cartons				0.07%	
4 Composites/Complexes					
4.1 ELA			0.19%	1.02%	
4.2 autres			0.06%	0.09%	
5 Textiles					
5.1 vêtements				1.1%	0.3%
5.2 autres textiles		0.10%		0.9%	
6 Textiles sanitaires	2.4%	1.4%	3.7%	4.1%	
7 Plastiques	0.92%				
7.1 films polyoléfinés (PE et PP)		0.2%	1.8%	4.0%	0.4%
7.2 bouteilles et flacons en PET de couleur				0.2%	
7.3 bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.1%	0.8%	
7.4 bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)			0.5%	0.4%	
7.5 autres emballages plastiques		0.2%	0.8%	1.0%	
7.6 autres déchets plastiques		0.7%	1.0%	1.3%	
8 Combustibles NC	0.05%				
8.1 emballages en bois				0.5%	2.9%
8.2 chaussures					
8.3 autres déchets combustibles NC		0.1%		0.03%	
9 Verres	1.0%				
9.1 emballages en verre incolore/transparent		0.8%	0.7%	0.8%	
9.2 emballages en verre de couleur		1.0%	3.0%	1.9%	
9.3 autres déchets en verre					
10 Métaux	0.38%				
10.1 métaux ferreux		0.1%	3.9%	1.0%	0.9%
10.2 métaux non ferreux		0.1%	0.5%	0.02%	
11 Incombustibles NC	0.9%	3.3%	1.3%		
12 Déchets spéciaux					
12.1 DEEE					0.5%
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%			
12.6 autres déchets spéciaux					
13 Fines < 20 mm		0.21%	0.04%	0.04%	0.2%
Total	22.1%	12.9%	24.4%	33.7%	7.0%
			100%		

AULNAY sous BOIS

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		14.1%				
1.1	alimentaires		1.8%	0.7%	1.1%	
1.2	jardin ligneux					
1.3	jardins non ligneux		0.9%			
2 Papiers		0.7%				
2.1	emballages papiers		1.6%		0.3%	
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			0.3%	3.0%	
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés				5.4%	
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires				0.5%	
2.5	autres papiers			2.8%	1.8%	
3 Cartons		0.08%				
3.1	emballages cartons plats		0.2%	1.7%	2.8%	
3.2	emballages cartons ondulés		0.02%	0.2%	1.8%	1.2%
3.3	autres cartons		0.04%		0.27%	
4 Composites/Complexes						
4.1	ELA			0.23%	1.01%	
4.2	autres				0.01%	
5 Textiles						
5.1	vêtements			1.1%	7.6%	0.6%
5.2	autres textiles		0.02%		1.2%	
6 Textiles sanitaires		0.1%	1.1%	7.8%	1.8%	
7 Plastiques		0.29%				
7.1	films polyoléfines (PE et PP)		0.1%	1.7%	3.8%	0.1%
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur				0.1%	
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.4%	1.7%	
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)			0.4%	0.9%	
7.5	autres emballages plastiques		0.2%	1.6%	1.0%	
7.6	autres déchets plastiques		0.5%	0.7%	0.6%	
8 Combustibles NC		0.33%				
8.1	emballages en bois				0.2%	1.6%
8.2	chaussures				0.8%	
8.3	autres déchets combustibles NC		0.2%	0.5%		
9 Verres		4.2%				
9.1	emballages en verre incolore/transparent		2.3%	1.0%	0.2%	
9.2	emballages en verre de couleur		0.3%	1.2%	0.6%	
9.3	autres déchets en verre					
10 Métaux		0.63%				
10.1	métaux ferreux		0.6%	1.1%	0.8%	0.1%
10.2	métaux non ferreux		0.2%	0.3%		
11 Incombustibles NC		0.8%	1.4%	0.2%		
12 Déchets spéciaux						
12.1	DEEE					0.1%
12.2	piles, batteries et accumulateurs		0.09%			
12.3	produits chimiques			0.23%		
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso					
12.5	déchets de soins, hospitaliers		0.11%		0.05%	
12.6	autres déchets spéciaux					
13 Fines < 20 mm			0.01%	0.07%	0.05%	0.0%
Total		21.3%	11.8%	24.0%	39.2%	3.7%
		100%				

DRANCY

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	17.6%				
1.1 alimentaires		1.3%	0.8%	0.3%	
1.2 jardin ligneux					
1.3 jardins non ligneux		0.4%	0.02%		
2 Papiers	0.3%				
2.1 emballages papiers		1.1%		0.9%	
2.2 qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			0.7%	0.4%	
2.3 imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés				6.8%	
2.4 autres imprimés non sollicités/publicitaires				0.2%	
2.5 autres papiers			3.6%	4.4%	
3 Cartons	0.16%				
3.1 emballages cartons plats		0.2%	2.0%	4.5%	
3.2 emballages cartons ondulés			0.4%	0.6%	2.5%
3.3 autres cartons		0.02%		0.05%	
4 Composites/Complexes					
4.1 ELA			0.2%	0.7%	
4.2 autres		0.07%	0.6%	0.2%	
5 Textiles					
5.1 vêtements			0.2%	2.1%	0.0%
5.2 autres textiles				0.9%	
6 Textiles sanitaires	0.1%	1.2%	1.8%	1.1%	
7 Plastiques	0.42%				
7.1 films polyoléfines (PE et PP)		0.2%	1.1%	2.9%	0.5%
7.2 bouteilles et flacons en PET de couleur			0.3%	0.1%	
7.3 bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.4%	2.2%	
7.4 bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)		0.01%	0.8%	0.9%	
7.5 autres emballages plastiques		0.2%	1.8%	1.1%	
7.6 autres déchets plastiques		0.6%	0.3%	1.2%	
8 Combustibles NC	0.13%				
8.1 emballages en bois				0.2%	1.3%
8.2 chaussures			0.6%		
8.3 autres déchets combustibles NC		0.1%	0.3%		
9 Verres	9.1%				
9.1 emballages en verre incolore/transparent		1.2%	0.5%	0.4%	
9.2 emballages en verre de couleur		1.2%	0.9%	0.8%	
9.3 autres déchets en verre		0.1%			
10 Métaux	0.27%				
10.1 métaux ferreux		0.1%	1.0%	1.5%	0.5%
10.2 métaux non ferreux		0.3%	0.3%	0.04%	
11 Incombustibles NC	0.7%	1.3%	1.0%		
12 Déchets spéciaux					
12.1 DEEE					0.8%
12.2 piles, batteries et accumulateurs		0.5%			
12.3 produits chimiques			0.5%	0.07%	
12.4 tubes fluorescents et ampoules basse conso					
12.5 déchets de soins, hospitaliers		0.2%	0.4%		
12.6 autres déchets spéciaux					
13 Fines < 20 mm		0.01%	0.09%	0.07%	0.1%
Total	28.7%	10.4%	20.3%	34.8%	5.8%
100%					

ROSNY

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		8.7%				
1.1	alimentaires		0.8%	0.4%		
1.2	jardin ligneux					
1.3	jardins non ligneux		0.2%			
2 Papiers		0.6%				
2.1	emballages papiers				0.2%	
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités				4.1%	
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés		1.0%	4.7%	2.0%	
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires					
2.5	autres papiers				12.2%	
3 Cartons		0.1%				
3.1	emballages cartons plats		0.3%	0.7%	1.0%	
3.2	emballages cartons ondulés			0.4%	4.4%	3.4%
3.3	autres cartons		0.02%			
4 Composites/Complexes						
4.1	ELA			0.1%	0.1%	
4.2	autres			0.8%	0.4%	
5 Textiles						
5.1	vêtements				0.1%	0.4%
5.2	autres textiles		0.6%		1.6%	0.4%
6 Textiles sanitaires		2.1%	0.7%	1.6%	0.4%	
7 Plastiques		0.01%				
7.1	films polyoléfines (PE et PP)		0.1%	0.7%	2.1%	0.5%
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur					
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.2%	0.4%	
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)				0.2%	
7.5	autres emballages plastiques		0.1%	0.9%	0.6%	1.2%
7.6	autres déchets plastiques		0.9%	0.9%	0.8%	
8 Combustibles NC		0.04%				
8.1	emballages en bois		0.1%	0.1%	0.2%	0.6%
8.2	chaussures				0.6%	
8.3	autres déchets combustibles NC			0.1%	0.1%	
9 Verres		0.2%				
9.1	emballages en verre incolore/transparent		1.5%	1.7%	0.5%	
9.2	emballages en verre de couleur		0.5%	0.2%	0.7%	
9.3	autres déchets en verre		0.5%	0.3%		
10 Métaux		0.03%				
10.1	métaux ferreux		0.1%	2.2%	0.9%	2.1%
10.2	métaux non ferreux		0.2%	0.3%		
11 Incombustibles NC		5.4%	5.9%	2.8%	5.3%	
12 Déchets spéciaux						
12.1	DEEE					
12.2	piles, batteries et accumulateurs					
12.3	produits chimiques			0.4%	1.9%	
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso					
12.5	déchets de soins, hospitaliers		0.01%			
12.6	autres déchets spéciaux					
13 Fines < 20 mm			0.2%	0.1%	0.1%	0.1%
Total		17.2%	13.8%	19.5%	40.8%	8.7%
		100%				

PARIS 19ème

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	17.3%				
1.1 alimentaires		3%	0.6%	0.6%	
1.2 jardin ligneux		0.2%	0.1%	0.1%	
1.3 jardins non ligneux		0.5%			
2 Papiers	0.1%				
2.1 emballages papiers		0.9%	2%	0.4%	
2.2 qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités				6%	
2.3 imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés				2%	
2.4 autres imprimés non sollicités/publicitaires				0.8%	
2.5 autres papiers				3%	
3 Cartons	0.06%				
3.1 emballages cartons plats		0.1%	1%	5%	3.5%
3.2 emballages cartons ondulés			0.4%	2%	
3.3 autres cartons		0.8%	0.02%		
4 Composites/Complexes					
4.1 ELA			0.5%	0.9%	
4.2 autres				0.2%	
5 Textiles					
5.1 vêtements				2%	
5.2 autres textiles		0.02%	0.2%	0.8%	
6 Textiles sanitaires	0.1%	1.2%	3.9%	1.7%	
7 Plastiques	0.60%				
7.1 films polyoléfinés (PE et PP)		0.1%	1.1%	4%	0.5%
7.2 bouteilles et flacons en PET de couleur				0.3%	
7.3 bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.4%	0.9%	
7.4 bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)			0.1%	0.7%	
7.5 autres emballages plastiques		0.3%	1.6%	1.8%	0.4%
7.6 autres déchets plastiques		0.7%	0.3%	1.1%	
8 Combustibles NC	0.12%				
8.1 emballages en bois				0.7%	
8.2 chaussures					
8.3 autres déchets combustibles NC		0.2%			
9 Verres	1.7%				
9.1 emballages en verre incolore/transparent		1.8%	2.0%	0.4%	
9.2 emballages en verre de couleur		0.6%	0.7%	0.8%	
9.3 autres déchets en verre		0.1%			
10 Métaux	0.06%				
10.1 métaux ferreux		0.1%	1.5%	1.2%	2.2%
10.2 métaux non ferreux		0.2%	0.2%	0.04%	
11 Incombustibles NC	1.7%	2.2%	1.3%	0.4%	
12 Déchets spéciaux					
12.1 DEEE					
12.2 piles, batteries et accumulateurs		0.1%			
12.3 produits chimiques					0.2%
12.4 tubes fluorescents et ampoules basse conso					
12.5 déchets de soins, hospitaliers		0.1%	1.1%	0.2%	
12.6 autres déchets spéciaux					
13 Fines < 20 mm		0.12%	0.02%	0.21%	0.0%
Total	21.7%	13.8%	19.0%	38.6%	6.9%
			100%		

Moyenne Campagne 1

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	15.4%				
1.1 alimentaires		1.9%	0.9%	0.3%	
1.2 jardin ligneux		0.04%	0.02%	0.01%	
1.3 jardins non ligneux		0.8%	0.01%		
2 Papiers	0.4%	1.0%	3.6%		
2.1 emballages papiers				0.3%	
2.2 qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités				4.9%	
2.3 imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés				4.1%	
2.4 autres imprimés non sollicités/publicitaires				0.5%	
2.5 autres papiers				4.6%	0.002%
3 Cartons	0.1%				
3.1 emballages cartons plats		0.2%	1.2%	3.1%	0.5%
3.2 emballages cartons ondulés		0.003%	0.3%	2.0%	1.7%
3.3 autres cartons		0.1%	0.003%	0.1%	
4 Composites/Complexes					
4.1 ELA			0.2%	0.7%	
4.2 autres		0.03%	0.2%	0.2%	
5 Textiles					
5.1 vêtements			0.2%	2.5%	0.2%
5.2 autres textiles		0.1%	0.04%	0.9%	0.1%
6 Textiles sanitaires	0.9%	1.1%	3.6%	2.0%	
7 Plastiques	0.4%				
7.1 films polyoléfinés (PE et PP)		0.1%	1.2%	3.2%	0.4%
7.2 bouteilles et flacons en PET de couleur			0.1%	0.1%	
7.3 bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			0.3%	1.2%	
7.4 bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)		0.002%	0.3%	0.6%	
7.5 autres emballages plastiques		0.2%	1.2%	1.2%	0.3%
7.6 autres déchets plastiques		0.6%	0.7%	1.1%	
8 Combustibles NC	0.2%				
8.1 emballages en bois		0.03%	0.01%	0.4%	1.2%
8.2 chaussures			0.1%	0.2%	
8.3 autres déchets combustibles NC		0.1%	0.1%	0.1%	
9 Verres	2.9%				
9.1 emballages en verre incolore/transparent		1.4%	1.3%	0.6%	
9.2 emballages en verre de couleur		0.7%	1.1%	1.2%	
9.3 autres déchets en verre		0.1%	0.1%		
10 Métaux	0.2%				
10.1 métaux ferreux		0.2%	1.7%	1.1%	1.0%
10.2 métaux non ferreux		0.2%	0.3%	0.03%	
11 Incombustibles NC	1.8%	2.6%	1.5%	1.0%	0.1%
12 Déchets spéciaux					
12.1 DEEE					0.4%
12.2 piles, batteries et accumulateurs		0.1%			
12.3 produits chimiques			0.2%	0.3%	0.03%
12.4 tubes fluorescents et ampoules basse conso					
12.5 déchets de soins, hospitaliers		0.1%	0.2%	0.04%	
12.6 autres déchets spéciaux					
13 Fines < 20 mm		0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Total	22.3%	12.2%	20.8%	38.8%	5.9%
			100%		

Annexe 4

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

MONTREUIL

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	418.3						
1.1 alimentaires		663	801				
1.2 jardin ligneux		46					
1.3 jardins non ligneux		1 175	11				
2 Papiers	6.3						
2.1 emballages papiers		282	56	136			
2.2 qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			1 053	7 795			
2.3 imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés				4 313			
2.4 autres imprimés non sollicités/publicitaires				846			
2.5 autres papiers				2 861			
3 Cartons	0.7						
3.1 emballages cartons plats		66	291	2 168			
3.2 emballages cartons ondulés			26	1 687			4 600
3.3 autres cartons		7		21			
4 Composites/Complexes							
4.1 ELA			18	498			
4.2 autres		53		191			
5 Textiles							
5.1 vêtements			56	1 630			400
5.2 autres textiles		22		259			
6 Textiles sanitaires	4.4	493	1 059	2 112			
7 Plastiques	3.8						
7.1 films polyoléfinés (PE et PP)		35	228	2 068			950
7.2 bouteilles et flacons en PET de couleur			87				
7.3 bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			116	932			
7.4 bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)			114	331			
7.5 autres emballages plastiques		92	337	1 238			
7.6 autres déchets plastiques		207	355	1 393			
8 Combustibles NC	8.7						
8.1 emballages en bois				547			1 950
8.2 chaussures							
8.3 autres déchets combustibles NC		125		259			
9 Verres	40.6						
9.1 emballages en verre incolore/transparent		459	603	124		5 320	
9.2 emballages en verre de couleur		355	303			7 980	
9.3 autres déchets en verre		62					
10 Métaux	2.3						
10.1 métaux ferreux		153	218	810			300
10.2 métaux non ferreux		52	85	57			
11 Incombustibles NC	27	475	821				1 800
12 Déchets spéciaux							
12.1 DEEE							2 650
12.2 piles, batteries et accumulateurs							
12.3 produits chimiques							
12.4 tubes fluorescents et ampoules basse conso							
12.5 déchets de soins, hospitaliers		158	13				
12.6 autres déchets spéciaux							
13 Fines < 20 mm		8	25	72			100
Total	512.1	4 988	6 676	32 348	0	13 300	12 750
			44 524.1			26 050	

PANTIN

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	419.9						
1.1 alimentaires		1 171	233				
1.2 jardin ligneux							
1.3 jardins non ligneux		65					
2 Papiers	8.6						
2.1 emballages papiers		432	1 501	33			
2.2 qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités				3 821			
2.3 imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés				2 036			
2.4 autres imprimés non sollicités/publicitaires				343			
2.5 autres papiers				1 509			50
3 Cartons	1.3						
3.1 emballages cartons plats		101	378	1 910			
3.2 emballages cartons ondulés			49	764			5 800
3.3 autres cartons				54			
4 Composites/Complexes							
4.1 ELA			62	739			
4.2 autres			19	62			
5 Textiles							
5.1 vêtements				812			1 200
5.2 autres textiles		37		674			
6 Textiles sanitaires	62.7	543	1 182	2 950			
7 Plastiques	24.1						
7.1 films polyoléfinés (PE et PP)		93	567	2 889			1 300
7.2 bouteilles et flacons en PET de couleur				141			
7.3 bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			48	610			
7.4 bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)			150	291			
7.5 autres emballages plastiques		65	262	752			
7.6 autres déchets plastiques		261	314	949			
8 Combustibles NC	1.2						
8.1 emballages en bois				377			10 250
8.2 chaussures							
8.3 autres déchets combustibles NC		28		20			
9 Verres	25.1						
9.1 emballages en verre incolore/transparent		285	232			2 895	
9.2 emballages en verre de couleur		377	962			6 755	
9.3 autres déchets en verre							
10 Métaux	9.9						
10.1 métaux ferreux		20	1 266	736			3 250
10.2 métaux non ferreux		55	162	14			
11 Incombustibles NC	22.2	1 259	428				
12 Déchets spéciaux							
12.1 DEEE							1 800
12.2 piles, batteries et accumulateurs							
12.3 produits chimiques							
12.4 tubes fluorescents et ampoules basse conso							
12.5 déchets de soins, hospitaliers		8					
12.6 autres déchets spéciaux							
13 Fines < 20 mm		78	12	31			800
Total	575	4 878	7 827	22 517	0	9 650	24 450
			35 797			34 100	

AULNAY sous BOIS

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		529					
1.1	alimentaires		773	218	938		
1.2	jardin ligneux						
1.3	jardins non ligneux		378				
2 Papiers		28					
2.1	emballages papiers		682		215		
2.2	qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			88	2 490		
2.3	imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés				4 446		
2.4	autres imprimés non sollicités/publicitaires				385		
2.5	autres papiers			880	1 463		
3 Cartons		2.9					
3.1	emballages cartons plats		97	538	2 362		
3.2	emballages cartons ondulés		7	51	1 475		4 200
3.3	autres cartons		17		220		
4 Composites/Complexes							
4.1	ELA			75	840		
4.2	autres				11		
5 Textiles							
5.1	vêtements			338	6 299		1 950
5.2	autres textiles		8		983		
6 Textiles sanitaires		2.1	456	2 491	1 454		
7 Plastiques		10.9					
7.1	films polyoléfines (PE et PP)		60	545	3 170		350
7.2	bouteilles et flacons en PET de couleur				42		
7.3	bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			131	1 380		
7.4	bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)			127	772		
7.5	autres emballages plastiques		66	501	795		
7.6	autres déchets plastiques		219	232	526		
8 Combustibles NC		12.3					
8.1	emballages en bois				151		5 500
8.2	chaussures				679		
8.3	autres déchets combustibles NC		97	149			
9 Verres		159.5					
9.1	emballages en verre incolore/transparent		982	323		854	
9.2	emballages en verre de couleur		147	381		2 196	
9.3	autres déchets en verre						
10 Métaux		23.7					
10.1	métaux ferreux		272	353	624		400
10.2	métaux non ferreux		94	85			
11 Incombustibles NC		31.2	585	74			
12 Déchets spéciaux							
12.1	DEEE						400
12.2	piles, batteries et accumulateurs		38				
12.3	produits chimiques			74			
12.4	tubes fluorescents et ampoules basse conso						
12.5	déchets de soins, hospitaliers		47		39		
12.6	autres déchets spéciaux						
13 Fines < 20 mm			6	22	44		50
Total		799.6	5 031	7 676	31 803	0	12 850
		45 309.6				15 900	

DRANCY

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	432						
1.1 alimentaires		752	243	284			
1.2 jardin ligneux							
1.3 jardins non ligneux		240	5				
2 Papiers	6.5						
2.1 emballages papiers		600		798			
2.2 qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités			207	348			
2.3 imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés				5 800			
2.4 autres imprimés non sollicités/publicitaires				199			
2.5 autres papiers			1 117	3 750			
3 Cartons	3.8						
3.1 emballages cartons plats		120	611	3 842			
3.2 emballages cartons ondulés			122	508			8 250
3.3 autres cartons		14		41			
4 Composites/Complexes							
4.1 ELA			55	575			
4.2 autres		40	184	204			
5 Textiles							
5.1 vêtements			63	1 776			
5.2 autres textiles				732			
6 Textiles sanitaires	2.2	698	551	956			
7 Plastiques	10.3						
7.1 films polyoléfinés (PE et PP)		87	335	2 438			1 750
7.2 bouteilles et flacons en PET de couleur			86	83			
7.3 bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			125	1 832			
7.4 bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)		7	240	742			
7.5 autres emballages plastiques		140	563	960			
7.6 autres déchets plastiques		330	104	1 040			
8 Combustibles NC	3.3						
8.1 emballages en bois				136			4 450
8.2 chaussures			182				
8.3 autres déchets combustibles NC		82	82				
9 Verres	222.3						
9.1 emballages en verre incolore/transparent		680	166			1 418	
9.2 emballages en verre de couleur		713	266			2 632	
9.3 autres déchets en verre		68					
10 Métaux	6.7						
10.1 métaux ferreux		75	300	1 295			1 800
10.2 métaux non ferreux		170	104	35			
11 Incombustibles NC	16.5	729	315				
12 Déchets spéciaux							
12.1 DEEE							2 800
12.2 piles, batteries et accumulateurs		281					
12.3 produits chimiques			151	58			
12.4 tubes fluorescents et ampoules basse conso							
12.5 déchets de soins, hospitaliers		97	139				
12.6 autres déchets spéciaux							
13 Fines < 20 mm		7	27	60			300
Total	703.6	5 930	6 343	28 492	0	4 050	19 350
			41 468.6			23 400	

ROSNY

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	256.1						
1.1 alimentaires		318	112				
1.2 jardin ligneux							
1.3 jardins non ligneux		60					
2 Papiers	17.3						
2.1 emballages papiers		411	1 456	155			
2.2 qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités				3 153			
2.3 imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés				1 531			
2.4 autres imprimés non sollicités/publicitaires							
2.5 autres papiers				9 415			
3 Cartons	3						
3.1 emballages cartons plats		104	201	795			
3.2 emballages cartons ondulés			118	3 407			12 650
3.3 autres cartons		9					
4 Composites/Complexes							
4.1 ELA			38	74			
4.2 autres			239	322			
5 Textiles							
5.1 vêtements				83			1 540
5.2 autres textiles		237		1 214			1 560
6 Textiles sanitaires	62.6	293	496	321			
7 Plastiques	0.3						
7.1 films polyoléfines (PE et PP)		27	226	1 606			1 950
7.2 bouteilles et flacons en PET de couleur							
7.3 bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			58	325			
7.4 bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)				124			
7.5 autres emballages plastiques		43	273	476			4 400
7.6 autres déchets plastiques		350	269	618			
8 Combustibles NC	1.2						
8.1 emballages en bois		55	18	180			2 200
8.2 chaussures				489			
8.3 autres déchets combustibles NC			19	44			
9 Verres	6.5						
9.1 emballages en verre incolore/transparent		598	531			1 820	
9.2 emballages en verre de couleur		197	51			2 730	
9.3 autres déchets en verre		180	88				
10 Métaux	1						
10.1 métaux ferreux		55	692	662			7 800
10.2 métaux non ferreux		85	82				
11 Incombustibles NC	161.1	2 338	878	4 103			
12 Déchets spéciaux							
12.1 DEEE							
12.2 piles, batteries et accumulateurs							
12.3 produits chimiques			136	1 447			
12.4 tubes fluorescents et ampoules basse conso							
12.5 déchets de soins, hospitaliers		3					
12.6 autres déchets spéciaux				22			
13 Fines < 20 mm		78	29	52			300
Total	509.1	5 441	6 010	30 618	0	4 550	32 400
			42 578.1			36 950	

PARIS 19ème

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	406.2						
1.1 alimentaires		1 386	160	446			
1.2 jardin ligneux		74	32	56			
1.3 jardins non ligneux		191					
2 Papiers	1.9						
2.1 emballages papiers		344	574	269			
2.2 qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés HORS imprimés non sollicités				4 510			
2.3 imprimés non sollicités de qualité cepi "1.11" : journaux, revues, magazines et assimilés				1 418			
2.4 autres imprimés non sollicités/publicitaires				540			
2.5 autres papiers				1 935			
3 Cartons	1.3						
3.1 emballages cartons plats		32	267	3 535			10 850
3.2 emballages cartons ondulés			123	1 383			
3.3 autres cartons		319	6				
4 Composites/Complexes							
4.1 ELA			132	614			
4.2 autres				128			
5 Textiles							
5.1 vêtements				1 529			
5.2 autres textiles		7	69	546			
6 Textiles sanitaires	1.4	496	1 105	1 209			
7 Plastiques	14						
7.1 films polyoléfinés (PE et PP)		26	302	2 996			1 700
7.2 bouteilles et flacons en PET de couleur				180			
7.3 bouteilles et flacons en PET incolore/transparent			114	622			
7.4 bouteilles et flacons en polyoléfine (PEHD)			21	473			
7.5 autres emballages plastiques		133	462	1 283			1 350
7.6 autres déchets plastiques		271	72	748			
8 Combustibles NC	2.9						
8.1 emballages en bois				463			
8.2 chaussures							
8.3 autres déchets combustibles NC		72					
9 Verres	40.8						
9.1 emballages en verre incolore/transparent		704	550			1 140	
9.2 emballages en verre de couleur		250	191			2 660	
9.3 autres déchets en verre		40					
10 Métaux	1.5						
10.1 métaux ferreux		58	428	841			7 050
10.2 métaux non ferreux		98	56	27			
11 Incombustibles NC	39.6	874	371	267			
12 Déchets spéciaux							
12.1 DEEE							
12.2 piles, batteries et accumulateurs		46					
12.3 produits chimiques							600
12.4 tubes fluorescents et ampoules basse conso							
12.5 déchets de soins, hospitaliers		32	295	151			
12.6 autres déchets spéciaux							
13 Fines < 20 mm		48	7	145			100
Total	509.6	5 501	5 337	26 314	0	3 800	21 650
			37 661.6			25 450	

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

Groupes d'échantillons	Désignation des échantillons secondaires constitués
Groupe 2 : Echantillons reconstitués pour analyses élémentaires physico-chimiques	1. FERMENTESCIBLES 20-50 mm 50-100 mm 100-350 mm 2. PAPIERS < 20 mm 20-50 mm 100-350 mm 3. CARTONS 20-50 mm 100-350 mm 4. COMPOSITES 50-100 mm 100-350 mm 5. TEXTILES 100-350 mm 6. TEXTILES SANITAIRES 20-50 mm 100-350 mm 7. PLASTIQUES < 20 mm 20-50 mm 50-100 mm 100-350 mm 8. COMBUSTIBLES 20-50 mm 50-100 mm 100-350 mm 9. VERRES 50-100 mm 10a. METAUX FERREUX 50-100 mm 10b. METAUX NON FERREUX 50-100 mm 11. INCOMBUSTIBLES 20-50 mm 12. DECHETS SPECIAUX

Groupes d'échantillons	Désignation des échantillons secondaires constitués
Groupe 3 : Echantillons reconstitués pour détermination du PCI Sans distinction granulométrique	1. FERMENTESCIBLES 2. PAPIERS 3. CARTONS 4. COMPOSITES n°1 COMPOSITES n°2 COMPOSITES n°3 COMPOSITES n°4 COMPOSITES n°5 5. TEXTILES n°1 TEXTILES n°2 TEXTILES n°3 TEXTILES n°4 TEXTILES n°5 6. TEXTILES SANITAIRES 7. PLASTIQUES 8. COMBUSTIBLES n°1 COMBUSTIBLES n°2 COMBUSTIBLES n°3 9. VERRES 10. METAUX 11. INCOMBUSTIBLES <i>12. Déchets Spéciaux</i> <i>Pas d'échantillon</i> 13. FINES < 20mm GLOBAL

Groupes d'échantillons	Désignation des échantillons secondaires constitués
Groupe 4 : Echantillons reconstitués pour détermination du potentiel méthanogène	M20 : échantillon secondaire représentatif de la fraction < 20 mm ; M2050 : échantillon secondaire représentatif de la fraction 20 - 50 mm ; M50100 : échantillon secondaire représentatif de la fraction 50 - 100 mm ; M100 : échantillon secondaire représentatif de la fraction 50 - 100 mm ; MPUTR : échantillon secondaire représentatif de la fraction putrescible et comprenant les catégories suivantes : - Déchets fermentescibles, - Papiers, - Cartons, - Textiles sanitaires.

Annexe 7

Liste détaillée des références normatives prises en compte pour la réalisation des analyses

Analyses	Référence normative
Perte au feu à 550 °C (Matières organiques)	Calcination à 550°C
Cendres à 815 °C	NF M 03-003
Carbone (COT / CIT / CT)	EN 13137
Soufre total	ISO/DIS 19579
Azote total	NF M 03-018
Carbone – Hydrogène	ISO 12902 ou ISO 609
Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI)	NF ISO 1928
PCB/PCT	XP X 30-453
HAP (3 composés : Fluoranthène, Benzo(b)fluoranthène et Benzo(a)pyrène)	X PX 33-012
Chrome VI	NF T 90-043
Minéralisation pour dosage halogènes	Pr NF EN 14 582
Chlore total	Pr NF EN 14 582
Fluor total	Pr NF EN 14 582
Silicium (minéralisation comprise)	Pr NF EN 14 582
Phosphore, Potassium, Bore, Calcium, Sodium, Magnésium, Aluminium, Titane, Fer, Arsenic, Cadmium, Chrome, Mercure, Plomb, Sélénium, Nickel, Cuivre, Zinc, Manganèse, Etain, Cobalt, Argent, Baryum, Thallium, Vanadium, Antimoine.	NF M03-052
Strontium, Thorium	NF EN ISO 11885

Annexe 8

Modes opératoires des analyses élémentaires et de détermination du PCI

Dosage du Soufre total – ISO/DIS 19 579

Si nécessaire, le déchet est séché à 105 °C puis broyé, à 200 microns.

Le soufre total est dosé par un appareil SYLAB 2000 fonctionnant sur le principe suivant :

- Une prise d'essai d'environ 300 mg est brûlée dans un four tubulaire à haute température (1350°C) sous excès d'oxygène.
- Les gaz de combustion sont aspirés par une pompe et desséchés en passant à travers des absorbeurs contenant du perchlorate de magnésium.
- Les gaz secs traversent ensuite une cellule infrarouge dont le rayonnement est spécifique aux oxydes de soufre.
- Cette cellule est reliée à un ordinateur qui calcule et affiche la teneur en soufre du produit.

Cette méthode de mesure est conforme à la norme NF ISO/DIS 19 579. La limite de détection du soufre est de 0,05 %.

Détermination du taux de cendres

La teneur en cendres est mesurée selon la norme Afnor NF M 03 003.

Si nécessaire, l'échantillon est séché à 105 °C et broyé à 200 microns avant analyse. On calcine une prise d'essai d'environ un gramme jusqu'à poids constant sous excès d'air à une température de 815°C.

Le taux de cendre (%) est exprimé comme étant le rapport de la masse de résidu obtenu par le poids de la prise d'essai.

Détermination de la teneur en carbone – hydrogène

La teneur en carbone - hydrogène est déterminée selon la norme Afnor NF M 03 032 ou ISO 609. Si nécessaire, l'échantillon est séché à 105 °C et broyé à 200 microns avant analyse.

Une prise d'essai d'environ 1 gramme est calcinée dans un four tubulaire à 1250 °C balayé par un courant d'oxygène pur. Le carbone est transformé en dioxyde de carbone CO₂ et l'hydrogène en vapeur d'eau.

A la sortie du four tubulaire, les gaz traversent des absorbeurs qui piègent sélectivement le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau. L'augmentation de poids des absorbeurs à dioxyde de carbone permet de calculer, connaissant le poids initial de la prise d'essai, la teneur en carbone total du produit. L'augmentation de poids des absorbeurs à vapeur d'eau permet de calculer, connaissant le poids initial de la prise d'essai, la teneur en hydrogène du produit.

Détermination du pouvoir calorifique

La mesure du Pouvoir Calorifique Supérieur (PCS) est réalisée selon la norme AFNOR NF ISO 1928.

L'échantillon est séché et broyé à 200 microns. Une masse connue (environ 1 gramme) de combustible, contenu dans une nacelle, est placé dans une bombe calorimétrique. La bombe, ainsi préparée, est placée dans un seau contenant un volume d'eau connu. L'ensemble seau + bombe est placé à l'intérieur du calorimètre.

Un circuit électrique permet la mise à feu de l'échantillon testé. La chaleur dégagée par la combustion de l'échantillon est communiquée à l'eau du seau par l'intermédiaire de la bombe calorimétrique.

Le calorimètre mesure avec une grande précision l'élévation de température de l'eau contenue dans le seau calorimétrique. Après dépressurisation et lavage de l'intérieur de la bombe, les acides formés au cours de la combustion seront dosés.

Les diverses informations obtenues au cours de l'essai seront transmises au calorimètre qui effectuera les calculs et imprimera les résultats.

Calcul du PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur)

Le PCI sur sec est calculé selon la formule suivante :

$$\text{PCI/sec} = \text{PCS/sec} - 49,2 * \text{Teneur en hydrogène/sec}$$

Le PCI sur brut est calculé selon la formule suivante :

$$\text{PCI/brut} = \text{PCI/sec} * [(100 - \text{H}_2\text{O})/100] - 5,5 * \text{H}_2\text{O}$$

Avec H_2O : Humidité totale du combustible

Dosage des métaux lourds

Si nécessaire, les échantillons solides sont séchés à 105 °C et broyés à 200 microns.

Dosage des métaux lourds non volatils

Pour les produits combustibles, une prise d'essai d'environ 20 à 30 grammes est calcinée dans un creuset de platine à 550 °C maximum pendant 12 heures. La cendre ainsi obtenue (1 à 2 grammes) est dissoute par une solution acide qui est ensuite analysée par spectrométrie d'émission plasma (ICP) aux longueurs d'onde suivantes, exprimées en nm.

Elément	Longueur d'onde	Elément	Longueur d'onde
Vanadium	292,402	Béryllium	234,861
Chrome	205,552	Aluminium	308,215
Manganèse	257,610	Silice	251,611
Titane	334,941	Sodium	589,592
Cobalt	228,616	Magnésium	279,553
Nickel	231,604	Potassium	766,491
Cuivre	324,754	Calcium	393,366
Zinc	202,551	Fer	259,940
Molybdène	202,030	Baryum	455,403
Cadmium	226,502	Plomb	220,353
Etain	189,989	Thallium	351,924
Strontium	407,771	Zirconium	343,823

Dosage des métaux lourds volatils

Ce sont principalement les métaux suivants : Mercure - Arsenic - Sélénium - Tellure Antimoine. Pour les échantillons combustibles, une prise d'essai d'environ 1 gramme est minéralisée par combustion dans une bombe calorimétrique. Le résidu éventuel de combustion est dissout par attaque acide dans un réacteur clos. Les eaux de condensation et de rinçage de la bombe sont ajoutées à la solution acide. La solution ainsi obtenue est analysée par spectrométrie d'absorption atomique utilisant la technique dite des hydrures.

Pour les échantillons non combustibles, une prise d'essai d'environ 300 mg est dissoute par attaque acide dans un réacteur clos. La solution acide obtenue est analysée par spectrométrie d'absorption atomique utilisant la technique dite des hydrures aux longueurs d'onde suivantes exprimées en nm :

Elément	Longueur d'onde
Mercure	253,7
Sélénium	196,0
Arsenic	193,7
Tellure	214,3
Antimoine	217,6

Analyse chimique – éléments majeurs

L'analyse est réalisée selon la norme NF M 03 042.

Si nécessaire, l'échantillon est séché et broyé à 200 microns. Une prise d'essai de quelques grammes d'échantillon est calcinée jusqu'à poids constant à 815 °C.

La cendre obtenue est broyée et homogénéisée. Une prise d'essai de 100 mg de cendre est fondue à 1000 °C à l'aide d'un fondant.

Après refroidissement, le résidu obtenu est dissout par une solution acide.

La solution acide ainsi obtenue est analysée par spectrométrie d'émission plasma afin de déterminer les éléments majeurs suivants exprimés sous forme d'oxydes : SiO_2 – Al_2O_3 – CaO – MgO – K_2O – Na_2O – Fe_2O_3 – TiO_2 – SO_3 – P_2O_5 – MnO_2 .

Dosage du Carbone, Hydrogène et Azote par micro-analyse

Si nécessaire, les combustibles solides sont broyés à 200 microns avant analyse.

Une prise d'essai d'environ 50 milligrammes est brûlée dans un four à 1000 °C en présence d'oxygène sous courant d'hélium servant de gaz vecteur.

Le carbone est transformé en gaz carbonique et l'hydrogène en vapeur d'eau. L'azote du combustible est transformé en oxydes d'azote. Ensuite, les gaz de combustion traversent un lit de cuivre réduit qui transforme les oxydes d'azote en azote, le gaz carbonique ne subit aucune transformation alors que la vapeur d'eau est réduite en hydrogène.

Chaque gaz est piégé dans un piège spécifique puis les 3 gaz sont ensuite désorbés successivement et quantifiés. Selon la nature du combustible analysé, l'analyseur est étalonné et vérifié régulièrement avec des étalons adaptés.

Analyse des PCB dans les composés solides

Les PCB sont extraits de l'échantillon à l'aide d'un solvant dans un extracteur ASE 200 de DIONEX en utilisant un solvant approprié.

On procède ensuite, si nécessaire, à la concentration de la solution d'extraction.

L'échantillon ainsi obtenu est analysé par chromatographie en phase gazeuse et les différents PCB sont identifiés et quantifiés.

Dosage du Carbone Organique total (COT) par Infrarouge

Dosage dans un premier temps du Carbone Total (CT) et dans un second temps du Carbone Inorganique Total (CIT) par spectrométrie IR – infrarouge -, conformément au projet de norme prEN13137 méthode indirecte.

Le COT est obtenu par différence entre le CT et le CIT. L'échantillon est au préalable broyé à 200 microns. Le CT est obtenu en brûlant l'échantillon, sous courant d'oxygène dans un four à 1250 °C.

Le carbone oxydé sous forme de CO₂ est mesuré par une cellule infrarouge spécifique au CO₂. Le CIT (carbonates) est déterminé de la méthode suivante : une prise d'essai est placée dans un ballon en verre et est acidifiée par l'acide phosphorique.

Le gaz carbonique provenant de la décomposition des carbonates présents est entraîné par un gaz neutre (azote) dans un détecteur infrarouge spécifique au CO₂ pour dosage.

Dosage du chrome VI dans un produit solide

Une prise d'essai est mise au contact d'une solution d'acide sulfurique diluée à froid pendant une période de temps limitée.

Le dosage est ensuite réalisé selon la norme NF T 90 043.

Le chrome VI, mis en présence de réactifs chimiques spécifiques, développe une coloration très sensible aux faibles teneurs en chrome VI.

L'intensité de la coloration développée est mesurée à l'aide d'un colorimètre, qui après étalonnage, donne la concentration en chrome VI.

Dosage des halogènes dans les matériaux combustibles

Selon la méthode Pr NF EN 14 582

Cette méthode s'applique dosage du soufre, chlore et fluor dans un matériau combustible sauf norme spécifique s'appliquant à un matériau défini.

Une prise d'essai d'environ 1 gramme est minéralisée par combustion dans une bombe calorimétrique sous 30 bars d'oxygène pur.

Les différents éléments sont transformés en anions (sulfates pour le soufre, chlorures pour le chlore et fluorures pour le fluor).

La solution obtenue après combustion est purifiée par un passage sur résine échangeuse d'ions. Puis cette solution est analysée à l'aide d'une chromatographie ionique qui permet ainsi de quantifier les anions (sulfates, chlorures, fluorures) formés.

Analyse des HAP

Les HAP sont extraits de l'échantillon brut à l'aide d'un solvant dans un extracteur ASE 200 de DIONEX en utilisant un mélange de solvant dichlorométhane/acétone 1/1 (v/v).

On procède ensuite à la concentration de la solution d'extraction et de sa purification.

La solution ainsi obtenue est analysée par chromatographie liquide haute performance (HPLC) équipée d'un détecteur UV/visible et fluorométrique (appareil VARIAN) de la série des 16 HAP ⁽¹⁾ selon les recommandations de la norme X PX 33 012.

Pour chacun des HAP, les résultats sont exprimés en mg/kg sur base sèche.

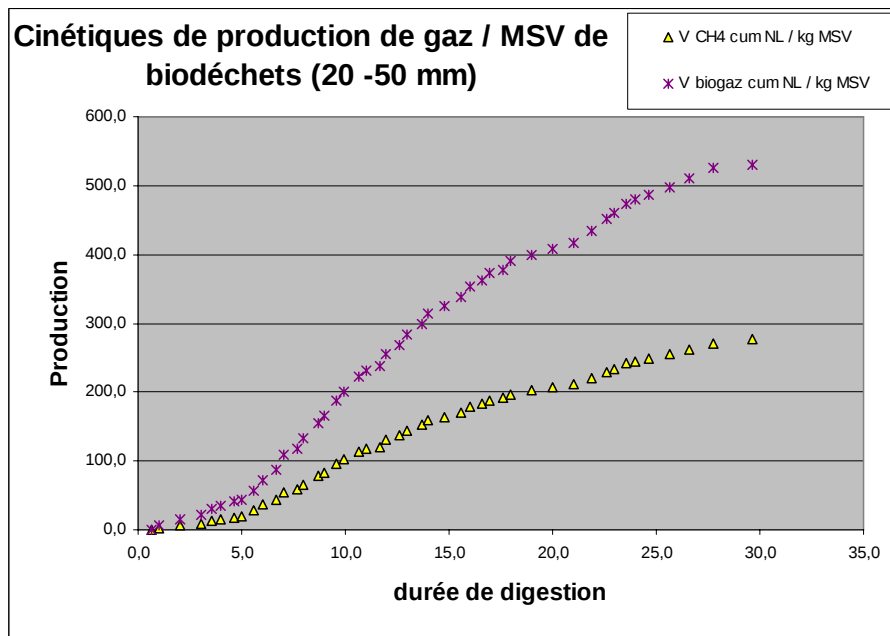
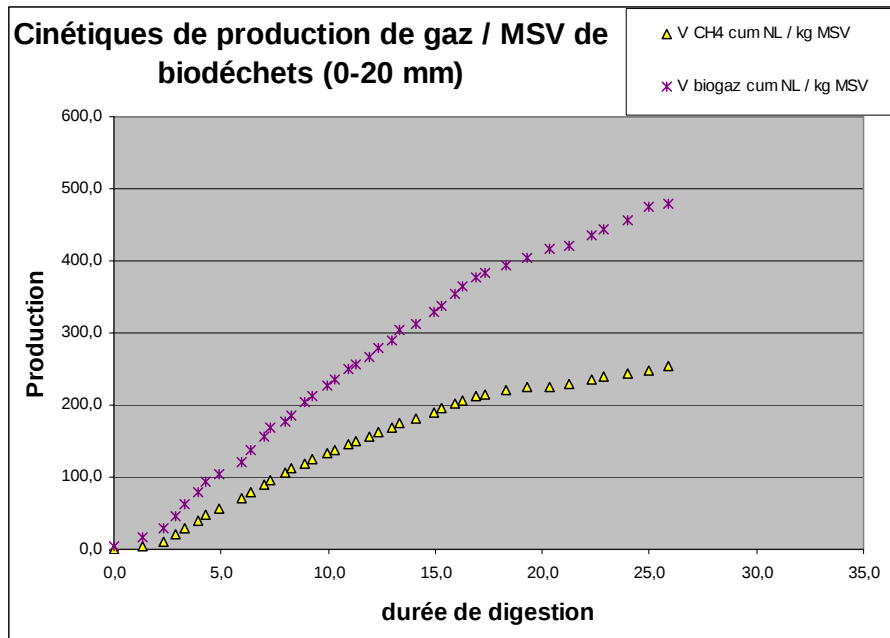
⁽¹⁾ Liste des 16 HAP : Fluoranthène – Benzo(a)Pyrène – Benzo(b) Fluoranthène – Benzo(ghi)pérylène – benzo(k)Fluoranthène – Indéno(1,2,3 cd)Pyrène – Naphtalène – Acénaphtylène – Acénaphène – Fluorène – Phénanthrène – Anthracène – Pyrène – Benzo (a) Anthracène – Chrysène – Dibenz(a,h)Anthracène.

Les 3 HAP suivants sont retenus dans le cadre de la présente mission : Fluoranthène, Benzo(a)Pyrène et Benzo(b) Fluoranthène.

Annexe 9

Cinétiques de production de méthane en Nm³ de biogaz et de CH₄

Cinétiques de production de méthane (en Nm³ de biogaz et de CH₄) pour chaque échantillon, en fonction de la quantité de MSV de biodéchets (en Kg)





**Centre scientifique et technique
Service EPI/DES**

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34