



Université Sultan Moulay Slimane
Faculté des Sciences et Techniques de Béni Mellal

THESE

Pour obtenir
Le grade de docteur
Formation doctorale : Ressources Naturelles, Environnement et Santé

Intitulée :

Caractérisation des déchets solides de la ville de BENI MELLAL

Présentée par
MECHADI Mohamed

Soutenue le 23 Décembre 2017 devant le jury composé de :

- Président : **Pr. Khalid HABBARI** Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal,
- Rapporteur: **Pr. Abdelkrim ARIOUA**, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal,
- Rapporteur: **Pr. Abderrafia HAFID**, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal,
- Rapporteur: **Pr. Khalid MEHDI**, Professeur à la Faculté des Sciences d'El Jadida,
- Examineur: **Pr. Ahmed GAMOUH**, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal,
- Encadrant: **Pr. Mohamed MBARKI**, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal,

DEDICACE

Je dédie ce travail :

Aux êtres les plus chers que j'ai au monde : MES PARENTS.

A ma petite famille, ma femme RAJAE GHARGHAYE et ma fille NADA et mon fils JAD
source d'amour

A mes adorables frères : ABDELLAH, HAMID et Mustapha pour leurs soutiens.

A mes sœurs FATIMA, HADDA et HAFIDA et à leur petite famille

Aucune dédicace, aucun mot ne sauraient exprimer tout le respect, toute l'affection et tout
l'amour que je vous porte.

Si je pouvais fleurir la terre de roses, si je pouvais illuminer le ciel entier l'étoiles
scintillantes, je ne saurais jamais vous rendre, même un peu le bonheur et la lumière que vous
avez toujours été dans ma vie. Vraiment il est difficile de trouver des mots exprimant min
immense gratitude pour votre amour, vos sacrifices, vos prières pour moi, et votre
encouragement inlassable

Je prie dieu, le tout-puissant, de vous protéger et de vous procurer santé, bonheur et longue
vie...

A tous mes amis

REMERCIEMENTS

Ce projet de thèse a été réalisé au sein de l'Equipe Transdisciplinaire des Sciences Analytiques pour le Développement Durable, de la Faculté des Sciences et Techniques de Beni Mellal Université Sultan Moulay Slimane Maroc. Au terme de ce travail, je ressens aussi bien la joie que le devoir de remercier tous ceux et celles qui m'ont aidé de près ou de loin à son élaboration et qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à ma formation scientifique.

La présente étude n'aurait pas été réalisée sans le bienveillant soutien de l'Université Sultan Moulay Slimane particulier celui des professeurs de la Faculté des Sciences et technique Beni Mellal, en l'occurrence Messieurs K.HABBARI, M.MBARKI, M. ZAGHAL, A. GAMMOUH, AZIZ OUTHMAN, A LAGHMARI, M BERKANI. Je les prie de recevoir l'expression de ma profonde gratitude qui vient du fond de mon cœur.

Je remercie avec beaucoup de reconnaissance et de considération Monsieur MOHAMED MBARKI, Mon Directeur de thèse, pour la confiance qu'il m'a témoignée en m'accueillant au sein de son laboratoire pendant ces années de recherche, et qui a tout au long du travail m'a conseillée et orientée, pour son aide, pour sa disponibilité, ces conseils très précieux.

Mes plus vifs remerciements vont à Monsieur SAID MABROUK Directeur Gérant de la société Casatechnique environnement pour sa disponibilité, son soutien, son aide moral et matériel, ces conseils très précieux au cours de toute ma période de thèse.

Mes profonds sentiments de reconnaissance et de gratitude sont adressés à Monsieur ZAKARIA CHEMSI pour sa disponibilité, son aide, soutien et encadrement.

J'exprime ma profonde gratitude à Monsieur le Président de la chambre d'agriculture Marrakech Safi Monsieur LAHBIB BENTALEB et Monsieur SAID ACHHIBAT directeur de la Chambre d'Agriculture Marrakech mes vifs remerciements à l'ensemble du corps de la chambre d'agriculture Marrakech Safi.

Je remercie profondément le Professeur HAJ KHALID HABBARI à l'Université Souldan Moulay Slimane de Beni Mellal pour l'intérêt constant qu'il a porté à mon parcours. Je souhaiterais ici lui témoigner ma sincère reconnaissance pour tous les conseils et les remarques objectives qu'il m'a apportés.

J'exprime ma reconnaissance à la famille Mabrouk pour la confiance qu'ils m'ont témoignée en m'accueillant au sein de leur société CASATECHNIQUE pendant ces années de recherche, et me donnée l'autorisation pour continue mes études doctorales.

Mes plus vifs remerciements vont à mes équipes de travail au sein de l'Equipe Transdisciplinaire des Sciences Analytiques pour le Développement Durable, pour la disponibilité, le soutien et l'aide au cours de toute ma période de thèse.

Je suis très honoré que les membres de juré ont accepté d'être les rapporteurs de mon travail de thèse. Je les remercie chaleureusement.

Merci à mes amis et collègues du laboratoire sans exceptions. Merci à Monsieur AADRAOUI MOHAMED,

Je tiens tout particulièrement à remercier ma petite famille, ma femme Rajae GHARGHAYE et ma fille NADA MECHADI et mon fils JAD MECHADI sur la patience et le soutien moral durant toute la période de ma thèse.

Si par hasard, j'oublie certaines personnes, qu'elles sachent que ma reconnaissance va bien au-delà de ces remerciements.

Résumé

La caractérisation des déchets solides de la Ville de BENI MELLAL a été réalisée par deux méthodes. La première a été entamée à travers la caractérisation de la fraction recyclable des déchets solides de la zone villa de la zone d'étude, qui a été appréciée à travers le pesage des paramètres Refus, Carton, papier, Emballage, PEHD, PET, Verre, Métal et Pneu. Le paramètre Pneu a été mesuré deux fois (en Février et Décembre 2014) et a présenté 2,80% de la fraction annuelle (soit 5,03 Tonnes). Le reste des paramètres a été pris en considération entre Février 2014 et Décembre 2015. Les résultats les plus importants indiquent que la fraction recyclable des déchets atteint 80,69% dominée par le Carton (88,86 Tonnes soit 49,50%) suivi du papier (28,81 Tonnes soit 16,05%). La deuxième méthode consiste en détermination du tonnage des Ordures Ménagères de la Ville et la classification des déchets solides, par secteur en deux fractions [$>250\text{mm}$] et [$80-250\text{mm}$], de toute la zone d'étude selon 10 catégories avec leurs sous-catégories durant six jours. La première partie de la deuxième méthode a montré que l'habitant de la ville de BENI MELLAL produit 0,287 Tonne/hab/an (soit 0,785 kg/hab/j) des Ordures ménagères. Tandis que la deuxième partie a indiqué que les Putrescibles sont les plus représentatifs (57,15%), suivi de Plastiques (15,18%), puis les textiles sanitaires (7,81%), Cartons (7,13%), Textiles (6,83%), les déchets dangereux (4,11%) et le reste des catégories ne dépassent pas 1%. Après la caractérisation des déchets solides de la ville de BENI MELLAL, il a été démontré l'impact de l'interdiction des sacs en plastique, par l'observation d'une décroissance des Ordures ménagères de l'ordre de 735,73 Tonnes entre les deux semestres de 2016 et une croissance de la fraction recyclable de 2,14 Tonnes entre les deux semestres de 2016. Ces résultats ont contribué à la classification des déchets solides de la Ville de BENI MELLAL et de les quantifier.

Mots clés : caractérisation, déchets solides, BENI MELLAL, fraction recyclable, secteur, deux fractions, catégories.

Abstract

The characterization of solid waste in BENI MELLAL was realized by two methods. The first one has been started by characterizing the recyclable fraction of solid waste in villa zone of the area studies. These are appreciated through weighing rejection waste, carton, paper, packaging, HDPE, PET, glass, metal and tire. The tire was be measuring a twice (in February and December 2014) and presenting 2.80% of the annual fraction (whether 5.30% Tons). The remaining parameters were taken into consideration between February 2014 and December 2015. The most significant results indicate that the recyclable waste attain 80.69% dominated by Carton (88.86 Tons; 49.50%), following by Paper (28.81% Tons; 16.05%). The second method consists in determining the municipal garbage tonnage and the classification solids wastes by sector of the area studies in tow fractions [$>250\text{mm}$] and [$80-250\text{mm}$], according 10 categories and their sub-categories during six days. The first part of the second method showed that the habitant in BENI MELLAL produces 0.287 Ton/inhab/year (ie 0.785 Ton/inhab/d) of household waste. While the second part indicated that Putrescible are the most representative (57.15%), following by Plastics (15.18%), then Sanitary Textiles (7.81%), Cartons (7.13%), Textiles (6.83%), dangerous wastes (4.11%) and the remaining categories didn't exceed 1%. After the characterization of the solid waste in BENI MELLAL, it has been demonstrated the impact of the prohibition of plastic bags, by the observation of a decrease in household waste of the order of 735.73 Tons between the two semesters of 2016 and a growth of the recyclable fraction of 2.14 Tons between the two semesters of 2016.

These results contributed to the classification and quantification of solids wastes in BENI MELLAL.

Key-words: characterization, solids wastes, BENI MELLAL, recyclable fraction, sector, two fractions, categories.

ملخص

تم تحديد خصائص النفايات الصلبة لمدينة بني ملال بطريقتين. تم الاعتماد في الطريقة الاولى على وصف وتحديد الجزء القابل لإعادة التدوير من النفايات الصلبة الصادرة من منطقة الفيلا لمنطقة الدراسة ، والتي تم تقديرها من خلال قياس الوزن لكل من الرفض ، الورق المقوى ، الورق ، التغليف ، بولي اثيلين عالي الكثافة ، البولي ايثيلين تيريفثاليت (PET)، الزجاج والمعادن وإطار العجلات. تم قياس مؤشر إطار العجلات مرتين (في فبراير وديسمبر 2014) وأظهرت على أن 2.80 ٪ من التركيب السنوي (أي 5.03 طن). تم أخذ باقي المؤشرات بعين الاعتبار في الفترة ما بين فبراير 2014 وديسمبر 2015. تشير أهم النتائج إلى أن نسبة النفايات القابلة لإعادة التدوير تصل إلى 80.69٪ ويهيمن عليها الكرتون (88.86 طن أو 49.50٪) يليه الورق (28.81 طن أو 16.05٪). أما الطريقة الثانية فتمثلت في تحديد حمولة القمامة المنزلية في المدينة وتصنيف النفايات الصلبة ، حسب القطاع إلى جزأين [< 250 مم] و [80-250 ملم] ، لمنطقة الدراسة بأكملها وفقاً لـ 10 فئات مع فروعها وذلك لمدة ستة أيام. وقد أظهر الجزء الأول من الطريقة الثانية أن سكان مدينة بني ملال ينتجون 0.287 طن / ساكن / سنة (أو 0.785 كجم / ساكن / يوم) من النفايات المنزلية. بينما أشار الجزء الثاني إلى أن المواد القابلة للانحلال هي الأكثر تمثيلاً بنسبة (15،57٪) ، تليها بلاستيك (18،15٪) ، ثم النفايات الصحية (7،81٪) ، كرتون (13،7٪) ، المنسوجات (6.83٪) ، والنفايات الخطرة (4.11٪) وبقية الفئات لا تتجاوز 1 ٪. بعد توصيف النفايات الصلبة لمدينة بني ملال ، تم إثبات تأثير منع استعمال الأكياس البلاستيكية ، من خلال ملاحظة انخفاضها في معدل النفايات المنزلية في حدود 735.73 طن خلال الاسدسين الاول والثاني لعام 2016 ونمو للجزء القابلة لإعادة التدوير من 2.14 طن بين الاسدسين الاول والثاني لعام 2016. ساهمت نتائج هذه الدراسة في تصنيف النفايات الصلبة لمدينة بني ملال وتقديرها.

الكلمات المفتاحية: التوصيف ، المخلفات الصلبة ، بني ملال ، الاجزاء القابلة لإعادة التدوير ، القطاع ، الاقسام ، فئات.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
PARTIE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
I. INTRODUCTION	6
II. PROBLEMATIQUE DES DECHETS SOLIDES A L'ECHELLE INTERNATIONALE	6
II.1 Définition du terme « déchet »	6
II.1.1 Définition générale	6
II.1.2 Définition économique	6
II.2 Problématique de Gestion des Déchets Urbains Solides	7
II.3 Nature des déchets urbains solides	8
II.3.1 Nature des DUS dans les pays du Nord.....	8
II.3.2 Natures des DUS dans les pays du Sud	9
II.4 Classification des déchets	10
II.5 Caractérisation des déchets ménagers	11
II.5.1 Composition générale	11
II.5.2 Composition physique	12
II.5.2.1 Problématique	12
II.5.2.2 Classification des déchets dans les Pays développés.....	13
II.5.2.3 Classification des déchets dans les PED.....	14
II.5.3 Composition chimique.....	16
II.5.4 Composition en pathogènes.....	18
II.6 Impacts des déchets sur l'environnement.....	18
II.6.1 Problématique	18
II.6.2 Problèmes liés aux lixiviats	20
II.6.3 Problèmes liés au biogaz	20
II.6.4 Risques d'explosion.....	21
II.6.5 Mauvaises odeurs	21
II.6.6 Toxicité des substances envers l'homme.....	22
II.6.7 Envols des plastiques.....	23
II.6.8 Prolifération des animaux	23
II.6.9 Incendie	23
II.6.10 Bruit.....	24

II.7 Gestion des déchets ménagers	24
II.7.1 Généralités	24
II.7.2 Problématique de la gestion des déchets	25
II.7.3 Gestion des déchets dans les pays du Nord	26
II.7.4.1 Problématique	28
II.7.4.2 Collecte des Déchets dans les pays du Sud.....	29
II.7.4.3 Valorisation des déchets dans les pays du Sud	30
II.7.4.4 Comparaison de la Gestion des déchets solides entre les PI et les PED.....	32
III. DECHETS SOLIDES AU MAROC	33
III.1 Production des déchets	33
III.2 Classification des déchets solides	33
III.2.1 Déchets ménagers.....	33
III.2.2 Déchets médicaux	34
III.2.3 Déchets industriels	34
III.3 Cadre juridique lié au secteur des déchets.....	34
III.4 Gestion des déchets solides au Maroc	36
III.4.1 Collecte et transfert	36
III.4.2 Elimination, Traitement et valorisation des déchets	37
III.5 Comparaison de la composition des déchets au Maroc avec ceux d'autres pays	39
III.6 Historique de la composition des déchets au Maroc	39
III.7 Traitement des déchets solides au Maroc.....	42
III.7.1 Mise en décharge contrôlée.....	42
III.7.2 Compostage	43
III.7.3 Recyclage des déchets ménagers.....	43
III.7.4 Echantillonnage	44
III.7.5 Méthode de caractérisation des déchets	45
III.7.6 Tri sélectif des déchets ménagers.....	46
III.7.6.1 Tri par Taille.....	46
III.7.6.3 Caractéristiques physiques des déchets urbains	47
III.8 Mode de gestion du secteur des déchets au Maroc	48
III.8.1 Structures d'organisation.....	48
III.8.2 Structures de fonctionnement.....	48
III.8.3 Gestion déléguée des services de propretés par le secteur privé.....	49
III.8.4 Secteur informel	50
III.9 Acteurs responsables de la gestion des déchets	51
PARTIE II : MATERIELS ET METHODES.....	53

I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	54
I.1 Situation administrative et géographique.....	54
I.1.1 Situation géographique	54
I.1.2 Situation administrative	54
I.1.3 Urbanisme	55
I.2 Infrastructures et équipements	56
I.2.1 Infrastructures aéroportuaires (Aéroport International de Béni Mellal)	56
I.2.3 Infrastructures routières	58
I.2.4 Electricité et téléphone.....	59
I.2.5 Administrations représentées	60
I.2.6 Equipements socioculturels	60
I.2.7 Alimentation en eau potable	61
I.2.8 Assainissement liquide.....	61
I.3 Activités économiques	63
I.3.1 Agriculture	63
I.3.2 Activités industrielles.....	64
I.3.3 Autres métiers	64
I.4 Données physiques.....	66
I.4.1 Topographie	66
I.4.2 Géologie	67
I.4.3 Climat.....	68
I.4.4 Température	69
I.4.5 Précipitation	69
I.4.6 Vents	70
I.4.7 Evaporation	71
I.4.8 Synthèse climatologique	72
I.4.9 Hydrogéologie.....	73
II. Situation Géographique des secteurs	75
III. CARACTERISATION DE LA FRACTION RECYCLABLE DE LA ZONE VILLA DE LA VILLE DE BENI MELLAL.....	78
III.1 Echantillonnage	78
III.2 Collecte sélective de la fraction recyclable	78
III.3 Classification de la fraction recyclable	79
III.4 Analyses Statistiques.....	79
IV. CARACTERISATION DES DECHETS DE LA VILLE DE BENI MELLAL	80

IV.1 Objectif de la caractérisation.....	80
VI.2 Méthodologie	80
IV.2.1 Collecte des déchets	80
IV.2.2 Echantillonnage.....	81
IV.2.3 Granulométrie	81
IV.2.4 Tri.....	82
IV.2.4.1 Séparation par taille.....	82
IV.2.4.2 Séparation par catégorie.....	82
PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS	85
CHAPITRE I : CARACTERISATION DE LA FRACTION RECYCLABLE DE LA ZONE VILLA –BENI MELLAL.....	86
I. INTRODUCTION	86
II. VARIATION MENSUELLE DE LA FRACTION RECYCLABLE	86
II.1 Variation mensuelle de la fraction recyclable en 2014.....	86
II.3 Variation mensuelle de la fraction recyclable en 2016.....	90
II.4 Variation annuelle de la fraction recyclable	91
III. CARACTERISATION DE LA FRACTION RECYCLABLE EN 2014	93
III.1 Fraction recyclable en 2014	93
III.2 Variation du tonnage de la faction recyclable en 2014	94
III.2.1 Refus.....	94
III.2.2 Carton.....	95
III.2.3 Papier.....	96
III.2.4 Emballage.....	97
III.2.5 PEHD	100
III.2.6 PET.....	101
III.2.7 Verre.....	103
III.2.8 Métal.....	104
III.2.9 Pneu.....	105
III.3 Analyse statistique.....	105
III.4 Composition moyenne annuelle par habitant de la fraction recyclable.....	106
IV. CONCLUSION.....	109
CHAPITRE II : CARACTERISATION DES ORDURES MENAGERES DE LA VILLE DE BENI MELLAL.....	111
I. INTRODUCTION	111

II. TONNAGE DES ORDURES MENAGERES DE LA VILLE BENI MELLAL	111
II.1 Variation mensuelle et annuelle du Tonnage des ordures ménagères de la ville de BENI MELLAL.....	111
II.2 Tonnage durant la période d'étude	113
II.3 Tonnage des Ordures ménagères par secteur.....	114
II.3.1 Secteur 1	115
II.3.2 Secteur 2	116
II.3.3 Secteur 3	117
II.3.4 Secteur 4	118
II.3.5 Secteur 5	119
II.3.6 Secteur 6	120
II.3.7 Secteur 7	121
II.3.8 Secteur 8	122
II.3.9 Secteur 9	123
II.4 Variation du Tonnage des déchets solides par jour	125
II.4.1 Jour 1	125
II.4.2 Jour 2	126
II.4.3 Jour 3	127
II.4.4 Jour 4	128
II.4.5 Jour 5	129
II.4.6 Jour 6	130
III. CARACTERISATION DES ORDURES MENAGERES DE LA VILLE BENI MELLAL.....	132
III.1 Composition journalière des Ordures ménagères de Ville de BENI MELLAL.....	132
III.2 Composition journalière en fraction [$>250\text{mm}$].....	133
III.2.1 Composition journalière par catégorie	133
III.2.2 Composition des catégories.....	134
III.3 Composition journalière en fraction [$80\text{-}250\text{mm}$]	135
III.3.1 Composition journalière par catégorie	135
III.3.2 Composition des catégories.....	136
III.4 Composition en fraction $<80\text{mm}$	137
IV. CONCLUSION.....	138
CHAPITRE III : IMPACT DE L'INTERDICTION DES SACS EN PLASTIQUE SUR LE TONNAGE DES DECHETS SOLIDES DE LA VILLE BENI MELLAL	139
I. INTRODUCTION	139

II. VARIATION DU TONNAGE DES DECHETS SOLIDES APRES INTERDICTION DES SACS EN PLASTIQUE	139
II.1 Variation du tonnage des OM.....	139
II.2 Variation du tonnage de la fraction recyclable	141
III. CONCLUSION.....	143
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	144
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	148

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Schéma type de la gestion des déchets dans les pays du Nord.....	27
Figure 2: Schéma type de la gestion des Déchets Urbains Solides dans les Pays en Voies de Développement (PED)	30
Figure 3: Décharge sauvage de la ville de Béni-Mellal au Maroc (2014)	37
Figure 4 : Décharges contrôlées (Décharge d'Ifrane au Maroc).....	38
Figure 5 : Carte de situation de la zone d'étude par rapport au bassin versant d'Oum Er Rbia	55
Figure 6: Carte de l'urbanisation dans la ville de Béni Mellal.....	56
Figure 7: Réseau de voiries dans la zone la ville de Béni Mellal.....	59
Figure 8: Carte du réseau hydrographique de BENI MELLAL.....	61
Figure 9: Carte de pente de la zone d'étude ville de BENI MELLAL	67
Figure 10: Carte topographique de la zone d'étude (altitude en m)	67
Figure 11: Carte géologique de la ville de BENI MELLAL.....	68
Figure 12:Températures maximale et minimale de BENI MELLAL	69
Figure 13:Températures moyenne annuelle de la zone d'étude BENI MELLAL	69
Figure 14:Pluviométrie moyenne mensuelle entre 1982 et 2015 de BENI MELLAL d'après ABHOER	70
Figure 15: Quantités annuelles de précipitations dans la ville de BENI MELLAL entre 1982-2015 d'après ABHOER.....	70
Figure 16: Moyenne de vitesse de vents	71
Figure 17: Moyenne mensuelle de l'évaporation en 1985-2015	71
Figure 18: Moyenne annuelle de l'évaporation du 2000-2015.....	72
Figure 19: Diagramme ombrothermique au niveau de la région de BENI MELLAL(ARIOUA & OUJADI, 2011).....	72
Figure 20: Les différents Nappes, aquifères, Barrages et Décharges du sous Bassin D'Oum Er-Rbia	73
Figure 21: Localisation des secteurs de collecte des déchets solides de la Ville de BENI MELLA	76
Figure 22: Localisation de la zone d'étude sur le Plan d'aménagement de la ville BENI MELLAL.....	77
Figure 24: Variation mensuelle de le tonnage de la collecte sélective en 2014.....	88
Figure 25: Variation mensuelle de le tonnage de la collecte sélective en 2015.....	90
Figure 26: Variation mensuelle de le tonnage de la collecte sélective en 2016.....	91

Figure 27: Variation de le Tonnage annuel en fonction des saisons	93
Figure 28: Diagramme de variation du tonnage moyen mensuel des Refus en 2014.	95
Figure 29: Diagramme de variation de le tonnage moyen mensuel du Carton en 2014.	96
Figure 30: Diagramme de variation de le tonnage moyen mensuel du Papier en 2014.	97
Figure 31: Diagramme de variation de le tonnage moyen mensuel de l'Emballage en 2014. .	99
Figure 32: Diagramme de variation de le tonnage moyen mensuel de PEHD en 2014.	101
Figure 33: Diagramme de variation de le tonnage moyen mensuel (en Tonnes) de PET en 2014.	102
Figure 34: Diagramme de variation de le tonnage moyen mensuel du Verre (en Tonne) en 2014.	103
Figure 35: Diagramme de variation de le tonnage moyen mensuel du Métal (en Tonne) en 2014.	105
Figure 36: Variation du tonnage des Ordures ménagères en 2014, 2015 et 2016.....	112
Figure 37: Variation du Tonnage du Secteur 1 durant la période d'étude.....	116
Figure 38: Variation du Tonnage du Secteur 2 durant la période d'étude.....	117
Figure 39: Variation du Tonnage du Secteur 3 durant la période d'étude.....	118
Figure 40: Variation du Tonnage du Secteur 4 durant la période d'étude.....	119
Figure 41: Variation du Tonnage du Secteur 5 durant la période d'étude.....	120
Figure 42: Variation du Tonnage du Secteur 6 durant la période d'étude.....	121
Figure 43: Variation du Tonnage du Secteur 7 durant la période d'étude.....	122
Figure 44: Variation du Tonnage du Secteur 8 durant la période d'étude.....	123
Figure 45: Variation du Tonnage du Secteur 9 durant la période d'étude.....	124
Figure 46: Variation du tonnage dans le Jour 1 en fonction des secteurs	125
Figure 47: Variation du tonnage dans le Jour 2 en fonction des secteurs	127
Figure 48: Variation du tonnage dans le Jour 3 en fonction des secteurs	128
Figure 49: Variation du tonnage dans le Jour 4 en fonction des secteurs	129
Figure 50: Variation du tonnage dans le Jour 5 en fonction des secteurs	130
Figure 51: Variation du tonnage dans le Jour 6 en fonction des secteurs	131
Figure 52: Tonnage des Ordures Ménagères après l'interdiction des Sacs en plastique	140
Figure 53: Tonnage de la Collecte sélective après l'interdiction des Sacs en plastique.....	142

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Composition physique d'un déchet ménager dans différents pays (en %)	16
Tableau 2: Caractéristiques élémentaires types des DM.....	17
Tableau 3: Comparaison des déchets au Maroc par rapport à la Tunisie, la France, et les États-Unis (<i>Rassam A, et al, 2012</i>).....	39
Tableau 4: Evolution de la Composition Physique des Déchets Ménagers au Maroc (ELMOUALDI et al, 2006, ATTRASSI al 2005, OUATMANE,2014, ELKADI, A et al 2016) DCI, 1992, DE, 1999).....	40
Tableau 5: Composition des déchets ménagers dans certains Centres Urbains (%) (MI, 1998), (LPEE, 1999), (ONEP, 1999).....	40
Tableau 6: Réparation des déchets et des ratios par région (Karkouri. M, 2010).....	41
Tableau 7: Evolution future de la production des déchets ménagers au Maroc (DE, 2010)....	42
Tableau 8: Répartition des déchets recyclables (Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines et du Développement Durable, Chargé du Développement Durable)....	44
Tableau 9: Densité des déchets entrants dans les PED et les pays industrialisés.....	48
Tableau 10: Les coordonnées géographiques de la zone d'étude selon le système WGS	54
Tableau 11: Les coordonnées Lambert moyennes de la ville de BENI MELLAL.....	54
Tableau 12: Caractéristiques d' Autoroute de Béni Mellal - Berrechid	58
Tableau 13: Infrastructures routiers	58
Tableau 14: Volumes d'eaux usées dans BENI MELLAL (ABHOER, 2011).....	62
Tableau 15: Répartition des rejets domestiques de la province BENI MELLAL (ABHOER, 2011).....	62
Tableau 16: Superficie et rendement agricoles par type de culture dans la ville de BENI MELLAL en 2015 (Office Régional de la mise en valeur agricole de Tadla).....	63
Tableau 17: Superficie irriguée dans la région BENI MELLAL-KHENIFRA (Monographie de BENI MELLAL-KHENIFRA)	64
Tableau 18: Coopératives de la ville (Monographie de BENI MELLAL – KHENIFRA)	65
Tableau 19: Education-formation (2013-2014) (Monographie de BENI MELLAL – KHENIFRA)	65
Tableau 20: Répartition des effectifs par province et le sexe (Monographie de BENI MELLAL – KHENIFRA)	65
Tableau 21: Différentes catégories de déchets (CEFREPADE, 2008; AFNOR, 1996).....	84

Tableau 22: Tonnage et la production moyenne annuelle de la zone d'étude en 2014, 2015 et 2016.....	92
Tableau 23: Tonnage moyen, déviation et pourcentage de la Fraction recyclable de la zone d'étude en 2014.....	94
Tableau 24: Corrélation de Pearson entre les fractions recyclables des déchets solides de la zone d'étude	106
Tableau 25: Comparaison de la Composition annuelle moyenne par habitant (en kg/hab.an) de la fraction recyclable de la zone villa de la ville de BENI MELLAL avec celle de la Tunisie (Ben Ammar, 2006) et la France (ADEME, 1999).	107
Tableau 26: Comparaison des fractions recyclables de la zone d'étude avec celles de Québec (Bilan sur la gestion des déchets au Québec, 2002) et l'Université Hassan II-Mohammedia (El maguiri et al. 2014) (en %).	109
Tableau 27: Tonnage total et moyen mensuel et la production des déchets par les habitants	113
Tableau 28: Comparaison de la Masse des déchets solides des secteurs durant la période d'étude avec celle enregistrée en 2015 (MBM, 2015)	114
Tableau 29: Composition journalière des déchets solides de la Ville de BENI MELLAL ...	132
Tableau 30: Composition de la Fraction [$>250\text{mm}$] en déchets en kg.....	133
Tableau 31: Poids et pourcentage des sous-catégories de la Fraction [$>250\text{mm}$] en (kg)	135
Tableau 32: Composition de la Fraction [80-250mm]	136
Tableau 33: Poids des sous-catégories de la Fraction [80-250mm] en (kg)	137
Tableau 34: Variation du tonnage des Ordures ménagères en 2014, 2015 et 2016 par semestre	141
Tableau 35: Variation du tonnage moyen mensuel et global de la Collecte Sélective par semestre en 2014, 2015 et 2016	143

LISTE DES ABREVIATIONS

ABHOER	: Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Er Rbia
ADEME	: Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AEP	: Approvisionnement en eau potable
AFNOR	: Association française de normalisation
BM	: Banque mondiale
BT	: Benne tasseuse
CH ₄	: Méthane
CIPRE	: Centre international de promotion de la récupération
CNC	: Combustibles non classés
CO	: Monoxyde de Carbone
CO ₂	: Dioxyde de carbone
CSD	: Centrale de services à domicile
DDT	: Dichlorodiphényltrichloroéthane
DEEE	: Déchets d'équipements électriques et électroniques
DH	: Déchets hospitaliers
DM	: Déchets ménagères
DMA	: Déchets ménagers et assimilés
DMP	: Déchets médicaux pharmaceutiques
DSD	: Duales system deutschland
DUS	: Déchets urbains solides
EPA	: Agence de protection de l'environnement
GES	: Gaz à effet de serre
HCP	: Haut-Commissariat au plan
HS	: Hydrogène sulfuré
IEC	: campagnes d'information, d'éducation et de communication
INC	: Incombustibles non classés
MH	: Masse humide
Ms	: Masse sèche
MO	: Matières Organiques
MODECOM	: Méthode de caractérisation des ordures ménagères
NPAH	: Hydrocarbure aromatique polycyclique azotés
OM	: Ordures ménagères

OMS	: Organisation mondiale de la santé
ONG	: Organisme non gouvernemental
OPAH	: Hydrocarbure aromatique polycyclique oxygénés
PAH	: Hydrocarbure aromatique polycyclique
PAP	: Porte à porte
PCI	: Pouvoir calorifique inférieur
PED	: Pays en voies de développement
PEHD	: Polyéthylène haute densité
PELD	: Plastique polypropylène basse densité
PET	: Polytéréphtalate d'éthylène
PI	: Pays industrialisés
PNDM	: Programme national de gestion des déchets ménagers et assimilés
PP	: Plastique polypropylène
PVC	: Polychlorure de vinyle
SIDA	: Syndrome d'immunodéficience acquise
ST	: Sites de transit
UE	: Union Européen
UTOM	: unités de traitement des ordures ménagères

INTRODUCTION GENERALE

Le développement socio-économique et l'accroissement démographique que connaît la ville de BENI MELLAL engendrent une évolution de la consommation et par conséquent la production des déchets solides s'amplifie. Ces déchets représentent des nuisances aussi bien pour l'homme que pour son environnement.

L'accroissement des déchets joue un rôle capital dans l'augmentation de la pollution, la dégradation des ressources naturelles et les pertes d'énergie. Elle peut aussi contribuer aux changements climatiques par les émissions des gaz à effet de serre et le réchauffement progressif de la terre qui entraînerait un déséquilibre global des écosystèmes.

Par ailleurs, l'augmentation des déchets solides entraîne des dépôts sauvages un peu partout dans les villes ou hors de la ville (décharges). Ceci représente un milieu favorable, d'une part à la multiplication des vecteurs de transmission tels que les arthropodes (mouches, moustiques) et les rongeurs et, d'autre part, à la prolifération de germes responsables des maladies et infections de tout genre.

Dans bien des cas, les vecteurs directs de ces maladies peuvent être les enfants qui jouent au milieu des ordures, ainsi que les récupérateurs et les manutentionnaires professionnels de déchets qui manipulent les déchets sans aucune protection en méconnaissance totale des dangers qu'ils représentent pour leur santé.

Pour remédier à cette problématique, une volonté politique doit mettre en exergue le défi majeur de la Gestion adéquate des déchets solides et la rendant comme une priorité stratégique.

Cela doit être initié par une bonne compréhension de la Gestion des déchets solides. Une gestion qui est basée sur un tri à la source et sur une valorisation pour diminuer considérablement le tonnage des déchets. Cette politique nécessite une caractérisation des déchets produits et leurs classifications.

En effet, la méconnaissance des propriétés des déchets et des conditions dans lesquelles leur gestion doit être abordée engendre inévitablement l'échec de toute tentative, efficiente et durable, de leur gestion.

Les finalités donc de la caractérisation des déchets est de fournir des informations capitales sur la base desquelles le décideur est à même de choisir sa politique de gestion de ces refus. Ces renseignements doivent lui permettre notamment de mettre en place des programmes

efficaces de gestion (valorisation, récupération, etc.) et d'optimiser le choix des techniques de traitement des déchets.

La caractérisation des déchets permet à la Commune Territoriale de BENI MELLAL :

- D'évaluer la situation présente en matière de quantité et de qualité de génération des déchets au niveau des ménages et de suivre son évolution ;
- D'identifier, éventuellement, les spécificités des déchets en fonction des caractéristiques des populations et, par conséquent, bien cibler les campagnes d'information, d'éducation et de communication (IEC) ;
- D'impliquer les ménages et les autres acteurs (récupérateurs, recycleurs, etc.) dans la gestion des déchets ;
- D'évaluer les potentialités économiques et d'élaborer des programmes de valorisation permettant de réduire les coûts de transport des déchets vers les décharges (en réduisant les masses de déchets grâce au tri à la source (les ménages), développement de filières de traitements formelles et informelles, etc. ; implication des différents acteurs : ménages, récupérateurs informels, Organismes Non Gouvernementales (ONG), Associations, Comités de Quartier, etc.) ;
- D'optimiser le choix des modes de gestion des déchets n'ayant pu être valorisés ;
- De prendre en compte l'évolution de la composition des déchets dans la planification de l'urbanisation future.

Afin de contribuer à la résolution de la problématique des déchets solides, nous avons fait une caractérisation des déchets solides de la Ville de BENI MELLAL, objectif principal de cette étude. La présente étude s'inscrit dans le cadre de la réalisation d'une étude de faisabilité de mise en place d'un tri sélectif et la valorisation de la fraction recyclable au niveau de la ville de BENI MELLAL. Cette étude permet la caractérisation des déchets solides dans la ville de BENI MELLAL.

Nous avons réalisé deux expérimentations :

La première méthode permet la détermination de la composition de la fraction recyclable des déchets solides de la zone villa de la Ville de BENI MELLAL. Nous avons classifié les déchets selon les catégories suivant : Refus, Carton, papier, Emballage, PEHD, PET, Verre, Métal et Pneu.

La deuxième méthode consiste en la classification des déchets de la ville de BENI MELLAL selon deux fractions [$>250\text{mm}$] et [$80-250\text{mm}$], en dix catégories : Putrescibles, Cartons, Textiles, Textiles sanitaires, Plastiques, Combustibles Non Classés, Verres, Métaux, Incombustibles Non Classés et des déchets Dangereux.

Ainsi, le présent manuscrit présentera la démarche, la méthodologie et les principaux résultats obtenus en concordance avec les objectifs fixés.

Le manuscrit est organisé en trois parties :

- La partie I est une synthèse bibliographique donnant une approche fondamentale sur les déchets solides et leurs gestions, dans les pays en développement et au Maroc. En donnant leur classification et mettant en évidence leur impact sur l'environnement ;
- La partie II décrit les matériels et les méthodes utilisés au cours de ce travail ; tout en présentant la zone d'étude, la stratégie de collecte et de la caractérisation et la classification des déchets solides selon les secteurs de la zone d'étude et selon des catégories ;
- La partie III correspond à la synthèse des principaux résultats :
 - ✓ Caractérisation de la Fraction recyclable de la zone Villa de la ville de BENI MELLAL entre 2014 et 2016 ;
 - ✓ Caractérisation des Ordures Ménagères de la Ville de BENI MELLAL ;
 - ✓ Impact de l'interdiction des sacs en Plastique sur le Tonnage des déchets solides de la Ville de BENI MELLAL.
- La partie IV est une présentation des principales conclusions ainsi que les perspectives de ce travail.

PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. INTRODUCTION

Pour mieux appréhender le sujet et la problématique, il est essentiel de donner un aperçu sur les déchets solides, leurs caractérisation, le Cadre juridique qui les assujetti et leurs Gestion. Tout en faisant une approche nationale et internationale (Pays industrialisés et Pays en voies de développement).

II. PROBLEMATIQUE DES DECHETS SOLIDES A L'ECHELLE INTERNATIONALE

II.1 Définition du terme « déchet »

II.1.1 Définition générale

Au sens de la loi en France, un déchet est défini comme "Tout résidu d'un processus de production, de transformation, ou d'utilisation de toute substance, matériau produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon et qui sont de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, à dégrader les sites ou les paysages, à polluer l'air ou les eaux, à engendrer des bruits ou des odeurs, et d'une façon générale, à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement. (Article 1 de la loi du 15 juillet 1975 (n° 75-633)).

En matière de gestion, le mot déchet peut être défini de différentes manières selon le type de considération. Dans la littérature, quatre définitions sont proposées : une économique, une juridique, une matérielle et une environnementale (Sané, 2002). Parmi celles-ci, André et al. (1997) retiennent les deux premières définitions qui mettent en exergue la valeur économique du déchet et l'enjeu juridique qui entoure sa gestion future (André et Hubert, 1997).

II.1.2 Définition économique

Un déchet est défini comme étant un objet ou une matière dont la valeur économique est nulle ou négative, pour son détenteur, à un moment et dans un lieu donné. Pour s'en débarrasser, le détenteur devra payer quelqu'un ou faire lui-même le travail (contrairement à un bien qui a une valeur économique positive et donc un acquéreur pour lequel on doit payer un prix). Cette définition de la nullité de valeur reste cependant relative car les déchets des uns peuvent servir de matières premières secondaires pour la fabrication d'autres produits voire même des biens

pour d'autres personnes ou communautés aussi bien dans les pays développés ou industrialisés (PI) (Anonyme, 2004-a) que dans ceux en développement selon l'expression « les résidus des uns font le bonheur des autres ».

II.2 Problématique de Gestion des Déchets Urbains Solides

La gestion des Déchets Urbains Solides (DUS) représente, aujourd'hui et dans les années à venir, le défi majeur auquel les Pays en Voies de Développement (PED) ont à faire face. L'absence de volonté politique d'inscrire cette question dans les priorités stratégiques de ces pays en tant que programme national à part entière, comme on le voit, par exemple dans les domaines de la santé (Programme de Lutte Contre le Paludisme, le SIDA, Lutte Contre la Malnutrition, Maternité Sans Risque, etc.) ou de l'éducation (Programme de Scolarisation des Filles, Programme de Lutte Contre l'Analphabétisme des Adultes, etc.), est le principal handicap devant l'amélioration de la situation de manière générale. Ainsi, la méconnaissance des gisements de déchets, tant du point de vue quantitatif que qualitatif (composition, propriétés physico-chimiques, etc.), ne permet pas la mise en place de stratégies fiables de gestion de ces déchets. En effet, la disponibilité des données sur la caractérisation des déchets générés à l'état brut et leur mise à jour périodique en fonction de l'évolution des modes de vie et des changements d'habitude de société est considérée comme le premier pas dans une gestion efficiente et durable des refus. Dans les PED, ces données doivent concerner particulièrement les OM, qui représentent la plus grande partie des DUS.

L'analyse actuelle de la situation de ces pays dans ce domaine montre les difficultés principales d'ordre institutionnel, organisationnel, technologique et financier (Rapport CCA, 2002 ; Enda Maghreb, 2003 ; Rapport, 2001). Parmi celles-ci on peut citer certaines qui sont communes à la majeure partie des PED avec toutefois de légères variations selon la situation :

- ✓ L'absence de politique nationale et régionale en matière de gestion des OM représente le vrai problème dans le domaine. En effet, comme le signale le rapport « Reforming Infrastructure » (Mars 2004) de la Banque Mondiale (BM) rapporté par l'ADEME (2004), le besoin de régulation et d'intervention des pouvoirs publics et des collectivités locales dans le domaine de la gestion des déchets est primordial en tant qu'instrument de la politique de développement environnemental urbain.
- ✓ Le manque de coordination entre les différents acteurs intervenants dans le secteur ainsi que le manque de formalisation des actions suscitent chevauchement et conflit des compétences et des intérêts et entravent l'optimisation des actions des uns et des autres (Buenrostro et Bocco, 2003 et Arcens, 1997).

- ✓ L'insuffisance des moyens financiers alloués à la collecte et à l'évacuation des OM due en grande partie à la faiblesse des recouvrements des taxes et à la méconnaissance des coûts de filière de ramassage.
- ✓ L'inaccessibilité aux moyens techniques modernes à cause notamment des coûts d'investissement et de fonctionnement élevés et l'inadaptation de certaines recettes occidentales souvent considérées « prêtes à l'emploi » et choisies comme alternatives au contexte spécifique (ADEME 2004). Ainsi, l'échec des unités de traitement des OM (UTOM) au Maroc, entre 1964 et 1980, (Hafid et al., 2004 et CIEDE, 1999) et celui de l'incinération en Tanzanie et au Nigeria (Achankeng, 2003) sont directement liés à cette inadaptation des technologies aux conditions spécifiques des pays concernés.
- ✓ Le manque de sensibilisation et d'éducation des populations dans la recherche de solutions adaptées. En effet, l'approche participative est souvent négligée malgré son apport positif expérimenté dans la plupart des pays dans d'autres domaines tels que l'approvisionnement en eau potable.

II.3 Nature des déchets urbains solides

Les DUS sont générés de façon continue en quantité croissante avec le développement des modes de vie des sociétés. Ils sont hétérogènes et leur composition quantitative varie beaucoup en fonction de l'espace (d'une société à l'autre, d'un pays à l'autre, d'une ville à l'autre, etc.) et du temps (jours de la semaine, jours atypiques (fêtes et autres), saisons (humide et sèche, etc.) (Buenrostro et Bocco, 2003). En effet, les facteurs géographiques, climatiques, économiques, raciaux, culturels, social et démographiques sont déterminants dans la quantité et la composition des déchets générés par une communauté donnée (Warith et al., 2005 ; Dong et al., 2003 ; Buenrostro et Bocco, 2003 ; Wikker, 2000 ; Abu-Qudais et Abu-Qdais, 2000 ; Reinhart et McCauley-Bell, 1996 ; Daskalopoulos et al. 1998 ; Thogersen, 1999 et Soclo et al., 1999). Ces variations rendent la définition de la nature des déchets aussi difficile qu'essentielle dans leur gestion.

II.3.1 Nature des DUS dans les pays du Nord

Les DUS dans les pays du Nord sont générés à partir de différentes sources. Ils se composent des OM, des déchets provenant des activités de commerce, des bureaux administratifs, des

institutions publiques. Les OM et les déchets du commerce représentent 50 à 75 % de la masse totale de ces refus (Tchobanoglous et al., 1993). Ce taux peut être beaucoup plus important dans les PED grâce à l'apport notamment de la fraction organique.

Par exemple, à l'île Maurice, les OM, les déchets du commerce et des hôtels atteignent 95 % du total des DUS (Mohee, 2002) au moment où les OM représentent, à elles seules, entre 80 et 92 % respectivement à Dar Es Salam et à Nouakchott (SGDSN, 2003 et Mbuligwe et Kassenga, 2004). D'autres déchets spécifiques sont aussi générés par d'autres sources et sont soumis à une réglementation spécifique de collecte et de traitement. Il s'agit notamment des déchets de démolition, des industries et des activités de soins.

Les principales composantes des DUS sont celles qu'on trouve dans une poubelle ménagère, répertoriées par l'ADEME dans le MODECOM en 1993 (MODECOM, 1993) et reprise dans la norme française XP X 30-408 (AFNOR, 1996) (les putrescibles, le papier, le carton, le textile, le textile sanitaire, les plastiques, les combustibles non classés, les combustibles non classés, le verre, les métaux, les spéciaux et les fines) en plus des déchets encombrants (gros emballages, meubles, carcasses de voitures, etc.) et des autres déchets urbains (commerce et artisanat, résidus de voirie et d'assainissement, déchets biomédicaux, etc....).

II.3.2 Natures des DUS dans les pays du Sud

Avec le développement des modes de vie des sociétés de par le monde, la nature des déchets générés en milieu urbain dans les PED sans être identique à celle des PI s'en rapproche. En effet, si la composition quantitative des déchets varie beaucoup en fonction des modes et niveaux de vie, elle demeure pratiquement la même qualitativement (Buenrostro et Bocco, 2003 ; Wicker, 2002 et Sané, 2002) avec les principales catégories citées ci-dessus.

Ces déchets se composent des OM (qui peuvent à leur tour comprendre les déchets des ménages, du commerce, de l'artisanat et des petites entreprises), des déchets des marchés, des zones administratives, des encombrants (mobilier, carcasses de voitures, démolition, et autres) et des déchets spéciaux représentant des dangers pour la santé et l'environnement (déchets hospitaliers (DH) et certains déchets des industries chimiques par exemple) qui sont parfois soumis à une législation particulière.

II.4 Classification des déchets

La classification des déchets n'est pas chose facile et universelle. Ils peuvent être classés de différentes manières selon les objectifs recherchés et selon l'intérêt des informations qui peuvent en être tirées. Leur classification s'avère souvent très pratique et parfois indispensable pour faciliter abord d'une question complexe relative à la gestion des déchets et notamment quand il s'agit d'optimiser le choix de leur mode de gestion que ça soit à la source ou sur le circuit de leur production. Par exemple, les auteurs d'une étude sur le compostage et l'utilisation du compost en Chine ont classé les DUS en matière organique (MO), matière inorganique, matière recyclable et autres (Wei et al., 2000). L'encyclopédie « les Techniques de l'ingénieur » fait une classification très détaillée des déchets en six groupes comme suit selon leurs origines (FCQ, 1999):

- Biologique : Les déchets d'origine biologique sont définis par le fait que tout cycle de vie produit des métabolites (matière fécale, cadavre...).
- Chimique : Toute réaction chimique est régie par les principes de la conservation de la matière et dès lors si l'on veut obtenir un produit C à partir des produits A et B par la réaction $A + B \rightarrow C + D$; D sera un sous-produit qu'il faut gérer si on n'en a pas l'usage évident.
- Technologique : Quelles que soient la fiabilité et la qualité des outils et procédés de production, il y a inévitablement des rejets qu'il faut prendre en compte tels que chutes, copeaux, solvants usés, emballage, etc....
- Économique : La durabilité des produits, des objets et des machines a forcément une limite qui les conduit, un jour ou l'autre à leur élimination ou leur remplacement.
- Écologique : Les activités de dépollution (eau, air, déchets) génèrent inévitablement d'autres déchets qui nécessiteront eux aussi une gestion spécifique, ... et ainsi de suite.
- Accidentelle : Les inévitables dysfonctionnements des systèmes de production et de consommation sont à l'origine des déchets.

Toutefois, cette classification, bien que détaillée, n'est pas pratique quant à la gestion quotidienne des déchets et particulièrement dans les pays en développement où ces termes ne signifient par grande chose même quand il s'agit de responsabiliser les uns et les autres dans la gestion des déchets car, le plus souvent dans ces pays, les responsabilités et les rôles dans la gestion des ordures ménagères ne sont pas toujours clairement définies (Buenrostro et Bocco (2003) ; SGDSN, 2003 et Rapport CCA, 2002).

On peut différencier trois composantes des DUS selon l'origine (SGDSN, 2003) : les OM provenant des ménages, les déchets des marchés et les déchets des zones administratives. Une autre classification semble être aussi simple que la précédente. Elle est utilisée dans plusieurs études sur la gestion des déchets solides. Elle différencie les déchets en deux grands groupes selon leur nature (Sané, 2002) : les déchets produits par les ménages ou ordures ménagères et les déchets spéciaux (industriels, commerciaux). Ce deuxième groupe peut comprendre également les déchets biomédicaux ou DH. Cette différenciation des déchets en groupes permet une meilleure planification de la gestion des déchets notamment pour un éventuel programme de valorisation par recyclage, par réutilisation ou par compostage (de matières organiques).

II.5 Caractérisation des déchets ménagers

II.5.1 Composition générale

L'étude de la composition des déchets est un pas essentiel pour une bonne gestion et ce pour plusieurs raisons citées par Renhart et al. (1996) et Wicker (2000) dont notamment le besoin d'estimer la quantité des matériaux produits, d'identifier leur source de génération, de faciliter le design des équipements des procédés de traitement, de définir les propriétés physiques, chimiques et thermiques des déchets et de veiller sur la conformité avec les lois et règlements locaux.

La mise en place de données fiables sur la caractérisation des déchets est un préalable à toute approche de gestion efficiente de ces résidus. La disponibilité de ces informations capitales permet essentiellement :

- ✓ d'évaluer la masse de déchets générés et de suivre son évolution en vue de planifier et de définir les stratégies futures en matière de gestion et de traitement ;
- ✓ d'évaluer le potentiel de valorisation (compostage, recyclage des métaux et du carton, etc.) ou les besoins pour le traitement et l'enlèvement des déchets ; d'optimiser le mode de traitement en connaissant précisément la composition des déchets ;
- ✓ de prédire les émissions de ces déchets dans l'environnement et éventuellement de travailler sur l'atténuation de leur impact.

La caractérisation des déchets

n'est pas universelle car elle dépend de l'objectif pouvant capitaliser les résultats obtenus par celle-ci. Il existe plusieurs façons de caractériser un déchet. Brunner et Ernst (1986), suggèrent une caractérisation suivant des paramètres divisés en trois groupes : 1) matériaux

(papier, verre, métaux, etc.), 2) paramètres physiques, chimiques ou biologiques (masse volumique, teneur en eau, biodégradabilité, etc.) et 3) composition élémentaire (carbone, mercure, etc.). Il est toutefois important de signaler que la détermination de tous ces paramètres n'est pas toujours nécessaire. Il est souvent suffisant d'analyser un seul groupe spécifique pour répondre à une question donnée sur la gestion des déchets. Par exemple, pour le recyclage matière, l'analyse du groupe matériaux est suffisante alors que l'évaluation de l'impact des émissions de l'incinération sur l'environnement nécessite une analyse de la composition élémentaire des déchets (Brunner et Ernst 1986).

II.5.2 Composition physique

II.5.2.1 Problématique

La gestion efficace des déchets ne peut s'inscrire dans une vision durable que par la connaissance précise de l'évolution des flux de ces rejets et surtout de leur composition. La connaissance des quantités et de la composition des déchets permet d'optimiser le mode de gestion et de promouvoir, éventuellement, la création de filières de valorisation matières. Ceci contribue non seulement à la salubrité de l'environnement des villes (voie publique, périphéries, etc.), mais aussi peut jouer un rôle significatif dans la lutte contre la pauvreté particulièrement dans les PED (Buenrostro et Bocco, 2003 ; Aye et Widjaya, 2005 et Zaïri et al., 2004) grâce à la récupération des différents matériaux et leur vente par les récupérateurs.

La réduction des déchets joue aussi un rôle capital dans la diminution de la pollution, la conservation des ressources naturelles et, dans beaucoup de cas, l'économie d'énergie (EPA, 2000). Elle peut aussi modifier le changement global du climat causé par les émissions des gaz à effet de serre (ou GES) (CH₄, CO₂, etc.) et le réchauffement progressif de la terre qui entraînerait un déséquilibre global des écosystèmes (fonte des glaces, extinction d'espèces, etc.) (EPA, 2000).

Enfin, la méconnaissance des propriétés des déchets et des conditions dans lesquelles leur gestion doit être abordée engendre inévitablement l'échec de toute entreprise, efficiente et durable, de leur gestion. Aussi, dans la littérature plusieurs auteurs soulignent cet aspect important de la gestion des déchets. Plusieurs rapports de la BM attribuent l'échec de l'application de certaines technologies du Nord (incinération et compostage) dans les PED, à la surestimation du pouvoir calorifique inférieur (PCI) des déchets dans ces pays, qui est riche en matières organiques (ou putrescibles), et la demande du marché local en amendement agricole (compost). D'autres exemples d'échec sur le choix inadapté de technologie dû à la

méconnaissance des spécificités des déchets dans les PED ont été rapportés par Hafid et al. (2004) qui rappellent qu'entre 1960 et 1980 cinq unités de traitement des déchets urbains au Maroc ont été fermées à cause de l'inadaptation de cette technologie aux conditions spécifiques du pays. Achankeng (2003) confirme, à ce propos, que l'incinération en Afrique n'est pas une option durable de gestion des DUS en s'appuyant sur l'échec de cette technologie en Tanzanie et au Nigeria.

II.5.2.2 Classification des déchets dans les Pays développés

Le choix du nombre de catégories, suivant lesquelles les déchets sont triés, dépend des objectifs de l'étude et des moyens disponibles pour réaliser celle-ci. Toutefois, les principales composantes d'une poubelle ménagère et des DUS en général restent celles répertoriées par l'ADEME dans le MODECOM en 1993 (MODECOM, 1993) et reprise dans la norme française XP X 30-408 (AFNOR, 1996). Il s'agit des putrescibles, du papier, du carton, des textiles, des textiles sanitaires, des plastiques, des combustibles non classés, des incombustibles non classés, du verre, des métaux, des spéciaux et des fines. Cependant, pour des objectifs spécifiques visés par la caractérisation, certains auteurs se limitent à quelques-unes de ces catégories. Ainsi, Buenrostro et Bocco (2003) ont donné la composition des déchets suivant 7 catégories, Mohee (2002) en a défini 8 alors que Thogersen (1996) s'est intéressé à l'étude de deux catégories de déchets : les fermentescibles issus des refus de cuisine et les emballages. L'étude de caractérisation des déchets suivants les principales catégories est indispensable dans certains cas où on ne dispose pas de données de référence pour le pays considéré (Aloueimine et al. 2005-b) ou pour la mise à jour de ces données (ADEME, 2005-a). Par exemple, l'ADEME en 2004 a réactualisé les résultats de la campagne de caractérisation des OM de 1993 en identifiant 13 catégories et 33 sous-catégories (ADEME, 2005-a). Une autre étude détaillée dans ce domaine est celle effectuée en Californie aux Etats-Unis sur les DUS. Dans cette étude, le tri et la caractérisation ont été faits en identifiant 98 types de matériaux groupés en 10 classes (Rapport, 2004) : 11 types de papier, 14 types de verre, 11 types de métaux, 4 types de déchets électroniques, 29 types de plastique, 9 types de déchets organiques, 7 types de déchets de construction et de démolition, 5 types de déchets ménagers dangereux, 7 types de déchets spéciaux et 1 catégorie de mélange de résidus de petites tailles ne pouvant être triée.

Enfin, les déchets peuvent être caractérisés par leurs tailles granulométriques. On classe en général ces tailles en 4 granulométries distinctes lors d'un tri (MODECOM, 1993 ; Von

Blottnitz et al., 2001 ; Nordtest Method, 1995 et François, 2004) : les gros (> 100 mm), les moyens (< 100 mm et > 20 mm), les fines (< 20 mm et > 8 mm) et les fines (< 8 mm ou sable) ou extra-fines. Toutefois, certaines études définissent les gros par une taille comprise entre 100 et 300 mm (ADEME, 2005-b) et recommandent un tri visuel des hétéroclites (> 300 mm). D'autres granulométries ont été utilisées dans certaines études comme les diamètres de 40 et 80 mm (François, 2004). Il est parfois opportun de dégager cette caractéristique des déchets particulièrement quand on envisage d'installer des séparateurs mécaniques ou d'optimiser la séparation magnétique des déchets ferreux basés sur la connaissance des tailles des composants (MBT, 2003 et Project SWA- Tool, 2004).

II.5.2.3 Classification des déchets dans les PED

Dans les PED, cette répartition des déchets par granulométrie offre d'importantes informations pouvant servir de critère de choix des moyens d'évacuation de ces rejets. Ainsi, dans ces pays, le transport des déchets se fait avec des moyens non adaptés et ceci crée un problème majeur d'assainissement en milieu urbain. Le transport des DUS se fait à l'aide de charrettes à traction humaine ou animale (âne et chevaux) vers les sites de transit (ST) (Arcens, 1997 ; Rapport CCA, 2002 ; Medina, 2000 et Ngnikam 2002). Le ramassage des OM au niveau des ménages et leur transport vers les ST, voire même les décharges hors des villes, est souvent effectué sur ces charrettes par des enfants. Au cours de ce transport, les fractions de déchets de petites tailles s'échappent des bords de la charrette ou à travers les mailles de filets destinés retenir les déchets.

La composition physique des déchets varie beaucoup. Le tableau suivant (tableau 1) illustre la grande variabilité dans la composition qualitative des déchets de différents pays d'un même continent, en Afrique par exemple, (Diop, 1988 et Zaïri et al., 2004) et dans différents continents (Wei et al., 2000 ; Furedy, 2000, Ojeda-Benitez et al., 2003 ; Diop, 1988 ; ADEME, 2000 ; Mbulugwe et Kassenga, 2004 et Mohee, 2002). La grande dispersion observée concerne les différentes fractions de déchets et varie d'un pays par rapport à l'autre. Pour les fermentescibles, l'écart type peut dépasser 25 %, si l'on considère les OM de Douala au Cameroun ou celles de Jakarta en Indonésie où cette fraction fait 80 % et peut atteindre jusqu'à 87 % de ces déchets (Ngnikam et al. 2002 et Aye et Widjaya, 2005). On constate aussi une nette différence de génération des fractions papiers cartons, provenant des emballages, entre les PI et les PED. Cette fraction varie dans les PI et peut dépasser 40 % de la masse globale des déchets comme au Japon (Charnay, 2005). D'autres fractions, provenant

des emballages, montrent aussi cette différence liée au mode de consommation et reflète la disparité entre les niveaux de vie dans les PED et les PI. Il s'agit notamment du verre qui varie de 1 à 5 % environ dans les premiers alors que ce taux peut atteindre jusqu'à 13 % en France et au Japon, par exemple (Charnay, 2005). Par ailleurs, grâce aux politiques menées dans les PI visant à réduire à la source les taux de plastique, qui provient aussi en grande partie des emballages, cette catégorie a tendance à diminuer dans la poubelle ménagère au profit d'autres fractions moins polluantes. Par contre, l'absence de politique similaire dans les PED fait que cette catégorie demeure encore très présente et peut représenter plus de 20 % de la masse des OM (Aloueimine et al. 2005-b).

A noter tout de même que l'interprétation des résultats de ce tableau doit être faite avec prudence car les statistiques ne sont pas faites de la même manière, pas au même moment et varient d'un pays à l'autre. Ces résultats permettent d'avoir une idée non exhaustive de la variation de composition certaines catégories des déchets ménagers dans certains pays. Par ailleurs, la fraction « Autres » varie beaucoup et se compose de différents matériaux. Selon les auteurs, on peut y trouver un ou plusieurs matériaux mélangés tels que du sable, cailloux, pierres, céramiques, couches-culottes, mousses, batteries etc. Ainsi, le tableau suivant permet de comparer les résultats entre eux pour certaines catégories le plus souvent citées.

Tableau 1: Composition physique d'un déchet ménager dans différents pays (en %)

Fractions	France	Singapour	Tunis	Dar Es Salaam	Ile Maurice	Dakar	Pékin	Santiago	Maroc
Déchets putrescibles	28,8	2	70	42	25	43,6	13,2	49	60
Papiers/cartons	52,3	28,3	13	3,1	12	9,7	4,4	19	7-10
Textiles sanitaires	3,1	nd	Nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd
Textiles	2,6	3	4,2	1,2	3	5,2	1,7	4	3
Plastiques	11,1	11,8	4,2	2,2	13	2,7	4	10	4-7
Complexes	1,4	nd	Nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd
Combustibles divers	3,2	44,4	Nd	Nd	nd	nd	nd	nd	7
Verre	13,1	5,7	3,2	3,5	1	1,1	4,3	2	1.5
Métaux	4,1	4,8	3	2	1	3,4	0,1	2	1
Incombustibles divers	6,8	nd	Nd	0,4	nd	nd	nd	7	nd
Déchets spéciaux	0,5	nd	Nd	Nd	nd	nd	nd	nd	nd
Autres	0	0	2,4	45,6	45	72,3	7	7	2

nd : non défini

(¹)ADEME, 2000 ; (²) Enda, 2003 ; (³) Zairi et al., 2004 ; (⁴) Mbuligwe et al., 2004 ; (⁵) Mohee, 2002 ; (⁶) Diop, 1988 ; (⁷) Wei et al., 2000 ; (⁸) Estevez, 2003, (⁹) Rassam A, et al 2012.

II.5.3 Composition chimique

Plusieurs études se sont intéressées à la caractérisation chimique des DM. Certaines d'entre elles avaient pour principal objectif l'évaluation du potentiel polluant de ces déchets (ADEME 1999) ou la mise en évidence de l'existence des effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement (Report, 2002). Le tableau 2 donne des exemples de la composition chimique élémentaire des DUS en France (d'après l'ADEME, 1999), en Chine et en Suisse.

Tableau 2: Caractéristiques élémentaires types des DM

Paramètre	Unité	Teneurs moyennes		
		France ^a	Chine ^b	Suisse ^b
Humidité	% MH	35	-	-
Matière organique totale	% MS	59,2	-	-
Carbone	% MS	33,4	29±5	37±4
Chlore	g/kg MS	14	-	6,9±1,0
Soufre	g/kg MS	2,8	-	1,3±0,2
Azote Organique	g/kg MS	7,3	-	-
Fluor	g/kg MS	0,058	-	-
Bore	g/kg MS	0,014	-	-
Cadmium	g/kg MS	0,004	0,3±0,01	0,011±0,002
Cobalt	g/kg MS	0,113	25±3	-
Chrome	g/kg MS	0,183	0,18±0,02	-
Cuivre	g/kg MS	1,048	-	0,7±0,2
Manganèse	g/kg MS	0,412	-	-
Mercure	g/kg MS	0,003	0,005±0,001	0,00"±0,001
Nickel	g/kg MS	0,048	-	-
Plomb	g/kg MS	0,795	-	0,7±0,1
Zinc	g/kg MS	1	1,3±0,2	1,4±0,2

MH : masse humide ; MS : masse sèche
^a François (2004) ; ^b Youcai et al. (2002)

Ce potentiel polluant dans les DUS est d'origine organique, minérale et métallique (François, 2004) en fonction de la composition des déchets. Ainsi, la matière organique provient essentiellement des fermentescibles, du papier, du carton, des textiles, du plastique et de la fraction des combustibles non classés (cuir, bois, etc.), alors que la matière organique azotée est apportée par les fractions des fermentescibles, des textiles et des combustibles non classés (Tchobanoglous et al., 1993 et François, 2004). Les éléments minéraux et métalliques sont générés par les fractions telles que le verre, les incombustibles non classés, les plastiques, les métaux et les spéciaux. Ils peuvent également provenir des colorants utilisés dans les textiles ou les emballages. Bien que cette composition chimique des déchets ne soit pas exhaustive, elle montre néanmoins déjà le risque sur la santé et l'environnement que les déchets peuvent représenter et la nécessité de traiter ces refus.

II.5.4 Composition en pathogènes

L'un des risques majeurs sur la santé humaine liés aux déchets est sans doute leur contamination microbiologique par divers agents pathogènes tels que les bactéries, les protozoaires, les virus et autres. Le suivi de certains paramètres microbiologiques dans le compost, comme l'*Aspergillus fumigatus* par exemple, permet de déterminer rapidement son état sanitaire ; et il est démontré que la présence d'une grande quantité de moisissures implique automatiquement la présence d'autres agents pathogènes (Focus biosécurité, 1999). D'autre part, il est important de mettre en relief cette caractéristique pour qu'elle puisse être prise en compte dans d'éventuelles mises en place de programme de valorisation et de recyclage des rejets atténuant ainsi leur impact sur la santé. Elle peut servir aussi à la sensibilisation des personnes en contact direct avec les déchets et qui sont le plus souvent non protégées aussi bien dans les pays industrialisés que dans les PED. Hassen et al. (2001) ont identifié plusieurs microorganismes présents en nombre important dans les déchets au cours du compostage (spores bactériens, coliformes fécaux, *Escherichia coli*, streptocoques fécaux, staphylocoques, Salmonelles et Shiguelles). D'après Hoornweg et al. (2000), ces différents agents pathogènes trouvés dans les déchets sont d'origine humaine ou animale et peuvent provenir des boues de vidange, des couches-culottes ou des déchets des animaux domestiques.

II.6 Impacts des déchets sur l'environnement

II.6.1 Problématique

Dans les PED, le manque d'infrastructures de gestion des déchets et plus globalement le manque de politique et de stratégie adaptées provoque une anarchie dans tout le circuit des déchets (pré collecte, collecte secondaire, transport, etc.). Il résulte de cette situation la présence de dépôts sauvages un peu partout dans les villes (ST) ou hors des villes (décharges). Ceci représente un milieu favorable, d'une part à la multiplication des vecteurs de transmission tels que les arthropodes (mouches, moustiques) et les rongeurs (qui peuvent être porteurs de typhus, leptospirose, salmonellose, trichinose, histoplasmosse et tularémie) (Hebette, 1996) et, d'autre part, à la prolifération de germes responsables des maladies et infections de tout genre.

Dans bien des cas, les vecteurs directs de ces maladies peuvent être les enfants qui jouent au milieu des ordures, ainsi que les récupérateurs et les manutentionnaires professionnels de

déchets qui manipulent les déchets sans aucune protection en méconnaissance totale des dangers qu'ils représentent pour leur santé.

Cette catégorie de personnes sont souvent des gens pauvres et vulnérables et qui n'ont comme moyen de subsistance que les revenus générés de la vente des matériaux récupérés dans ces décharges ou sur le circuit de transport des déchets (Medina, 1997 ; Bellamy, 1997 ; Medina, 2000 ; Ngnikam, 2002 et Buenrostro et Bocco, 2003). Medina 1997 rapporte que plus de 2 % des populations des villes d'Asie et d'Amérique Latine et dans les PED en général vivent de cette activité de récupération des déchets.

Les études réalisées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) montrent que les deux tiers environ des habitants des pays en développement sont exposés à des risques importants pour la santé, notamment à cause du manque de systèmes d'évacuation des excréta humains et des ordures ménagères. Cette situation ne s'améliore pas contrairement à l'alimentation en eau potable (Rapport OMS, 1997). Sachant que le milliard de personnes les plus pauvres de la planète ont sept fois plus de chance de mourir de maladies infectieuses et de problèmes de santé maternelle et périnatale – dont la plupart sont directement liés à des conditions d'hygiène insuffisantes – que le milliard de personnes les moins pauvres de la planète, l'évaluation de la situation mondiale en matière d'assainissement et d'approvisionnement en eau potable montre une aggravation de la situation sanitaire alarmante et inexplicable (comparée aux progrès observés dans le domaine de l'approvisionnement en eau potable (AEP) ces dernières années) (Rapport OMS, 1997).

Le rapport direct entre la forte prévalence de nombreuses maladies et la précarité des conditions d'hygiène et d'assainissement est une réalité avérée. Ainsi, il ressort du rapport du Directeur général de l'OMS, sur la stratégie d'assainissement pour les communautés à haut risque, que l'investissement dans le domaine de l'assainissement induit une chute radicale des taux de mortalité infantile (0 à 1 an) et infanto juvénile (0 à 5 ans). Dans les pays où ces investissements ont eu lieu, les résultats sur l'amélioration de la santé des populations ont été évidents, alors que dans les pays où cette décision n'a pas été prise les gens continuent à souffrir. Le tableau 4 montre, en effet, que la mortalité infanto juvénile (0 à 5 ans) est inversement proportionnelle au taux d'accès à un assainissement approprié dans ces sept pays. (Rapport OMS, 1997 ; Politique Nationale, 2004 et UNDAF, 2005).

D'autres études se sont intéressées à l'impact sanitaire des déchets sur les personnes en contact direct avec ces rejets. Même si le niveau de vie de certains récupérateurs s'est amélioré à Katmandu au Népal, la prévalence de certaines maladies liées principalement à l'hygiène reste alarmante (Cointreau-Levine, 1997). Ainsi, l'enquête, menée auprès de ces

récupérateurs, a révélé une augmentation de certaines maladies par rapport à leur état avant la pratique de ce travail. Il en ressort une augmentation nette pour toutes les maladies. La recrudescence de certaines d'entre elles a fait que le taux d'infection s'est vu multiplier par 4. Les maux de tête chez ces populations ont été multipliés par 7.

II.6.2 Problèmes liés aux lixiviats

Dans les PED, les valeurs de la capacité au champ, l'humidité des déchets enfouis, sont estimées sans mesure sur le terrain et avec une grande approximation. A Gaza, les quantités de lixiviats collectées avant recirculation et en saison sèche sont de l'ordre de 26 m³/jour pour 246 t/j de déchets déposés ; c'est une valeur très élevée par rapport aux prévisions (Sheu M., 2001) d'autres CSD sont mal exploités pour des problèmes de dysfonctionnement au niveau de la conception. C'est le cas du CSD d'Oued Fayet à Alger (Algérie) qui a d'énormes problèmes au niveau du drainage des lixiviats (Aina, 2006).

II.6.3 Problèmes liés au biogaz

Normalement, les PED devraient être les pays les plus favorables à investir dans le domaine de la valorisation du biogaz des CSD, car leurs déchets sont très riches en matière organique. Plusieurs facteurs empêchent le développement de cette option. Selon ROBINSON et al., (2003) de l'agence Américaine EPA, les obstacles qui empêchent la valorisation du biogaz dans les PED sont les suivants :

- Absence de loi qui favorise ou incite les exploitants à valoriser le biogaz. Par contre en Inde, une loi a été promulguée interdisant la mise en décharge de la matière organique pour favoriser le compostage : ceci provoque la réduction de la quantité des déchets stockés et donc la production de méthane.
- Manque de financement durable : pour la conception des CSD dans les PED, les bailleurs de fonds comptent sur les budgets attribués par les autorités locales pour assurer l'exploitation et la maintenance du matériel. Le risque est alors de voir « gonfler » les demandes comme à Kampala en Ouganda : le site Mpwere est conçu avec valorisation du biogaz et traitement par lagunage des lixiviats, mais après un an d'exploitation et sous prétexte de manque de financement, il a été exploité comme une décharge sauvage.

Récemment, plusieurs PED ont compris la nuisance engendrée par les biogaz non captés. Au Maroc un grand projet est en cours de réalisation concernant le captage et la valorisation du biogaz de la décharge d'Akrech (décharge sauvage). A Dar Es Salem en Tanzanie, un projet de récupération énergétique est à l'étude (MBULIGWE, 2002).

La non valorisation du biogaz n'est pas le seul problème. Il y a bien sûr les impacts globaux, mais aussi les risques d'incendies, les odeurs et les problèmes sanitaires.

II.6.4 Risques d'explosion

Le méthane est un gaz moins dense que l'air, excellent combustible et explosif, très légèrement soluble dans l'eau, inodore et incolore. Selon PETS et EDULJEE (1994), les risques d'explosion constituent le problème le plus grave. Cependant, les risques d'explosion semblent limités si le méthane est dilué dans l'air atmosphérique ou collecté par un réseau de drains.

Par ailleurs, la littérature fait état du phénomène de migration souterraine du biogaz (REGINSTER, 1999). Ce fait semble être en corrélation avec les caractéristiques géophysiques notamment géologiques du site et de leur entourage. JALLET (1994) a noté que l'explosion d'une maison à proximité de la décharge des Isnes (Gembloux), a eu pour cause cette migration du gaz.

Nous n'avons pas trouvé des exemples d'explosion dans les PED.

II.6.5 Mauvaises odeurs

Les odeurs nauséabondes accompagnent le dégagement de biogaz qui véhicule le plus souvent à l'état de traces des composés soufrés (hydrogène sulfuré, polysulfures et mercaptans). Dans une décharge, le risque d'odeurs est plus fort dans la première année après l'enfouissement des déchets.

Le sulfure d'hydrogène (H₂S) peut, dans certains cas, être le principal composé responsable des odeurs nauséabondes : il a une odeur très forte, détectable par l'homme à des concentrations dans l'air relativement faibles, 0,025 ppm (GENDEBIEN et al, 1992). Selon REGINSTER (1999), une enquête de « nez », réalisée par le groupe «intérêts communaux » avec les habitants riverains de la décharge de Mont St Guibert (Belgique) en 1996, et à laquelle une cinquantaine de personnes ont participé, a montré de manière indiscutable la

pollution olfactive réelle subie par ces habitants, mais aussi les différences de perception selon les individus.

Une étude menée par DAVOLI et al (2003) a identifié les composés organiques odorants caractéristiques des déchets selon leur âge, composition du biogaz et des lixiviats. Il a utilisé la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse.

Les résultats ont montré que les composés caractéristiques sont les suivants :

- Dans les déchets frais : limonène
- Dans les déchets plus anciens, et surtout du biogaz et des lixiviats p-cymène
- Dans les lixiviats : p-cymène + 2 terpènes : eucalyptol et fonce Camphore

Cette méthode identifie les composants sans déterminer leurs sources d'odeurs.

II.6.6 Toxicité des substances envers l'homme

Dans le biogaz, il existe une multitude de substances qui, même si elles ne sont présentes qu'en faibles quantités, peuvent être dangereuses pour la santé.

Parmi les composants les plus nuisibles à la santé humaine, on trouve Le sulfure d'hydrogène (H₂S) qui est susceptible d'occasionner des troubles de la santé. Il possède une odeur caractéristique d'œuf pourri. Les symptômes provoqués les plus courants sont des maux de têtes, confusion et des douleurs dans la poitrine.

Selon REGINSTER (1999), les composés chlorés, tel que le chlorure de vinyle, provenant de la dégradation biochimique de produits chlorés, est reconnu comme cancérigène pour les hommes. Le dichlorométhane est suspecté comme cancérigène pour les hommes. Le tétrachloroéthylène est reconnu comme cancérigène pour les animaux.

Remarque: le CO peut être dangereux pour l'Homme et peut provoquer des asphyxies en prenant la place de l'oxygène dans l'air (plus lourd que celui-ci). La descente dans une tranchée ouverte de CSD doit se faire avec masque ou une assistance respiratoire. Le méthane et le CO participent à l'effet de serre et à la pollution atmosphérique.

Nous pouvons estimer que le méthane est responsable à lui seul de 20% de l'augmentation de température au cours des 10 dernières années. Si nous considérons que 5 à 10 % des émissions de méthane dans l'atmosphère proviennent des décharges et que cette proportion risque d'augmenter, il devient essentiel d'envisager une gestion du biogaz (GENDEBIN et al.,1992 cité par DE LA FARGE, 1995).

Selon ROBINSON de l'EPA (2003), Les décharges dans le monde produisent 20 à 60 millions tonne de CH₄ /an dont 50-60% CH₄, 40-45% CO₂ et des traces d'autres composés organiques volatiles et halogénés.

On note aussi que plusieurs composés organiques présents dans le biogaz participent à la pollution atmosphérique. Une campagne de caractérisation effectuée par al YASSAA et al. (2004), de mai 1998 à février 1999 dans le centre-ville d'Alger et sur la décharge d'Oued Smar, a identifié des concentrations en composés organiques tels que n-alcanes, n-acides alcanoïques, n-alcan-2-ones, PAH (hydrocarbures aromatiques polycycliques), OPAH (HAP oxygénés) et NPAH (HAP azotés). Tous ces composés ont une forte tendance à augmenter fortement en hiver sauf les OPAH.

II.6.7 Envols des plastiques

Le déchargement des déchets dans les casiers en cours d'exploitation et l'absence de couverture sur ces derniers peuvent provoquer l'envol de certains objets légers comme les papiers et les plastiques. On observe ce phénomène dans la majorité des « décharges sauvages » des PED. Pour limiter ces envols, il faut mettre en place des filets et des grillages ; le recouvrement régulier par une couche de terre limite fortement ces envols.

II.6.8 Prolifération des animaux

Les rongeurs, les insectes et les oiseaux trouvent refuge dans les centres de stockage, attirés par la nourriture qu'ils trouvent dans les déchets. Ils constituent un réel gêne pour l'exploitation et une nuisance pour le voisinage. Certains animaux sont d'ailleurs susceptibles de transmettre et de propager des maladies. Au regard des risques aviaires notamment la réglementation française interdit tout stockage de déchets fermentescibles (OM essentiellement) dans un rayon de 10 kms autour d'une zone aéroportuaire.

II.6.9 Incendie

La cause principale d'incendie sur un CSD est la présence des poches de méthane dans les déchets. Il faudra donc veiller à un compactage régulier des déchets. Par ailleurs le contrôle de la température des déchets admis sur le site est essentiel.

Dans de nombreuses villes de PED l'incinération des déchets urbains semble une pseudo solution pour réduire la quantité et le volume des déchets dans les quartiers et les déchets entrants dans les CSD.

II.6.10 Bruit

Comme les animaux, le bruit est considéré comme une nuisance pour les riverains. Il est engendré par les camions qui transportent les déchets et les engins de compaction ou de terrassement présents sur les sites.

II.7 Gestion des déchets ménagers

II.7.1 Généralités

La nécessité de gestion des déchets est dictée par les impératifs sanitaires et environnementaux. Ceci est d'autant plus important que la quantité des déchets générés ne cesse d'augmenter et de se diversifier. Ce caractère d'hétérogénéité des déchets représente le principal obstacle pour une généralisation d'une filière de gestion et de traitement de ces refus.

L'objectif ultime de la gestion des déchets étant de réduire le volume des matériaux destinés à la décharge finale pour minimiser les risques de pollution qu'ils peuvent causer pour la santé et l'environnement (potentiel polluant, émission du biogaz, lixiviat, pathogènes, etc. (MBT, 2003)), les stratégies de gestion doivent passer par l'application de principes simples qui permettent d'atteindre les objectifs spécifiques correspondants (Wincker, 2000 ; FCQ, 1999).

Il s'agit principalement de :

- Recours aux technologies propres permet l'optimisation du procédé de fabrication d'un produit, la réduction de sa quantité ou la production de moins de polluants. On pourra ensuite travailler sur la dépollution puis sur la non-pollution.
- Mise en œuvre de filière de réutilisation, de recyclage et de compostage des déchets est l'aspect le plus important dans la gestion des déchets. Ainsi, les composantes valorisables des déchets peuvent être réintroduites dans un nouveau cycle de production économique.
- Le rejet « écompatible » des déchets ; notion fondamentale lorsqu'aucune des autres stratégies ne peut être appliquée, il faut définir un retour « acceptable » des déchets dans le milieu naturel.
- L'enfouissement ultime, c'est-à-dire, l'enfouissement des déchets qui n'ont pu être réduits, réutilisés ou recyclés compostés.

A ces principes, qui peuvent être considérés des stratégies de gestion, Alain Navarro en a ajouté une qui consiste à l'arrêt définitif d'un constituant en fin de vie, déchet difficilement éliminable ou entraînant lors de sa production la génération de déchets difficilement éliminables, comme c'est le cas pour les CFC (chlorofluorocarbures), DDT (Dichlorodiphényltrichloroéthane) et autres (ADEME, 1999 ; SGDSN, 2003).

Ces différents principes régissent aujourd'hui la gestion des déchets de manière générale dans plusieurs pays industrialisés et on a besoin de recourir à plusieurs stratégies en même temps pour résoudre le problème des déchets. Par exemple, pour le plastique : valorisation + rejet éco-compatible (lavage des déchets de plastique) + stockage (des refus de tri et des boues de lavage) [ADEME, Stratégies de gestion et filières de traitement].

II.7.2 Problématique de la gestion des déchets

Le problème de la gestion des déchets ne s'est posé avec acuité que récemment, suite à l'accroissement de la production industrielle et au développement des centres urbains. L'élimination des déchets nécessite dès lors une approche technologique et méthodologique. Cette vision s'est traduite par le développement de technologies de plus en plus performantes de traitement qui prennent en compte la croissance des populations, les concentrations des déchets, les préoccupations environnementales et le développement durable. Aussi l'objectif ultime de la gestion des déchets étant de réduire le volume des matériaux destinés à la décharge finale pour minimiser les risques de pollution qu'ils peuvent causer pour la santé et l'environnement (potentiel polluant, émission du biogaz, lixiviat, pathogènes, etc.) (MBT, 2003), les stratégies de gestion doivent passer par l'application de principes simples qui permettent d'atteindre les objectifs spécifiques correspondants (Wicker, 2000). Il s'agit surtout de la mise en œuvre de filières de réutilisation, de recyclage et de compostage des déchets.

Dans les PED, la croissance rapide de la population dans les villes et les multitudes de coutumes entraînant différentes habitudes de vie ont eu pour conséquence une augmentation des taux de production de déchets auxquels les acteurs locaux, collectivités locales et régionales n'étaient pas préparés à faire face. Jusqu'au seuil des années 90, il n'existait presque pas de stratégies nationales en matière d'assainissement pour ces villes, car les priorités étaient données à d'autres secteurs de développements tels que la lutte contre la désertification, la recherche de l'autosuffisance alimentaire, la santé publique etc.

Jusqu'alors ces acteurs sont surtout restés préoccupés par la collecte et l'évacuation des ordures sans essayer d'approcher les déchets en tant que ressource qui peut avoir une valeur économique.

II.7.3 Gestion des déchets dans les pays du Nord

La mise en place d'outils réglementaires et juridiques dans certains pays, et particulièrement dans les pays du Nord, a joué un rôle essentiel dans la gestion rationnelle et saine des déchets. Ainsi, un arsenal de textes régulant la gestion des déchets a vu le jour depuis les années 1990 dans l'UE et en France et notamment les lois françaises (loi du 13 juillet 1992, fondatrice de la modernisation de la gestion des déchets dans le pays, loi n° 75- 663 sur l'élimination des déchets et récupération des matériaux et loi-92-663 instituant la suppression des décharges sauvages sur un délai de 10 ans) et les directives européennes (n°75 - 442/CEE, n°91/156/CEE et la directive 1999/31/EC qui stipulent qu'au 16 juillet 2016, les déchets biodégradables des DUS doivent être réduits à 35 % du poids de la quantité produite en 1995) (Anonyme-1 ; François, 2004 ; Houot et al., 2002 et Garcia et al., 2005).

En général, la gestion des déchets dans ces pays est du ressort des collectivités locales. En France, comme le prévoit la loi, les communes doivent organiser l'élimination des déchets municipaux. Il n'est pas rare que celles-ci se regroupent en syndicats intercommunaux, communautés urbaines ou districts pour faire face aux difficultés croissantes d'ordre technique et organisationnel (ADEME, 2000-b). Dans plusieurs pays l'intervention d'entreprises privées agréées par les services publics s'est avérée d'une utilité capitale dans la gestion de certaines composantes des déchets. Il s'agit particulièrement des emballages de vente. En France, Eco Emballage, qui a vu le jour en 1992, a pour missions d'organiser, de superviser et de financer la collecte sélective, le tri et le recyclage des emballages ménagers en France. Ces mêmes missions sont confiées à des entreprises similaires créés dans d'autres pays européens telles que Duales System Deutschland (DSD GmbH) en Allemagne, Altstoff Recycling Austria en Autriche et Fost Plus en Belgique. . Leur principal objectif est d'aider les collectivités locales dans leur politique de recyclage des déchets ménagers, par la réintégration des déchets d'emballage dans le circuit économique, de pérenniser les filières de recyclage, de maîtriser les coûts et de sensibiliser les particuliers.

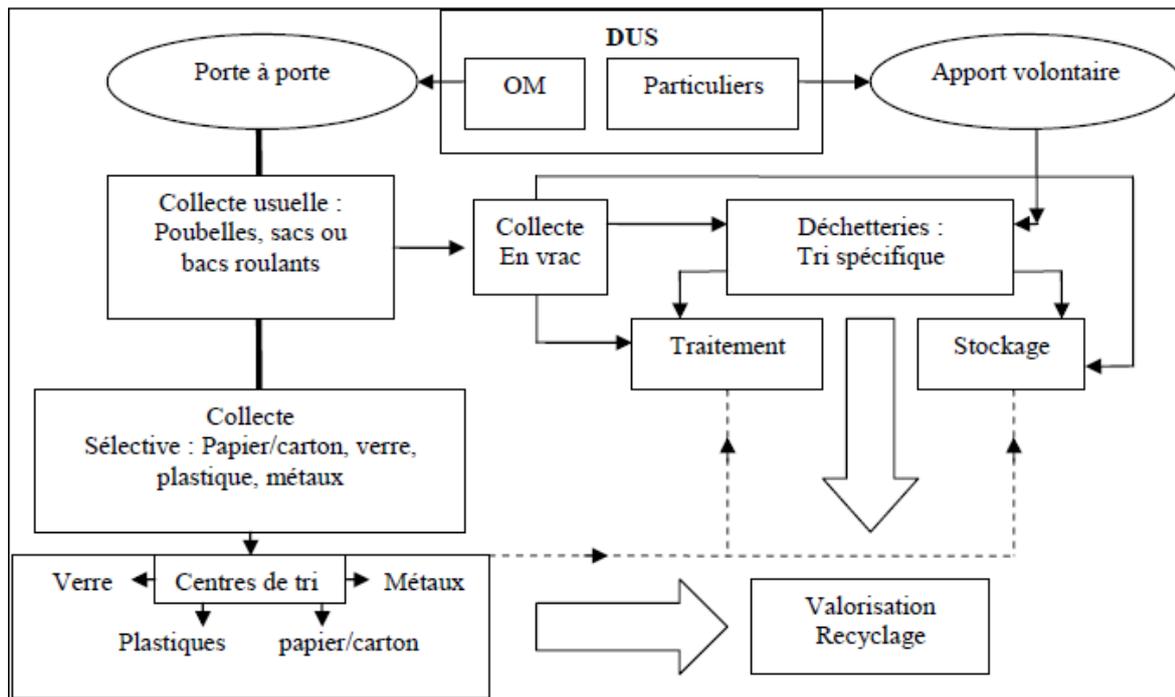


Figure 1: Schéma type de la gestion des déchets dans les pays du Nord

Selon l'ADEME, aujourd'hui presque toute la population bénéficie d'un service de collecte des OM (poubelles traditionnelles, sacs ou bacs roulants). Une grande partie de la population participe à la collecte sélective multimatériaux. Les fractions de déchets concernées par cette collecte sont les emballages en papier- carton, verre, plastiques, métaux en plus des journaux et des revues. Ces déchets collectés sélectivement sont acheminés vers les installations industrielles spécialisées ou centres de tri. Les différents matériaux y sont séparés et amenés à un niveau de qualité compatible avec les activités de recyclage. Les centres de tri peuvent générer des déchets. Les refus ne pouvant être valorisés sont envoyés pour le traitement ou le stockage.

Les déchetteries sont des espaces aménagés, surveillés et clôturés. Elles sont destinées à recevoir les déchets encombrants des particuliers (commerçants, artisans et autres) ou tout autre déchet par apport volontaire. Les déchets apportés doivent être répartis dans des conteneurs spécifiques en vue de la gestion (valorisation), du traitement ou du stockage éventuellement des matériaux qui les composent.

Enfin, les déchets spéciaux ont un mode particulier de gestion vue leur dangerosité. Cette gestion est régie par la réglementation en vigueur en fonction des pays.

II.7.4 Gestion des déchets dans les pays du Sud

II.7.4.1 Problématique

L'urbanisation rapide des villes du Sud a eu pour conséquence une croissance des taux générés de déchets auxquels les gestionnaires urbains n'étaient pas préparés à faire face. Durant des décennies, ces responsables étaient préoccupés plutôt par la collecte et l'évacuation des refus sans essayer d'approcher les déchets en tant que ressource qui peut avoir une valeur économique. La dégradation des conditions de vie progressive, le chômage des jeunes et la pauvreté sont autant de facteurs ayant favorisé l'émergence d'un secteur informel auquel reviennent les principales tâches dans la gestion des déchets, à savoir la récupération et le recyclage d'une importante quantité des refus. Ce secteur informel joue le plus grand rôle dans la réduction des flux et contribue de manière non négligeable dans l'économie nationale locale (Achankeng, 2003 ; Medina, 1997 ; Medina , 2000 ; Bellamy, 1997 ; Report Kenya, 2001 ; Peter et Jaffe, 2003 et Buenrostro et Bocco, 2003). Son rôle est d'autant plus important si l'on sait que les taux de collecte des déchets dans les villes du Sud ne dépassent pas 60 % et varient entre 30 et 50 % en moyenne et que l'enlèvement des ordures ménagères absorbe une part très importante des budgets municipaux et particulièrement quand il s'agit des grandes villes. Cette part peut aller de 30 à 50 % du budget communal au moment où les recettes tirées des taxes d'enlèvement des ordures ménagères ne dépassent guère le quart de ces dépenses (Ta, 1998 et Diaz, 1998) (taux de recouvrement inférieur à 10 % en Mauritanie, par exemple, (Rapport CCA, 2002)). Ce manque de moyens financiers est d'autant plus contraignant si l'on note que les budgets des collectivités locales africaines, par exemple, ne dépassent guère 10 % du budget total de l'Etat (Ta, 1998 ; Buenrostro et Bocco, 2003). Il résulte de cela une anarchie totale tout au long du circuit de gestion des rejets.

Comparée à la situation dans les pays du Nord, la gestion des OM dans ceux du Sud est caractérisée par deux aspects particulièrement importants : 1) la marginalisation voire l'absence totale du rôle du producteur des déchets qui sont les ménages ; 2) l'intégration (dans certains pays) des déchets issus des activités de soins ou déchets DH dans le circuit des déchets ménagers et assimilés malgré la législation existante parfois (Cointreau-Levine, 1997).

Le rôle des ménages, pourtant déterminant, n'est pas sollicité : - soit à cause de la modestie des revenus des ménages qui ne leur permettent pas souvent de payer les taxes d'enlèvement des OM, - soit parce que les prestataires (informels, donc sans contraintes légales !) de services ne respectent pas leurs engagements quant à la régularité de l'enlèvement des OM

(Report Kenya (2001) et Achankeng, 2003). Néanmoins, plusieurs auteurs (Sancho et al., 2004 ; Sané, 2002, Aloueimine et al., 2005-a & b ; Cointreau-Levine, 1997 ; Mbuligwe et al., 2004 ; Johannessen et al., 2000, Garcia et al., 2005 et Hoornweg et al., 2000) mettent l'accent sur l'apport des ménages dans la réduction des flux grâce à la valorisation de la MO utilisée comme aliment de bétail.

II.7.4.2 Collecte des Déchets dans les pays du Sud

On distingue deux types d'intervenants informels dans le circuit de la collecte primaire des déchets : ceux qui sont organisés (associations, comités de quartiers, etc.) et sont payés pour l'enlèvement des OM, et ceux qui opèrent individuellement et qui ne sont payés qu'occasionnellement mais qui sont intéressés par la récupération et la vente de certains matériaux contenus dans des déchets.

La collecte de déchets commence par la précollecte au niveau des ménages à l'aide de tricycles ou de charrettes à traction humaine ou animale. Ils peuvent accéder facilement à des endroits que les camions ne peuvent pas atteindre. Ceci leur permet un gain considérable de temps. Au Caire, par exemple, Medina (2000) indique que 2 agents récupérateurs équipés d'une seule charrette collectent les OM de 330 ménages par jour. Buenrostro et Bocco (2003) soulignent que ces acteurs sont capables de collecter et de recycler une quantité de matériaux qui peut dépasser celle obtenues dans les PI. Medina -b rapporte que les déchets d'environ 37 % de la population à Santa Cruz, en Bolivie, sont collectés par les collecteurs informels et des milliers de ceux-là opèrent à Mexico, au Mexique, dans les zones non desservies par la municipalité. Ceci justifie amplement la nécessité d'impliquer ces acteurs dans la prise de décision en matière de gestion des déchets en particulier sachant que les populations sont de plus en plus prêtes à payer le service (Medina -b).

Les déchets ainsi collectés, sans la fraction organique valorisée en général au niveau des ménages, sont acheminés vers des points de regroupement ou de transit situés le plus souvent dans un terrain vague, sans protection et au milieu des résidences des populations ; ils seront transportés par les collectivités vers la décharge finale. Le séjour de ces déchets dans les ST peut durer de quelques heures à quelques jours voire quelques mois, en fonction des quartiers et de l'exposition du lieu aux passants. Certaines fractions des déchets sont récupérées soit par d'autres personnes soit consommées par des animaux errants (fraction organique, papier, carton, déchets verts, etc.).

L'exutoire final ou décharge finale est un réel danger pour la santé et l'environnement. Ce sont des décharges sauvages caractérisées par l'absence de clôture, de voies de circulation, de gardiennage, aucune précaution pour éviter la pollution des eaux souterraines par infiltration, aucune étude d'impact sur l'environnement, etc. (CIEDE, 1999). D'après l'ADEME (2004), cette situation entraîne une dégradation environnementale alarmante particulièrement dans certains pays à forte croissance où les sols, les rivières et les nappes sont dramatiquement ou même définitivement pollués.

La figure suivante schématise le mode classique de gestion des DUS dans ces pays :

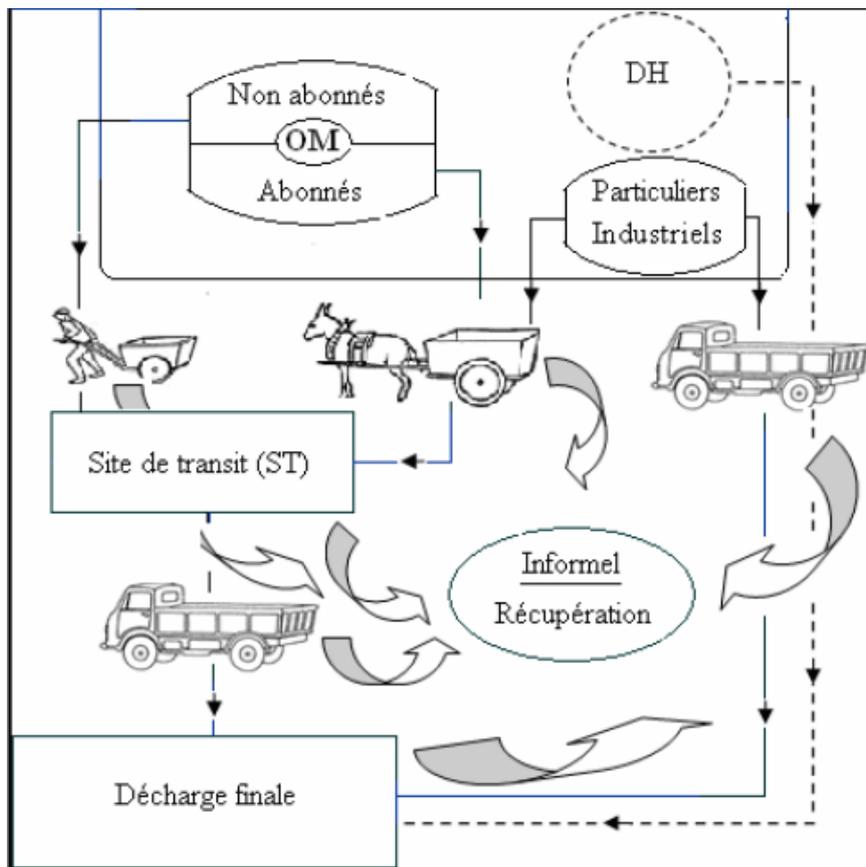


Figure 2: Schéma type de la gestion des Déchets Urbains Solides dans les Pays en Voies de Développement (PED)

II.7.4.3 Valorisation des déchets dans les pays du Sud

La valorisation matière par la récupération et le recyclage informels des matériaux a depuis toujours existé et s'est développée très rapidement aujourd'hui avec le développement des modes de consommation des sociétés et la croissance des quantités de déchets générés par les

populations et surtout la difficulté d'intégration dans la vie active d'une grande partie de la population sans niveau d'instruction. Les acteurs de cette activité ont un nom spécifique qui les distingue du reste de la population. Dans Medina, (2000) ; Medina –a&b, on cite quelques-uns de ces noms comme « waste pickers » ou « rag pickers » dans les pays anglophones, « Zebbaleen » au Caire, « pepenadores » à Mexico (avec « cartoneros », « buscabotes » et « traperos » respectivement pour les récupérateurs de carton, de cannettes en aluminium et des textiles. En Colombie, le nom de « basuriegos » est donné au récupérateur en général et « chatarreros » et « frasqueros » pour ceux qui collectent exclusivement les métaux et les bouteilles en verre respectivement.

L'émergence de cette activité est une réponse pertinente à l'insuffisance du service public et, par conséquent, aux attentes des populations. C'est une activité en pleine expansion dans les grands centres urbains à cause de ses retombées économiques (création d'emplois et de ressources, production de matières premières secondaires pour l'artisanat, l'agriculture et l'industrie, impact sur les coûts globaux de gestion de la filière). C'est ainsi qu'il n'est pas rare que ce secteur puisse se formaliser avec le temps, vu les bénéfices qu'il génère et l'intérêt croissant dont il est l'objet en vue de l'intégrer en tant que composante essentielle de la gestion des flux.

On distingue différentes formes de valorisation des matières. Selon les conditions économiques, sociales et culturelles, ces formes sont : le réemploi comme la réutilisation des bouteilles en verre, des emballages, etc. ; le recyclage qui permet d'obtenir de nouveaux produits en intégrant ces matières « premières secondaires » dans un nouveau cycle de production.

La première forme est largement pratiquée partout dans le monde et de manière particulièrement remarquable dans les pays de l'Est et dans les PED (Medina, 2000), alors que la deuxième forme est plutôt rencontrée dans les PI car elle implique un tri au préalable à la source ce qui est encore très rare dans la plus grande partie du monde en développement.

Les récupérateurs opèrent tout le long du circuit des déchets (ménages, ST, transport, décharge) en groupe sous forme de coopérative, d'association, d'ONG ou individuellement.

Les produits qu'ils collectent sont vendus aux industries de recyclage qui définissent elles-mêmes le prix (Report Kenya, 2001) ou à d'autres intéressés (artisans, ONG, etc.) pour la fabrication de nouveaux produits ou la confection d'articles en plastiques ou en papier. D'après Achankeng (2003), l'ONG «Centre International de Promotion de la Récupération » (CIPRE), créée en 1996, collecte 10 tonnes de déchets plastiques et en recycle 80 % à Yaoundé au Cameroun. Elle emploie 10 agents de collecte dans ses 50 sites. Elle contribue

ainsi à la valorisation de 1 % de la masse des déchets générée dans la ville et joue un rôle important dans la sensibilisation. La contribution de ces acteurs peut être optimisée avec la création d'un cadre légal et formalisé leur garantissant de vendre leur produit au prix du marché sans être exploités par les autres groupes de la filière (industries, ONG, artisans, etc.) (Medina, 2000). La sensibilisation et la formation joueraient un rôle non négligeable dans ce sens.

II.7.4.4 Comparaison de la Gestion des déchets solides entre les PI et les PED

Pour donner une idée de cette contribution éventuelle, on donne une comparaison des différentes stratégies de gestion des déchets suivies dans les pays développés en Europe, au Canada, aux Etats-Unis d'Amérique et au Japon et le potentiel recyclable dans deux villes des PED. Sachant, d'une part, qu'on dispose de très peu d'informations sur les quantités valorisées, incinérées et stockées dans ces derniers pays, et, d'autre part, que la matière organique est la fraction valorisable dominante dans la majorité des pays, on a choisi les villes de Nouakchott en Mauritanie (Mau) dont les déchets sont très pauvres en fermentescibles (4,8 %) et donc très peu de valorisables (36 %) et Mexicali au Mexique (Mex) avec 71 % de valorisables. La valeur moyenne (Moy) dans le graphique représente la moyenne des 15 PI.

L'analyse de ces résultats permet de remarquer que, vu les quantités destinées à l'incinération ou à la décharge, le recyclage en moyenne dans les PI reste une activité relativement marginale avec un taux maximum observé en Hollande (43 %) et un minimum en Italie (9 %) qui a opté plutôt pour la décharge (83 %) comme l'Espagne (85 %). Les options de l'incinération et du recyclage choisies par le Japon et le Danemark peuvent être expliquées par le souci de ces pays d'économiser les espaces à cause de leur faible superficie (Kaibouchi, 2004).

Le taux du potentiel recyclable évacué actuellement à Mexicali est très élevé (71 %) (Ojeda-Benitez et al., (2003) grâce aux fermentescibles (46 %), comme dans la plupart des PED (Achankeng, 2003). Le faible taux de cette fraction de déchets à Nouakchott s'explique par la valorisation de 93 % des fermentescibles générés quotidiennement comme aliment de bétail, soit 0,14 kg/hab/j (Aloueimine et al., 2005). Ainsi, le graphique montre qu'avec une politique de recyclage efficace dans les PED, les quantités de déchets destinés au traitement seraient réduites considérablement.

III. DECHETS SOLIDES AU MAROC

III.1 Production des déchets

Au Maroc, la production des déchets solides est passée de 5 315 mille tonnes en 1992 à 7 486 milles tonnes en 2000, soit un taux de croissance annuel d'environ 5%, en 2013 cette valeur est arrivée à environ 9 millions de tonnes (*D.E. 1999 ; RMHC, 2006*). Cette forte croissance est liée essentiellement à l'accélération du processus d'urbanisation, à l'amélioration du niveau de vie, à la modification des modes de vie des habitants, et à l'extension des activités touristiques et industrielles, etc.

Sur le plan spatial, la production des déchets est fortement concentrée dans les régions de Rabat et Casablanca. Ceci est dû essentiellement à leur forte concentration démographique (21% de la population urbaine nationale), et à la localisation des principales activités industrielles (plus de 50% du chiffre total de production industrielle)...

Près de 70% des déchets municipaux sont produits dans le milieu urbain, soit l'équivalent de 4,5 millions tonnes/an. Cette quantité correspond à une moyenne par habitant de l'ordre de 0,75 kg/jour contre 0,3 kg/jour dans le milieu rural (*RMHC, 2006 ; Cointreau, 2006*).

III.2 Classification des déchets solides

Les déchets doivent être inventoriés et classés, en fonction de leur nature et de leur provenance. On peut classer les déchets solides du Maroc en trois grandes catégories, déchets ménagers, déchets médicaux, déchets industriels (*PGPE, 2008*).

III.2.1 Déchets ménagers

Au sens de la loi, un déchet est défini comme " Tout résidu d'un processus de production, de transformation, ou d'utilisation, toute substance, matériau produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destiné à l'abandon et qui sont de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, à dégrader les sites ou les paysages, à polluer l'air ou les eaux, à engendrer des bruits ou des odeurs, et d'une façon générale, à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement." (*Article 1 de la loi du 15 juillet 1975 (n° 75-633)*).

En matière de gestion, le mot déchet peut être défini de différentes manières selon le type de considération. Dans la littérature, quatre définitions sont proposées : une économique, une juridique, une matérielle et une environnementale (*Sané Y. (2002)*). Parmi celles-ci, André et

al. (1997) retiennent les deux premières définitions qui mettent en exergue la valeur économique du déchet et l'enjeu juridique qui entoure sa gestion future. (*Sidi Ould Aloueimine, 2006*), (*Aloueimine S, 2006*).

III.2.2 Déchets médicaux

Les déchets médicaux comprennent tous les déchets produits lors d'activités de soins ou de diagnostic. Ces déchets peuvent suivre la même filière de recyclage, de ramassage et de traitement que les déchets urbains de la communauté. Les autres 10 à 25 % sont appelés déchets médicaux dangereux ou déchets spéciaux. Ces déchets représentent des risques pour la santé. Ils peuvent être divisés en plusieurs catégories suivant les risques qu'ils représentent (*CICR, 2011*).

III.2.3 Déchets industriels

Un déchet industriel est un type de déchet produit par l'activité d'industrie et qui affecte négativement le bien-être. Les secteurs les plus visés sont manufacturiers, la construction, les services et l'agriculture. Il existe depuis le début de la révolution industrielle.

III.3 Cadre juridique lié au secteur des déchets

La question des déchets fait l'objet depuis les années 1990 d'une attention croissante qui s'est traduite par l'adoption de lois et de directives aux objectifs ambitieux. Cette réglementation a hiérarchisé les mesures nécessaires pour assurer la valorisation et l'élimination des déchets ménagers et assimilés. La législation nationale et européenne sur les déchets s'articule autour de l'objectif de réduction des déchets à la source, des principes de proximité, de transparence et de planification, de la promotion du compostage, du recyclage, de l'encadrement de l'incinération avec production énergétique et de l'enfouissement où seuls les déchets ultimes devraient être enfouis. L'application pratique de ces outils législatifs avait pour but de provoquer, à l'horizon 2000, un bouleversement des modes de gestion des déchets. (*CE, 2014*).

La loi 28-00 relative à la gestion des déchets solides a pour objet de prévenir et de protéger la santé de l'homme, la faune, la flore, les eaux, l'air, le sol, les écosystèmes, les sites et paysages et l'environnement en général contre les effets nocifs des déchets. (*Dahir n ° 1-06-153 du 30 chaoual, 2006*).

Pour la mise en œuvre de cette loi, un ensemble de décrets d'application ont été adoptés. Il s'agit en l'occurrence du : Décret n° 2-09-253 du 18 juillet 2008 portant classification des déchets et fixant la liste des déchets dangereux.

- Décret n° 2-07-139 du 21 mai 2009 relatif à la gestion des déchets médicaux et pharmaceutiques.
- Décret n° 2-09-284 du 8 décembre 2009 fixant les procédures administratives et les prescriptions techniques relatives aux décharges contrôlées.
- Décret n° 2-09-538 du 22 mars 2010 fixant les modalités d'élaboration du plan directeur national de gestion des déchets dangereux.
- Décret n° 2-09-285 du 6 juillet 2010 fixant les modalités d'élaboration du plan directeur préfectoral ou provincial de gestion des déchets ménagers et assimilés et la procédure d'organisation de l'enquête publique afférente à ce plan.
- Décret n° 2-09-683 du 6 juillet 2010 fixant les modalités d'élaboration du plan directeur régional de gestion des déchets industriels, médicaux et pharmaceutiques non dangereux, des déchets ultimes, agricole et inerte et la procédure d'organisation de l'enquête publique afférente à ce plan.

La loi 11-03 relative à la protection et la mise en valeur de l'environnement a pour objet d'édicter les règles de base et les principes généraux de la politique nationale dans le domaine de la protection et de la mise en valeur de l'environnement. (Loi n° 11-03,2003)

La loi 12-03 relative aux études d'impacts sur l'environnement permettant d'évaluer les effets directs ou indirects pouvant atteindre l'environnement à court, moyen et long terme suite à la réalisation de projets économiques et de développement et à la mise en place des infrastructures de base et de déterminer des mesures pour supprimer, atténuer ou compenser les impacts négatifs et d'améliorer les effets positifs du projet sur l'environnement. (Loi n° 12-03 ,2003)

III.4 Gestion des déchets solides au Maroc

III.4.1 Collecte et transfert

Au Maroc, le taux de collecte des déchets est rarement performant, si ce n'est dans certains quartiers privilégiés. Il varie généralement de 70% à 100%, mais il est beaucoup plus faible dans les quartiers populaires. Dans ces cas, il n'est pas rare d'observer les habitants déposant leurs ordures dans les drains et les caniveaux ou dans les terrains vagues, provoquant ainsi l'obstruction des canalisations ou la création des dépôts sauvages et des points noirs. En raison de l'hétérogénéité des espaces urbains, les systèmes de collecte varient du porte-à-porte ou par conteneurisation, les engins de collecte utilisés par les communes pour le ramassage des ordures ménagères sont très variés : camions, bennes tasseuses, benne satellites, benne TP et tracs (DGCL, 1991). Le système de ramassage par des bennes tasseuses n'est possible que dans les centres des villes et dans les quartiers occupés par les classes moyennes et aisées, où ces véhicules peuvent accéder sans problèmes ; pour le reste, la collecte se fait par porte à porte. D'une façon générale, le balayage, qui est le plus souvent manuel avec sceau et balai, n'est pas clairement distingué des activités de collecte proprement dite : les ouvriers chargés du ramassage des ordures passent une partie de leur temps à nettoyer les déchets autour des conteneurs, tandis que les employés chargés du balayage transvasent occasionnellement les ordures dans des poubelles ou des demi-fûts.

La collecte et le transfert constituent la partie la plus visible du système de gestion des déchets solides pour la population en milieu urbain. Ils absorbent une part considérable des budgets municipaux. Dans les pays industrialisés, les frais de collecte représentent 60 à 70% du total des dépenses, alors que cette proportion dans les PED dépasse les 70%. Au Maroc elle varie entre 70 et 90% de l'ensemble des frais de gestion des déchets solides (DGCL, 1991). Ainsi, il apparaît clairement que les services de collecte et d'élimination, même dans leur état partiel, coûtent cher aux communes. Même si le taux d'allocation des ressources à la collecte est très important, les services de collecte sont en général inefficaces en raison principalement de l'état vétuste du matériel et des déficiences de l'entretien. Le taux d'immobilisation des véhicules peut atteindre ou même dépasser 50%. (Patpem-Prgds, 2005).

III.4.2 Elimination, Traitement et valorisation des déchets

L'élimination des déchets au Maroc se fait dans des décharges sauvages (souvent des anciennes carrières ou lits d'oueds) ou par enfouissement dans des décharges contrôlées (CUSSTR, 2005). On note la présence d'environ 300 décharges sauvages où les déchets sont déversés et laissés à l'air libre (Figure 1). (AMEDE, 2006)

Les décharges sauvages représentent un danger pour la santé des populations, pour les ressources en eau et l'environnement en général. Parmi les risques sanitaires et les nuisances qui peuvent en découler il y a :

- Risques d'incendies ;
- Prolifération des rongeurs et des insectes ;
- Émanations de gaz toxiques et de gaz à effet de serre nuisible pour le climat ;
- Odeurs nauséabondes ;
- Contamination du milieu récepteur (eaux de surfaces, eaux marines, eaux souterraines) ;
- Dégradation du paysage (pollution visuelle) ;
- Etc.



Figure 3: Décharge sauvage de la ville de Béni-Mellal au Maroc (2014)

Conscient de cette problématique, le gouvernement a élaboré le programme National de gestion des déchets Ménagers et assimilés (PNDM). Ce programme vise, entre autres, la réalisation des décharges contrôlées et la réhabilitation de celles existantes (Figure 2). Le coût global de ce programme est estimé à 37 milliards de DH et concerne tous les centres urbains,

y compris celles ayant délégué leurs services de propreté à des opérateurs privés. Les objectifs du PNDM dans les 15 prochaines années sont :

- Assurer la collecte et nettoyage des déchets ménagers dans les centres urbains et atteindre un taux de collecte satisfaisant de 90% en 2015 et 100% en 2020 ;
- Réaliser des décharges contrôlées des déchets ménagers et assimilés au profit de tous les centres urbains (100 %). Cela permettra d'éviter la contamination des nappes phréatiques par le lixiviat et la récupération des biogaz produit lors de la dégradation des déchets ;
- Réhabiliter toutes les décharges existantes, après fermeture (100 %) ;
- Professionnaliser ce secteur dans les agglomérations présentant un intérêt économique pour les opérateurs privés et un coût supportable pour les Communes ;
- Organiser et développer la filière de « tri-recyclage-valorisation » pour atteindre le taux de 20 % en 2015 de récupération des déchets générés, avec des actions pilotes de tri à la source. (RMSEM, 2012)



Figure 4 : Décharges contrôlées (Décharge d'Ifrane au Maroc¹)

Actuellement, plusieurs villes ont réalisé des décharges contrôlées de déchets ménagers et assimilés. La gestion de ces décharges est, souvent, déléguée par les communes à des sociétés privées spécialisées dans ce domaine.

¹https://www.google.com/search?q=DECHARGE+IFRANE&rlz=1C1CHBD_frMA771MA771&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjWwoCqoLbbAhUJShQKHUpKDMkQ_AUICigB&biw=1366&bih=613#imgrc=Xhly3fQ48a7oUM

III.5 Comparaison de la composition des déchets au Maroc avec ceux d'autres pays

La production croissante des ordures ménagères au Maroc pose des problèmes environnementaux de plus en plus élevés surtout concernant l'apparition des points noirs dans les villes accompagnées par la propagation de maladies transmises par des insectes. D'autant plus, que ces déchets du Maroc se caractérisent par des concentrations importante en matières organiques, des pourcentages élevés en humidité et des concentrations faibles de matières minérales par rapport au pays développés comme la France et les Etats Unis (Tableau 3). (Rassam A, et al, 2012)

Tableau 3: Comparaison des déchets au Maroc par rapport à la Tunisie, la France, et les États-Unis (Rassam A, et al, 2012)

Composition	Paramètres (%)			
	Maroc	Tunisie	France	USA
Fraction organique fermentescible	60-80	68	30	15-20
Humidité	60-75		35	30
Papier	7-10	11	30	20
Bois	7		-	2
Plastique et Caoutchouc	4-7	7	15	10
Textile	3	3	2	2
Cuir et peau	0,3	-	-	1
Métal	1.0	4	6	10
Verre et Céramique	1,5	2	12	10
Cendres	10,5	-	-	-

III.6 Historique de la composition des déchets au Maroc

Les déchets ménagers sont un mélange hétérogène de matériaux ayant des propriétés physiques et chimiques très différentes. Cette composition est largement déterminée par la nature des déchets et leur emballage ainsi que les pratiques de consommation, qui varient en fonction du niveau de vie et des habitudes culturelles (Rassam et al. 2012, Hwang et al. 2012; Beylot & Villeneuve, 2013; Ezequiel et al., 2013; Ajir, 2002). L'analyse de l'évolution de la

composition de ces déchets (tableau 4) montre une légère diminution des matières organiques au bénéfice d'autres produits, aucune variation significative n'a été mise en évidence.

Tableau 4: Evolution de la Composition Physique des Déchets Ménagers au Maroc (ELMOUALDI et al, 2006, ATTRASSI al 2005, OUATMANE,2014, ELKADI, A et al 2016) DCI, 1992, DE, 1999)

Principales composantes des déchets	1960	1990	1999
Matières organiques	75%	65 à 70%	50 à 70 %
Papier-carton	15%	18 à 20%	5 à 10%
Plastique	0,3%	2 à 3%	6 à 8%
Métal	0,4%	1 à 3 %	1 à 4%
Verre-débris de céramique	0,6%	1%	1 à 2%
Divers	8,8%	5 à 7%	16%
Densité		0,4%	0,4 à 0,5%
Humidité		65 à 70%	70%

Les données concernant les autres types de déchets sont relativement récents et ne permettent donc pas d'étudier l'évolution de leur composition. Le tableau 5 donne la composition des déchets ménagers dans certains centres urbains. Les matières organiques représentent la principale composante suivie du papier-carton et du plastique.

Tableau 5: Composition des déchets ménagers dans certains Centres Urbains (%) (MI, 1998), (LPEE, 1999), (ONEP, 1999)

Constituants	Rabat	Salé	Agadir	Essaouira
Matière organique	72	70	77	44
Papier-carton	9 à 14	10	6	8
Plastique	6 à 7	10	10	13
Métal	2	1	1,5	2
Verre-débris de céramiques	2	1,5	1,5	3
Divers	4 à 6	7,5	4	30

Les indicateurs donnés à l'échelle nationale permettent d'avoir une idée sur le gisement des déchets ainsi que la production journalière moyenne par habitant. Ces indicateurs permettent de situer le Maroc par rapport à des pays similaires. Le tableau suivant montre que le ratio de production des déchets au Maroc est semblable à celui d'autres pays arabes et inférieur à celui des pays occidentaux.

Le ratio de production au Maroc varie en fonction de la taille de l'agglomération. Cependant les indicateurs à l'échelle nationale ne montrent pas la disparité significative de production des déchets d'une région à l'autre.

Tableau 6: Répartition des déchets et des ratios par région (Karkouri. M, 2010)

Région	Déchets de 2003 (t)	Ratio de 2003 (kg/hab/j)
Chaouia-Ourdigha	199 778	0,72
Doukala-Abda	103 631	0,49
Fés-Boulmane	291 073	0,71
Gharb-Chrarda-Benihssen	193 030	0,62
Grand Casablanca	1 097 625	0,95
Guelmim-Esmara	58 342	0,6
Laayoune-Boujdour-Sakia Elhamra	74 460	1.0
Marrakech-Tensift-Alhaouz	225 007	0,54
Meknès-Tafilalt	182 034	0,67
Oriental	272 434	0,62
Oued Eddahab-Laguira	12 775	0,91
Rabat-Sale-Zemour-Zair	603 177	0,88
Souss-Massa-Draa	212 948	0,56
Tadla-Azilal	79 200	0,63
Tanger-Tétouan	408 104	0,79
Taza-Elhoceima	139 885	0,88

Tableau 7: Evolution future de la production des déchets ménagers au Maroc (DE, 2010)

Déchets ménagers (T/an)				
Année	Population (x1000)	Urbain	Rural	Total
2005	30 484	5 220 000	2 380 000	7 600 000
2010	32 628	6 120 000	2 690 000	8 810 000
2020	36 914	8 400 000	3 450 000	11 850 000

Cette disparité dépend de nombreux paramètres dont les plus importants sont :

- Le mode de vie des populations ;
- Le degré d'urbanisation ;
- Les spécificités de la région (touristique, agricole, industrielle, etc.)

Avec une moyenne nationale de production de déchets de 0,75 kg/hab/j et une population de 30 millions d'habitants selon les estimations de la population marocaine en 2008, la production en déchets ménagers au Maroc serait en 2010 de 8,82 millions de tonnes par an (DE, 2010).

III.7 Traitement des déchets solides au Maroc

III.7.1 Mise en décharge contrôlée

Afin de faire face à la problématique des décharges sauvages et à leur caractère dominant au Maroc et dans les pays en développement de manière générale, la mise en décharge contrôlée demeure manifestement une bonne alternative. Depuis le début des années 2000, plus de 8 décharges contrôlées ont été construites au Maroc (Fès, Akrach, Oujda, Essaouira...) dont une à Agadir mise en service en 2010 (AMEDE, 2012). Toutefois, cette option est loin d'être écologiquement durable et particulièrement dans ces pays où les déchets sont très humides et très riches en matières organiques et génèrent de grands volumes des lixiviats et des émissions quantitativement importantes de méthane (Christensen T.H et al, 1989). Les incendies qui peuvent survenir dans les décharges représentent aussi un grand impact environnemental (Fraquar G.J. et al, 1973). Certes, les impacts de ces émissions liquides et gazeuses peuvent être significativement anéantis (isolation hydrogéologique partielle ou totale, planification du placement et de la couverture des déchets, réseaux de récupération des biogaz et des lixiviats

etc.) (Graindorge P. et al, 1990), mais, les coûts des aménagements et d'exploitation requis sont très élevés. (Peters T.A. et al, 1999)

III.7.2 Compostage

Du fait de la proportion importante de matière organique dans les déchets, le compostage est considéré comme l'une des options les plus adaptées au Maroc et dans les pays en développement de manière générale. Le processus de compostage ne permet pas seulement de réduire la masse de déchets par le phénomène de biodégradation, mais aussi de fournir un compost indemne d'agents pathogènes. (Mustin, M. 1987). Ce compost est un excellent produit d'amendement organique des sols. Ajoutons également que le compostage se justifie pleinement au Maroc où les sols sont caractérisés par de faibles teneurs en matière organique et soumis aux divers processus de dégradation qui favorisent le fléau de désertification (De-Bertoldi, et al 1983). Dans son rapport «Action internationale 2004», l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie en France (ADEME) souligne que le choix du compostage est particulièrement adapté aux pays en développement car une grande part des déchets est d'origine organique et que le besoin des sols en matière organique s'avère désormais critique. (Giloux, P et al, 1995) (Caron, B, 2004).

III.7.3 Recyclage des déchets ménagers

Les déchets ménagers sont constitués par plus de 60% de matières organiques caractérisés par une forte humidité (70%), et 40% de matières susceptibles d'être recyclés. La quantité de matières recyclées est de 500 000 T/an (soit 10 % de la totalité des déchets produits) réparties en Plastique, Papier/Carton, Verre, Ferraille, Caoutchouc, Aluminium, Cuivre, Bois, Chiffons. (Ministère de l'Energie des Mines, de l'Eau et de l'Environnement (Département de l'Environnement)) (Tableau 8).

Tableau 8: Répartition des déchets recyclables (Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines et du Développement Durable, Chargé du Développement Durable)

Matière recyclée	Quantité recyclée (Tonnes/an)	Pourcentage recyclé (%)
Plastique	42000	8,4
Papier/Carton	101500	20,3
Verre	70500	14,1
Ferraille	231500	46,3
Caoutchouc	23500	4,7
Aluminium	13000	2,6
Cuivre	12500	2,5
Bois	5000	1,0
Chiffons	500	0,1
Total	500000	100%

III.7.4 Echantillonnage

L'échantillonnage peut être réalisé chez l'habitant afin de connaître la composition des ordures ménagères réellement produite (Aloueimine et al, 2005 a et b) sur les sites de transit, pour déterminer la composition des déchets urbains (avec considération du secteur informel qui recycle une partie des déchets produits (Charnay, 2004). Il est proposé de prélever le contenu d'une grande poubelle lors du vidage de la benne sur son lieu de déversement. Il est nécessaire de réaliser des campagnes de caractérisation à différentes périodes de l'année, vu la variation de manière importante de l'alimentation selon les saisons.

Pour une ville de 200.000 habitants, la division de la ville en secteurs (niveau élevé, moyen ou bas) et l'analyse de 5 échantillons est recommandée. Le protocole général nécessite, en premier lieu que la ville soit divisée en secteurs homogènes selon le niveau de vie et le type d'activité des habitants, et les échantillons doivent être sélectionnés à partir des différents secteurs d'une manière aléatoire.

- 1ère proposition : dans le contenu intégral de la benne d'ordure sélectionnée en prélever 10 godets au hasard d'un poids unitaire de 50 Kg environ à l'aide d'une pelle mécanique pour constituer un échantillon à trier de 500 Kg environ (poids préconisé par le MODECOM).

- 2^{ème} proposition : de prélever le contenu d'une grande poubelle lors du vidage de la benne sur son lieu de déversement et de répéter cette opération sur plusieurs bennes provenant du même secteur jusqu'à l'obtention d'un échantillon de l'ordre de 500 Kg.

D'après les normes AFNOR, "un échantillon est représentatif lorsque pour une propriété ou des propriétés que l'on veut mesurer, il manifeste les mêmes caractéristiques que la matière dont il est issu " (Pineau et al, 1996 dans Lanini, 1998). La représentativité est souvent une notion qualitative, empirique. Plus la taille de l'échantillon est importante, plus il est représentatif. Certains préconisent des prélèvements dont la taille est au moins trois fois plus grande que celle de leur plus grand composant (Lanini, 1998). La taille de l'échantillon a une influence fondamentale sur la précision des estimations réalisées sur les caractéristiques de la population mère. Elle est déterminée par la loi de Bernoulli qui fait intervenir trois paramètres : sa représentativité, son homogénéité, et sa précision. Des niveaux d'incertitudes sont fixés 0,5, 0,6, 0,7, et la formule de calcul de la taille de l'échantillon est la suivante :

$n = 1,96^2 \cdot N / (1,96^2 + L^2 (N-1))$ Avec n = Taille de l'échantillon N = Taille de l'univers investigué correspondant à la masse totale quotidienne de déchets entrants. L = Largeur de la fourchette exprimant la marge d'erreur.

III.7.5 Méthode de caractérisation des déchets

La forte hétérogénéité des déchets provient d'une multitude de paramètres : le lieu géographique, le climat, la saison, la situation économique, la structure de l'habitat, les équipements collectifs, le niveau de vie de la population. Cette hétérogénéité est la source de la difficulté à trouver des solutions optimales de traitement (Charnay 2005). La connaissance de la composition des déchets ménagers et assimilés permet de choisir les techniques, le mode de traitement ou d'élimination, un gain d'efficacité et une meilleure maîtrise des coûts. Les déchets ménagers sont hétérogènes, leur composition physique est définie en regroupant les différents constituants en catégories qui présentent une certaine homogénéité. Plusieurs études se sont intéressées à la caractérisation physique des déchets par catégorie.

Synthétisée par Aina (2006), l'analyse de la composition d'un déchet est très variable d'une étude à une autre. Morvan (2000) sépare en sous famille les composés comme les métaux (ferreux et autres), les plastiques (films ou non), et les fines (inférieures à 20 mm ou entre 8 mm et 20 mm).

Chiampo et al, (1996) regroupent certaines familles comme le papier et le carton, le textile et le cuir ou encore le verre, les métaux et les inertes.

Barlaz et al. (1990) et Bota, (2002) séparent les déchets alimentaires des déchets verts. Kolscha (1995) a proposé une classification basée sur le concept du modèle "Matériaux fibreux", il considère sept classes de matériaux suivant leurs caractéristiques de renforcement : papier carton, matériaux synthétiques lisses (feuilles, caoutchouc, cuir, textile), matériaux synthétiques durs (plastiques, cuir dur), métaux, minéraux (verre, céramique, sol), bois et résidus putrescibles.

BSWM (Bureau of Solid Waste Management) subdivise les déchets en neuf catégories, déchets alimentaires, déchets verts, papiers, plastiques, caoutchouc, cuir, textile, bois, métaux, verre, cendres, roches, terres. Dès 1990, Lantra et Clark ont proposé d'adopter un système de classification universel. Mais ces tentatives sont rendues difficiles par le fait que les pratiques évoluent sans cesse et des rythmes différents (Olivier 2003).

III.7.6 Tri sélectif des déchets ménagers

III.7.6.1 Tri par Taille

Le tri peut être réalisé soit sur déchets humides (ADEME, 1993), soit sur déchets séchés à 80°C [Norme Afnor NFX 30-466, 2005]. Les déchets sont séparés par taille, généralement en 4 fractions (supérieure à 100 mm, 20-100 mm, 8-20 mm et inférieure à 8 mm) (François 2004). Le tri se fait conformément au MODECOM. Les déchets sont séparés, selon plusieurs tranches à l'aide d'un tamis granulométrique.

Tous les éléments ne passant pas au travers des mailles de 100 mm sont triés selon les différentes catégories retenues. Par contre, la fraction 20-100 mm peut-être réduite à environ 1/8 par quartage puis triée. Les éléments fins sont récupérés lors des deux opérations de criblage / tri. Les résultats sont exprimés en % par rapport à la masse totale initiale en général humide. Le protocole d'expertise recommande le séchage préalable des déchets pour des raisons d'hygiène d'autres granulométries ont été utilisées dans certaines études comme le diamètre de 40 et 80 mm (François 2004, Karkouri, 2016).

III.7.6.2 Tri par catégorie

La classification la plus répandue à ce jour, le mode de caractérisation des déchets ménagers (MODECOM), élaboré en France par l'ADEME en 1993 et reprise dans la norme française XP X 30-408 (AFNOR, 1996) et validé au niveau Européen, vise à déterminer la composition des ordures ménagères brutes (sans collecte sélective) en terme de catégories et de sous catégories, de sorte qu'il soit possible d'estimer directement le pourcentage des composés. Les principales familles (ou catégories) de déchets sont les suivantes : putrescibles, papiers, cartons, complexes, textiles, textiles sanitaires, plastiques, combustibles non classés, verre, métaux, incombustibles non classés et les déchets spéciaux (MODECOM, 1993). D'autres méthodes avec des nombres de catégories différents que MODECOM peuvent être trouvées. Buenrosto & Bocco (2003) ont donné la composition des déchets suivant 7 catégories, Mohee (2002) en a défini 8, Thogersen (1999) s'est intéressé à deux catégories de déchets : les fermentescibles issus des refus de cuisine et les emballages. L'étude de caractérisation des déchets suivant les principales catégories est indispensable dans certains cas où on ne dispose pas de données de référence pour le pays considéré (Aloueimine et al. 2005-b). L'ADEME en 2004 a réactualisé les résultats de la campagne de caractérisation des OM de 1993 en identifiant 13 catégories et 33 sous-catégories (Ademe 2005a).

III.7.6.3 Caractéristiques physiques des déchets urbains

La densité des déchets, est assimilée à la masse volumétrique, elle varie selon la nature des déchets, les modes de collecte (bennes tasseuses ou non), permet d'optimiser le mode d'exploitation. Elle constitue une caractéristique essentielle pour traiter des problèmes de tassement et de stabilité, auxquelles sont soumis les massifs de déchets (Olivier 2003). Sa valeur dépend initialement de la composition des déchets, du degré de compactage lors de la mise en place et de la présence de la couverture périodique (Olivier 2003). C'est d'un point de vue géotechnique, un des paramètres les plus importants qui affecte le comportement physique des déchets est la densité ; elle varie en fonction de nombreux facteurs, la consolidation, la conductivité hydraulique la génération de Lixiviat et le taux de décomposition (Bellenfant 2001).

Elle joue un grand rôle dans l'estimation du coût de stockage annuellement, le dimensionnement d'un CET va dépendre du volume que l'on peut estimer correspondre à ce tonnage. La densité doit être déterminée avant stockage et pendant son évolution au sein du

casier. La densité ρ en T/m^3 des déchets entrants varie selon la nature des déchets en fonction des pays.

Tableau 9: Densité des déchets entrants dans les PED et les pays industrialisés

Pays	Burkina Faso ¹	Maroc ¹	Tunisie ¹	Colombie ¹	Pakistan ¹	Malaisie ²
Densité T/m^3	0,63	0,35	0,3	0,3	0,13	0,24

¹ (Aina 2006)

² (Charnay 2004)

III.8 Mode de gestion du secteur des déchets au Maroc

La charte communale de 1976 (révisée en 2003) incombe aux responsables communaux de choisir, régir et gérer les équipements de collecte, de transport et de traitement des déchets solides provenant des activités se produisant sur leur territoire, ainsi que de définir les lieux propices à l'installation des équipements de gestion des déchets dans le respect de la qualité de vie de la population. Cependant, les investissements nécessaires à une telle gestion compliquent les décisions des responsables communaux.

III.8.1 Structures d'organisation

La gestion des services communaux s'organise selon deux niveaux de structures différents. En effet, il faut distinguer :

- La structure d'organisation qui est la structure chargée de distribuer et de contrôler le service ;
- La structure de fonctionnement qui est chargée de l'exécution de service. Cette structure peut être confondue avec la structure d'organisation.

Au Maroc dans le domaine de la gestion des déchets solides, ces deux structures ont souvent été confondues.

III.8.2 Structures de fonctionnement

Une fois la structure d'organisation définie, la commune doit définir une structure de fonctionnement qui pourra être publique, à participation publique ou privée. De façon à bien remplir son rôle, la commune doit préalablement définir les objectifs visés par l'exercice de

mise en commun des services ou de privatisation. Dans tous les cas, le système de gestion intégré des déchets doit répondre aux impératifs du développement durable. Les communes demeurent maîtresses d'œuvre de l'ensemble des aspects de la gestion des déchets. Cependant différents modes d'organisation sont envisageables pour les différents aspects de la gestion des déchets.

III.8.3 Gestion déléguée des services de propretés par le secteur privé

Au Maroc, comme dans les pays en voie de développement, la production des déchets ménagers et assimilés a considérablement augmenté. Cette augmentation est marquée principalement par l'exode rural, l'extension d'activités génératrices de déchets et par le changement de mode de consommation des ménages.

Si la collecte des déchets est assurée à 70% dans la majorité des villes, leur élimination constitue une lacune dans la gestion de ces déchets, la plupart des décharges publiques sont non contrôlées et provoquent des nuisances au niveau sanitaire et environnemental. Les coûts annuels des dommages environnementaux causés par les déchets solides sont estimés à 1.72 milliards de dirhams (Rapport N° 25992-Mor, 2003).

La gestion de la collecte des déchets ménagers et assimilés (DMA) par les services communaux, rencontre plusieurs contraintes qui sont liées principalement aux facteurs suivants (SPGD, 2012) :

- Gestion diluée dans les autres services communaux ;
- Equipement vétuste, mal entretenu ;
- Infrastructures insuffisantes ;
- Personnel mal motivé, mal qualifié.

En conséquence, le mode de gestion directe communal n'a pas toujours donné de bons résultats. Pour trouver une solution à cette défaillance, plusieurs communes urbaines se sont engagées dans la délégation de gestion de leurs services aux entreprises privées notamment les services de nettoyage et de collecte des DMA.

Depuis 2004, la dite gestion a été déléguée à des sociétés privées pour moderniser la qualité du service, intégrer de nouvelles technologies et par conséquent améliorer la propreté de la ville ainsi que garantir sa durabilité. L'opération de la gestion déléguée des déchets à Casablanca à titre d'exemple, dure pour un mandat de 10ans, du 1er mars 2004 au 1er mars 2014, et qui pourra éventuellement être renouvelée pour une période de deux années.

Les services délégués aux sociétés sont :

- la collecte et l'évacuation des déchets ménagers et assimilés, et des encombrants à la décharge publique ;
- le nettoyage de la voirie publique, du mobilier urbain, ainsi que l'évacuation à la décharge publique des résidus collectés ;
- le lavage de certaines artères et places publiques.

Néanmoins, l'analyse de l'état des lieux montre, en dépit de la nécessité et de l'importance de l'expérience, que la gestion déléguée à elle seule n'est pas suffisante pour résoudre tous les problèmes liés à ce secteur, en absence évidemment des solutions d'ordre éducationnelle (Ghalloudi J et al, 2008).

III.8.4 Secteur informel

Le secteur informel de la récupération des déchets est un acteur très important dans la gestion de service de déchets solides municipaux au Maroc. Ce secteur informel reste le premier générateur d'emploi en matière de recyclage en plus de la valeur passive qu'il apporte en améliorant la qualité de l'environnement. Les bénéfiques peuvent regrouper les revenus des ménages, la réduction des volumes des déchets transferts aux centres d'enfouissement ou aux décharges, l'amélioration des paysages,...etc. Les inconvénients sont plutôt les pertes en matière de la fiscalité, les cotisations aux régimes de la sécurité sociale. Les résultats de l'étude montrent qu'une gestion qui intègre ce secteur peut améliorer les conditions de travail et augmenter la capacité de recyclage.

Dans les pays en développement, les activités de recyclage sont exercées par le secteur privé informel, elles ont toujours existé et peuvent permettre la subsistance de parties très importantes de population. Ce type de recyclage s'effectue en général par des chiffonniers (scavengers, botaderos, etc... selon les pays) et concerne essentiellement les métaux, les papiers-cartons et les textiles. Par rapport à l'activité globale d'un pays et à la capacité de traitement des matières premières, la part de ce recyclage informel peut être très importante et revêtir un intérêt stratégique. Mais en réalité la part des déchets ménagers recyclés est peu significative, car ce recyclage concerne souvent des gisements collectés auprès de petites ou moyennes activités industrielles. Le chiffonnage s'opère en 3 niveaux différents :

- dans les rues avant la collecte : les matériaux sont alors récupérés chez les petits artisans ou industriels, dans les conteneurs ou dans les déchets entassés dans la rue ;

- à bord des camions de collecte : où les chiffonniers - et souvent les ripeurs eux-mêmes- récupèrent les matériaux à partir des déchets collectés. ;
- sur le site des décharges (même celles contrôlées) : où les matériaux sont récupérés à partir des déchets mis en décharge.

Le chiffonnage s'accompagne souvent de risques considérables pour la santé et la sécurité des chiffonniers qui vivent souvent dans les décharges ou dans les bidonvilles avoisinants et travaillent dans des conditions d'hygiène déplorables. De même, ce type de récupération peut avoir un impact négatif sur l'efficacité de la collecte (éparpillement des déchets autour des conteneurs et ralentissement de la collecte par camions) et entrave l'exploitation des décharges. Très fréquemment, des accidents mortels sont déplorés. Par ailleurs, les quantités collectées sont marginales par rapport aux gisements potentiels recyclables. A Marrakech (au Maroc) ces quantités sont estimées à 50 tonnes/mois pour un gisement de déchets recyclables d'environ 2 400 tonnes/mois, soit à peine 2% (DGCL-DEA, 1995). Il est estimé que les chiffonniers représentent plus de 2% de la population d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine. Ils sont environ 16 000 personnes au Caire à vivre par le biais du recyclage en collectant les déchets générés par la ville (PRGDS- METAP -Egypte, 2004).

III.9 Acteurs responsables de la gestion des déchets

La gestion des déchets n'est pas seulement une affaire de l'Etat. De nombreux acteurs privés comme publics interviennent dans la gestion des déchets urbains à différents niveaux. Bien souvent, la responsabilité en matière de gestion quotidienne incombe aux communes. Cinq types d'acteurs se répartissent la lourde tâche de la gestion des déchets des villes :

- **le secteur public** représenté par les autorités locales (commune, préfecture, mairie,...);
- **le secteur privé** formé de petites et de grandes entreprises qui reliait les activités des ONG et des autorités ;
- **le secteur informel** composé soit par des particuliers rassemblés en association de quartier, soit par des petites entreprises non officielles, s'occupant soit de la pré-collecte en porte à porte (P.A.P) (Charnay, 2005), soit des matières recyclables. Ce secteur est une caractéristique de la gestion des déchets urbains dans les villes des P.E.D. Il est représenté par une population à très bas revenu, qui pour survivre, récupère les matériaux directement dans les poubelles du producteur, ou sur les points de transit ou les sites de traitement.
- **la population**, premier producteur, bénéficie souvent d'un service de pré - collecte. Sa contribution financière est soit directe par le recouvrement des redevances auprès des ONG ou

associations ou informels, soit indirecte par le biais des impôts et taxes locales (Poornima et Manjula, 2001), (Aina et al, 2007).

- **les O.N.G et les associations**, représentent le secteur le plus important. Très nombreuses dans les P.E.D, elles doivent leur essor aux défaillances des communes, des mairies ou autres autorités compétentes dans le domaine de l'environnement. Leurs actions sont fondées sur les liens sociaux entretenus avec la population. Avec de faibles moyens financiers, techniques et une organisation structurelle assez précaire, elles offrent un service apprécié par une population mobilisée dans tous les programmes d'amélioration du cadre de vie. Dans certains pays les autorités n'arrivent plus à jouer leur rôle d'organisateur. C'est le cas par exemple de Bangalore en Inde où la population a décidé elle-même de mettre en place une collecte en porte à porte (P.A.P) pour diminuer les nuisances dues à la surcharge des points de transit (Aboulam, 2005; Charnay, 2005 ; (Aloueimine et al., 2006 b).

Plusieurs paramètres doivent être prise en considération pour faire une meilleure gestion et valorisation des déchets ménagers et aussi lors du choix du procédé de traitement adéquat à ces rejets. Les lixivats sont parmi les éléments majeurs qu'il faut intégrer lors de notre étude préalable suite à leur composition très complexe. (El-Fadel et al., 2002 ; Ehrig, 1989 ; Christensen et al., 2001.

PARTIE II : MATÉRIELS ET MÉTHODES

I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1 Situation administrative et géographique

BENI MELLAL est une ville marocaine située dans la région de BENI MELLEL-KHNIFRA, Elle est située entre le Moyen Atlas et la plaine de Tadla, sur l'axe routier qui relie la ville de Fès et Marrakech.

I.1.1 Situation géographique

Selon le système de coordonnées WGS80 et Lambert, notre zone d'étude a les coordonnées suivantes :

Tableau 10: Les coordonnées géographiques de la zone d'étude selon le système WGS

Coordonnées	décimales
Latitude	32° 20' 14 N
Longitude	-6° 20' 59 O

Tableau 11: Les coordonnées Lambert moyennes de la ville de BENI MELLAL

Coordonnées	X en m	Y en m
Valeurs	399667	187450

La Province de Béni Mellal a une superficie d'environ 4528km². Elle est délimitée à l'Est par la Province de Midelt, et au Nord par la Province de Khouribga, à l'Ouest par la Province de Fkih Ben Salah et au Sud par la Province d'Azilal.

I.1.2 Situation administrative

La ville de Béni Mellal fait partie de la région de BENI MELLAL-KHENIFRA proche des limites de 5 régions de Daraa-Tafilalt, Casablanca-Settat, Fès-Meknès, rabat-sale-Kenitra. Selon la liste des cercles, des caïdats et des communes de 2009, telle que modifiée en 2010. La province de Béni-Mellal est composée de 22 communes, dont les quatres communes urbaines ou municipalités : de Béni-Mellal, le chef-lieu, de Kasba Tadla, de Zaouiât Cheikh et d'El Ksiba.

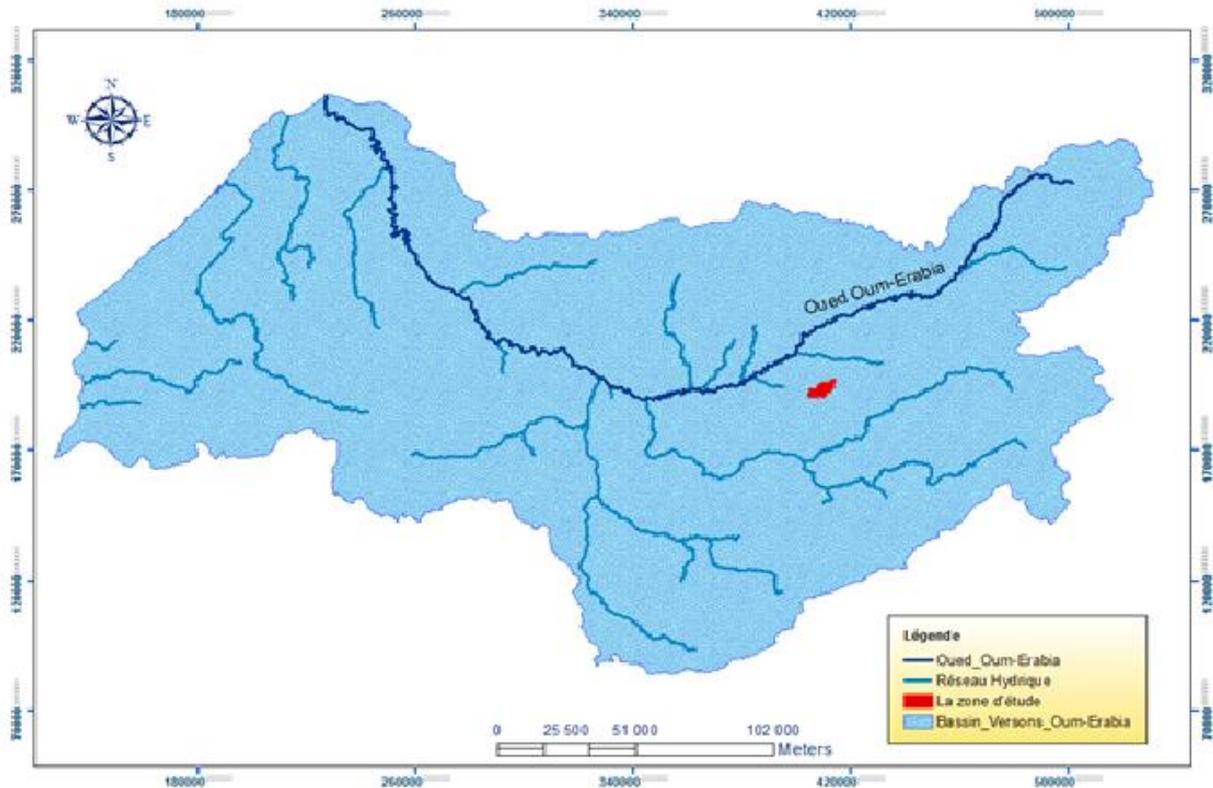


Figure 5 : Carte de situation de la zone d'étude par rapport au bassin versant d'Oum Er Rbia

I.1.3 Urbanisme

L'urbanisation est un mouvement historique de transformation des formes de la société que l'on peut définir comme l'augmentation de ceux qui habitent en ville par rapport à l'ensemble de la population.

Au Maroc, la population urbaine constitue **51 %** de la population totale. Chaque commune assure le service de nettoyage et de collecte des déchets à l'intérieur de son périmètre et la communauté urbaine est chargée de l'élimination finale de ces déchets.

Le secteur d'urbanisation dans la ville de Béni Mellal est contrôlé par un plan d'aménagement, préparé par l'agence urbaine de Béni Mellal depuis 04 Mai 2004; tout en attendant un nouveau plan d'aménagement qui est en cours de discussion.

L'analyse des documents d'urbanisme montre que les choix de politique d'aménagement retenus depuis l'indépendance ont entraîné des situations critiques à plusieurs niveaux:

- Le fait d'avoir privilégié un aménagement « à l'horizontal » par rapport à un aménagement en hauteur a entraîné une discordance entre la vitesse de préparation des infrastructures (assainissement, accès) et l'élévation rapide des réalisations des extensions.

- Une situation au niveau de la gestion des déchets solides qui est devenue de plus en plus ingérable par une extension horizontale qui augmente, avec chaque prolongement, les distances à parcourir et, par conséquent, les frais de transport;
- Une évolution qui est faite au dépend des espaces verts et des aires libres.

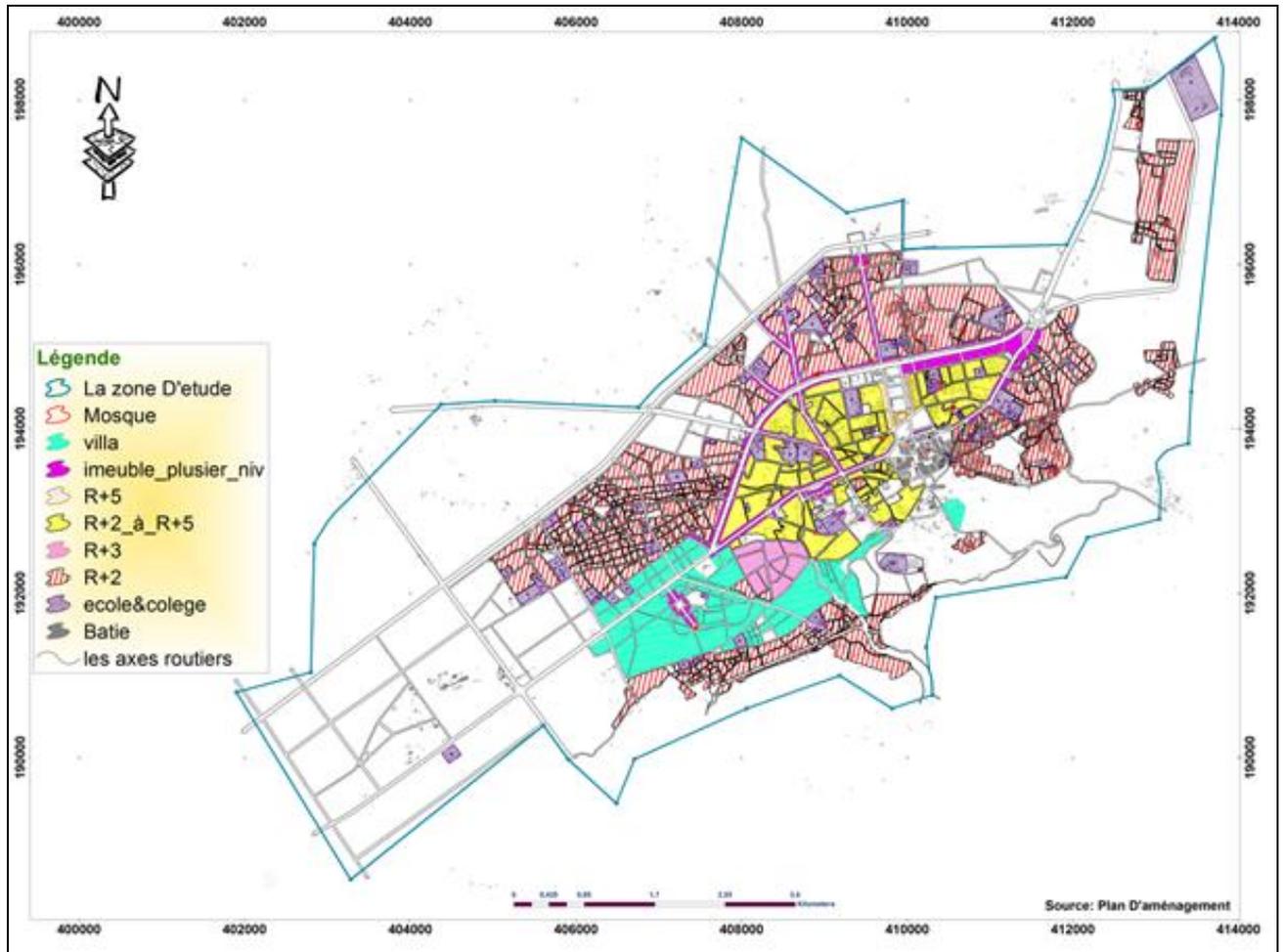


Figure 6: Carte de l'urbanisation dans la ville de Béni Mellal

I.2 Infrastructures et équipements

I.2.1 Infrastructures aéroportuaires (Aéroport International de Béni Mellal)

Inauguré par Sa Majesté le Roi Mohammed VI que Dieu le glorifie le 16 Mai 2014. Projet structurant d'une enveloppe budgétaire de 195,5 MDH ; fruit d'un partenariat entre l'ONDA (128 MDH) et le Conseil de la région de Tadla-Azilal(67,5 MDH). Situé à 8 Km au nord-ouest de Beni Mellal, L'aéroport a accueilli le 21 Juillet 2014 le premier avion de transport de voyageurs en provenance de Milan, et il assure 2 vols par semaine de provenance et à destination de Milan.

Caractéristiques

- Emprise : 170 hectares
- Superficie aérogare : 1500 m²
- Piste d'envol (Long. x larg.) : 2500m x 45m
- Capacité aérogare : 150 000 de passagers/an
- Capacité parking de véhicules : 100 places

Equipements aérogare

- 4 comptoirs d'enregistrement ;
- 8 postes de contrôle de Police (4 postes pour le départ et 4 postes pour l'arrivée) ;
- 11 écrans pour l'affichage des informations ;
- Système de traitement des bagages (1 tapis bagages pour le départ et un autre pour la livraison) ;
- Equipements de sûreté : 3 rayons X (RX), contrôle d'accès biométrique et la vidéo surveillance ;
- Sécurité incendie : bâtiment dédié au service de lutte contre les incendies des aéronefs respectant les normes internationales de sécurité de l'aviation civile.

Situation géographique

- A 8 km au nord-ouest de la ville, sur une emprise domaniale d'environ 170 hectares
- Code OACI : GMMD

Parking avions

- Superficie : 14 000 m²
- Capacité : 02 avions moyens courriers (B737, A320)

Piste

- Orientation : 05/23
- Longueur : 2 500 m
- Largeur : 45 m

Connectivité internationale

- Milan

Compagnies

- Royal Air Maroc
- CODE OACI : RAM
- CODE IATA : AT
- DESTINATION : MILAN MALPENSA

Zone de stationnement

- Un Parking clos, non couvert, de 100 places est mis à la disposition des voyageurs.

I.2.2 Infrastructures autoroutières (Autoroute de Béni Mellal - Berrechid)

L'autoroute BENI MELLAL-Casablanca, dont la première tranche BENI MELLAL-Khouribga a été inaugurée par Sa Majesté le Roi Mohamed VI lors de sa visite glorieuse à la Région en mois de Mai 2014, et la deuxième tranche Khouribga-Berrechid ouverte à la circulation en mois d'Août 2015, a permis de réduire la durée de transit entre la ville de BENI MELLAL et le pôle économique du Royaume Casablanca à moins de 2 heures.

Tableau 12: Caractéristiques d' Autoroute de Béni Mellal - Berrechid

Longueur	172 Km
Couloir du tracé	Berrechid - Ben Ahmed - Khouribga - Oued Zem - Bejaad - Kasbah Tadla –BENI MELLAL
Stations de Péage	7
Aires de service	3

I.2.3 Infrastructures routières

Tableau 13: Infrastructures routiers

Longueur des routes (Km)	Béni Mellal	Région
Routes Nationales	113,19	340,096
Routes Régionales	183,49	1480,203
Routes Provinciales	445,3	2454,794
Total	741,99	4275,103

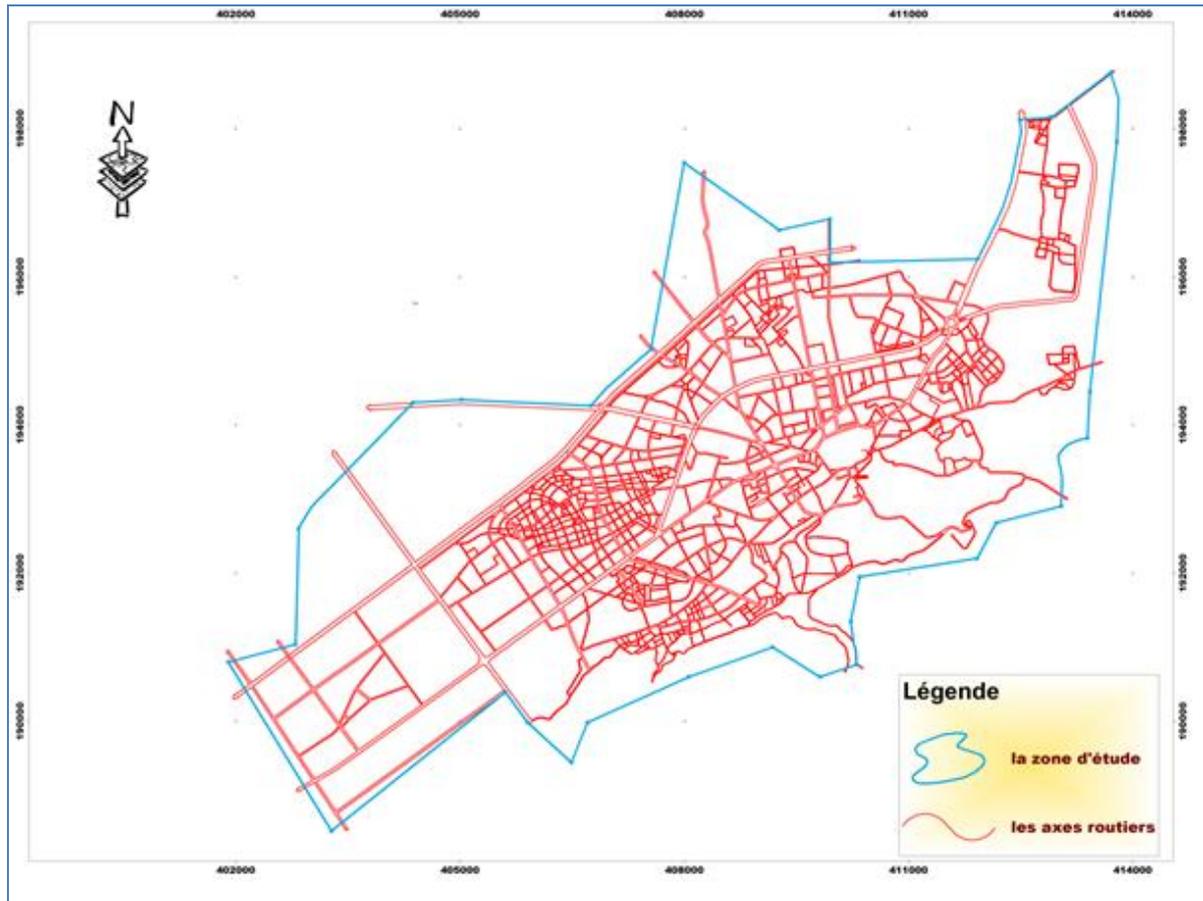


Figure 7: Réseau de voiries dans la zone la ville de Béni Mellal

I.2.4 Electricité et téléphone

La ville de BENI MELLAL bénéficie d'une couverture correcte en électricité, grâce notamment aux différents programmes nationaux menés dans ce domaine est relié au réseau national d'électricité (ONE). Le taux de couverture aujourd'hui est estimé à 99% avec 2363 ménages branchés. Le centre est doté d'un réseau d'éclairage public qui s'étend sur toutes les voiries principales il est relié aussi au tous les réseaux nationaux de téléphone.

Le taux de branchement au réseau électrique est important puisqu'il dépasse 97%, néanmoins, des mesures de sécurité devront être prises afin d'éviter des risques éventuels.

L'éclairage public est satisfait dans l'ensemble, toutefois il serait souhaitable de remplacer le réseau aérien en fils de cuivre par des câbles torsadés, afin d'atténuer l'aspect en toiles d'araignées du réseau existant, ce qui améliorerait d'avantage la sécurité et l'esthétique dans la médina.

I.2.5 Administrations représentées

La ville de BENI MELLAL admet la présence des administrations suivantes :

- ✓ Agence de Bassin Hydraulique de l'Oum Er-Rbia ;
- ✓ Agence urbain
- ✓ Office National d'électricité ;
- ✓ Inspection régional de l'habitat et de la politique de la ville
- ✓ Office National d'Eau Potable ;
- ✓ Service de conservation foncier cadastre
- ✓ Direction régionale de l'agriculture de beni Mellal
- ✓ Direction régionale de département d'énergie et des mines
- ✓ Direction prominales des eaux et forêts et la lutte contre la désertification
- ✓ Observation régionale de l'environnement et du développement durable
- ✓ Ministre des finances enregistrent et timbre
- ✓ Chambre de commerce et d'industrie et de service de la région
- ✓ Service vétérinaire provinciale
- ✓ Service régionale de formation Professional

I.2.6 Equipements socioculturels

Les équipements socioculturels qui existent dans la ville **de BENI MELLAL** sont :

- Centre social multifonctionnel «Al-Qods»,
- Centre socioculturel L'alla Aïcha,
- Maison pour personnes âgées à Béni Mellal,
- Deux DAR TALEB (maisons d'étudiant) ;
- Deux terrains de sports dépourvus du gazon;
- Plusieurs jardins en mauvaises état

Ces infrastructures socioculturelles ne sont pas suffisantes pour fournir les services essentiels dont la population d'une ville qui est comme BENI MELLAL (jeunes, femmes, les enfants et les élèves) a besoin (une bibliothèque communale, maison de culture, des jardins avec des jouets pour les enfants des locaux pour se balader ...etc.).

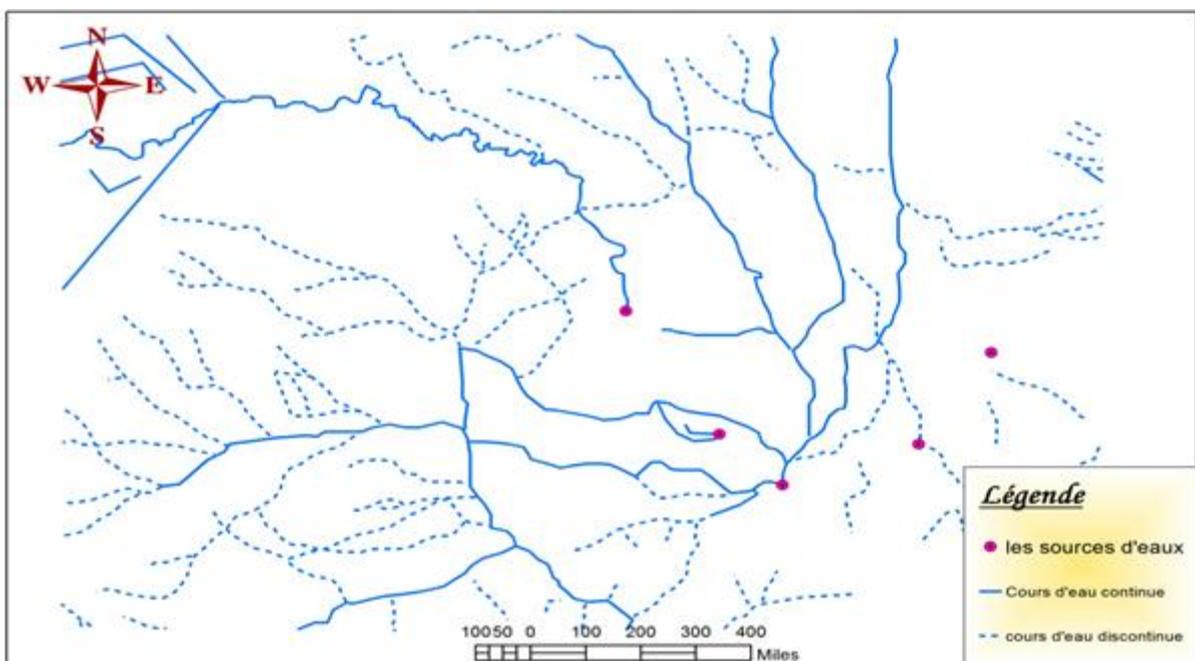
I.2.7 Alimentation en eau potable

L'ONEP lance un projet important d'alimentation en eau potable de la ville de BENI MELLAL et des communes rurales avoisinantes pour un montant global de 200 millions DH.

Le mardi 1 Avril 2008, sa MAJESTE LE ROI MOHAMMED VI que dieu le glorifie, a procédé au lancement d'un important projet réalisé par l'ONEP pour le renforcement de l'alimentation en eau potable de la ville de Béni Mellal et des communes rurales avoisinantes à partir des eaux du Barrage Bin El Ouidane.

Selon les indications recueillies 15% des logements de la médina ne sont pas encore directement branchés au réseau A.E.P, ainsi la population concernée s'approvisionne a des bornes fontaines dont l'écoulement est souvent anarchique.

L'ancien nom de BENI MELLAL était DAY était une petite rivière qui traversait la ville il y'avait une source avait un grand bassin qui ressemble a celui de SIDI BOUYAACOUB près de AIN ASSERDOUNE.



I.2.8 Assainissement liquide

Le volume d'eaux usées rejetées dans la région à grande échelle augmente à 12.3 Million m³ par an.

Ce volume va atteindre, en 2020 environ 15.84 Million m³ par an.

Et se répartit par milieu comme suit :

- 68% vers les cours d'eau ou leurs principaux affluents,
- 32% dans le milieu naturel

Tableau 14: Volumes d'eaux usées dans BENI MELLAL (ABHOER, 2011)

année	Rejets en (m ³ /an)				
	2005	2007	2010	2015	2020
BENI MELLAL	5664209	5987813	6473220	7221795	8023715
Région BENI MELLAL-KHENIFRA	10684070	11329514	12297682	13980354	15837973

La ville de BENI MELLAL est dotée d'un réseau d'assainissement collectif de type unitaire avec un taux de raccordement de 72%.

Ce réseau d'assainissement est géré par la régie autonome intercommunale de distribution d'eau et d'électricité de TADLA le volume d'eau usée atteint 4146400m³/an en 2010.

La ville de BENI MELLAL équipée par une station des eaux usées de type boues activités réalisée par la municipalité de BENI MELLAL, cette station a été construite en 1984 par la municipalité mais suite a des problèmes de raccordement et de mise en service la station n'a pas encore commencé à traiter les eaux usées qu'en 1998, il a été dimensionnée pour traiter les eaux usées de 140000équivalents d'habitants.

Ses caractéristiques techniques se présentent comme suit :

- ❖ **Un ouvrage de réception ;**
- ❖ **Un répartiteur d'entrée ;**
- ❖ **Une station de recyclage des boues ;**
- ❖ **Des eaux épurées rejetées dans L'oued Day ;**
- ❖ **58lits des séchages de 216m² de surface chacun ;**

Le schéma directeur d'assainissement de la ville de BENI MELLAL établie en 2008 a définie dans la tranche prioritaire les travaux d'extension et de réhabilitation des ouvrages de la station d'épuration actuelle du a sa saturation en 2012 et les dépenses élevées en énergie engendrées par le système à boues activées.

Tableau 15: Répartition des rejets domestiques de la province BENI MELLAL (ABHOER, 2011)

Municipalité	Type de réseau	gestionnaire					
			2005	2007	2010	2015	2020
BENI MELLAL	Unitaire	RADEET	3628779.29	3835807.81	4146350.59	686.11	5096955.98

Le montant de **50 MDH** sera mobilisé pour la généralisation du raccordement individuel de l'assainissement liquide de **BENI MELLAL**.

I.3 Activités économiques

I.3.1 Agriculture

Le développement de l'agriculture au niveau de la région a engendré un processus de dégradation des ressources naturelles, issu de la surexploitation des strates agro-écologiques (plaine, dir et montagne).

La zone d'étude existe dans la plaine de Tadla précisément dans une zone irriguée.

Il y a lieu de souligner que la région (précisément la province de BENI MELLAL) dispose de deux grands périmètres d'irrigation. Le périmètre de Beni Amir irrigué à partir du barrage d'Ahmed El Hansali et le périmètre de Beni Moussa irrigué à partir du barrage Bin EL Ouidane.

Tableau 16: Superficie et rendement agricoles par type de culture dans la ville de BENI MELLAL en 2015 (Office Régional de la mise en valeur agricole de Tadla)

TYPE	SUPERFIE (HA)	RENDEMENT Moyen	Contribution a la production nationale %
Agrumes	11574	25.4 T/Ha	14
Betterave	13000	60 T/Ha	26
Multiplication de semences de céréales	9600	53 T/Ha	30
Céréales communes	45075	51 Q/Ha	5
Olivier	26570	2.4 T/Ha	8
Luzerne	23000	60 T/Ha	13
Mais fourrager	7000	40 T/Ha	-----
Grenadier	1427	23.8 T/Ha	45
Niora	820	23 T/Ha	86
Sésame	1443	8Q/Ha	90

D'après la table ci-dessus on admet l'importance de la surface occupée par les activités agricoles notamment l'importance des rendements des agricultures dans la ville.

Tout déchet organique généré directement par des activités agricoles ou par des activités d'élevage ou de jardinage.

BENI MELLAL passe parfois pour la réserve agricole du Maroc : on y cultive des céréales, des olives... et bien évidemment des agrumes. Les oranges de cette région sont réputées pour être les meilleures du pays.

Dans la Région BENI MELLAL-KHENIFRA, la superficie agricole utile (SAU) s'élève à 948.397 Ha soit environ 10% de la superficie agricole utile du Royaume :

Tableau 17: Superficie irriguée dans la région BENI MELLAL-KHENIFRA (Monographie de BENI MELLAL-KHENIFRA)

Province	SAU (Ha)	Superficie irriguée
BENI MELLAL	158863	59201
Total de la région BENI MELLAL-KHENIFRA	948.397	188.000

I.3.2 Activités industrielles

L'industrie dans la région est essentiellement axée sur la transformation des produits agricoles, est ce fait liée à la mise en valeur agricole des terres aussi bien irriguées que le Bour.

L'industrie dans la région de BENI MELLAL-KHENIFRA est caractérisée par le fait qu'elle est jeune est peu diversifiée.

On note une prédominance des branches de l'industrie agro-alimentaire et une activité saisonnière, cas des sucreries, des huileries et de la déshydratation des légumes. Il est à signaler que plus de 60% des productions agricoles de la région sont exportés à l'état brut vers d'autres centres de transformation.

I.3.3 Autres métiers

En plus de l'agriculture qui constitue la principale activité ainsi l'industrie dans notre zone d'étude, il existe d'autres métiers, et d'autres choses commerciales, qui sont pratiqués par les habitants de la ville

I.3.3.1 Coopératives

Tableau 18: Coopératives de la ville (Monographie de BENI MELLAL – KHENIFRA)

Province	Nombre de coopératives	Nombre d'adhérents
BENI MELLAL	22	475
TOTALE DE LA REGION	99	2086

I.3.3.2 Tourisme

Le Parachutisme est la spécialité de la région. En effet, l'aérodrome de BENI MELLAL qui figure parmi les vingt meilleurs centres de parachutisme au monde entier, organise annuellement des formations de manifestation et les moments forts de découvertes d'un ciel serein.

La position géographique de l'aéroport de BENI MELLAL et son emplacement au piémont de l'atlas, favorise les thermiques aux alentours de la plate-forme et encourage le pratique parachutisme et le vol à voile.

L'aérodrome de Béni-Mellal, situé à 8 km au Nord-Ouest de la ville attire un nombre croissant de passionnés particulièrement de la France, de la Belgique, de la Suisse, des Etats-Unis, de Brésil, mais aussi de l'intérieur du Maroc et de certains pays arabes. Encadrés par des instructeurs et des personnes expérimentées, les participants profitent de la longue durée (3 mois) pour explorer les richesses touristiques.

Tableau 19: Education-formation (2013-2014) (Monographie de BENI MELLAL – KHENIFRA)

	Précolaire Traditionnel		Précolaire Moderne		Précolaire Public		TOTAL	
	Total	Rural	Total	Rural	Total	Rural	Total	Rural
Béni Mellal	233	68	83	6	22	21	338	95
Totale	1001	439	163	13	147	120	1311	572

Tableau 20: Répartition des effectifs par province et le sexe (Monographie de BENI MELLAL – KHENIFRA)

	Précolaire Traditionnel		Précolaire Moderne		Précolaire Public		TOTAL	
	Total	Filles	Total	filles	Total	filles	Total	filles
Béni Mellal	8881	43235	3909	1811	775	354	13565	6400
Totale	34234	15723	11801	5437	4962	2394	50997	23554

I.4 Données physiques

I.4.1 Topographie

La ville de Béni Mellal et l'ancienne médina en particulier, est caractérisée par deux blocs opposés: la plaine et les montagnes et entre les deux apparaît une zone de transition qui revêt une grande importance qui est le piémont ou le Dir.

- ✓ La montagne: Le massif montagneux s'étend à l'Est de la province de BENI MELLAL;
- ✓ La plaine: s'étend au Nord et au Sud-ouest et occupe les 2/3 de la superficie de la province de BENI MELLAL;
- ✓ Le Dir: Au centre, entre la montagne et la plaine.

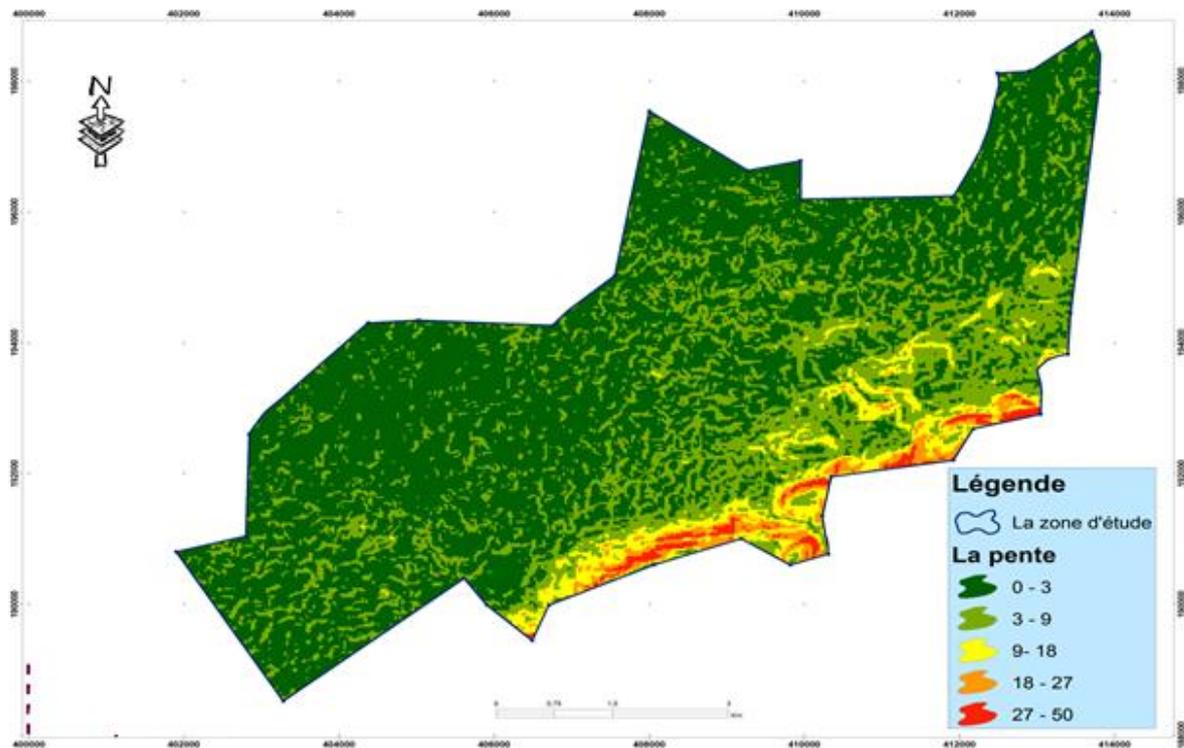


Figure 9: Carte de pente de la zone d'étude ville de BENI MELLAL

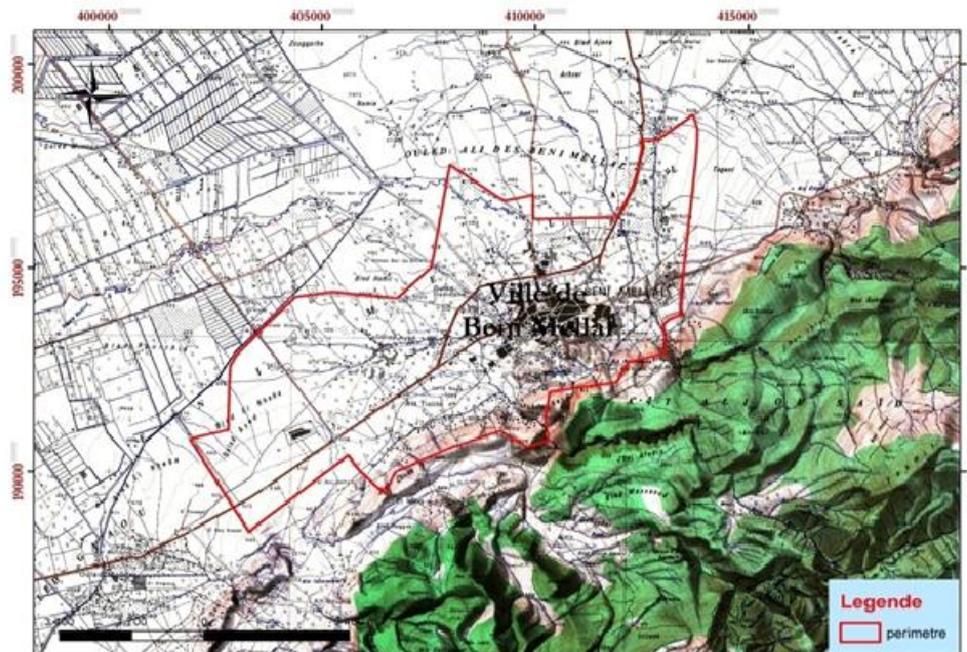


Figure 10: Carte topographique de la zone d'étude (altitude en m)

I.4.2 Géologie

La ville de BENI MELLAL en général fait partie de la zone des collines. Ce chaînon bordier de l'Atlas présente un substratum formé principalement par des matériaux Maestrichtien-

Eocène et des brèches attribuées à l'Eocène supérieur continental. La puissance de la série continentale de BENI MELLAL est de l'ordre d'une centaine de mètres.

D'une manière générale, on observe une succession de couches rouges, de conglomérats plus ou moins cimentés et des calcaires lacustres généralement roses, parfois travertins eux. Ces derniers apparaissent d'une part à la partie inférieure, et d'autre part au sommet de la série.

La carte suivante présentée dans la figure suivant en résume l'étude géologique de la ville de Béni Mellal.

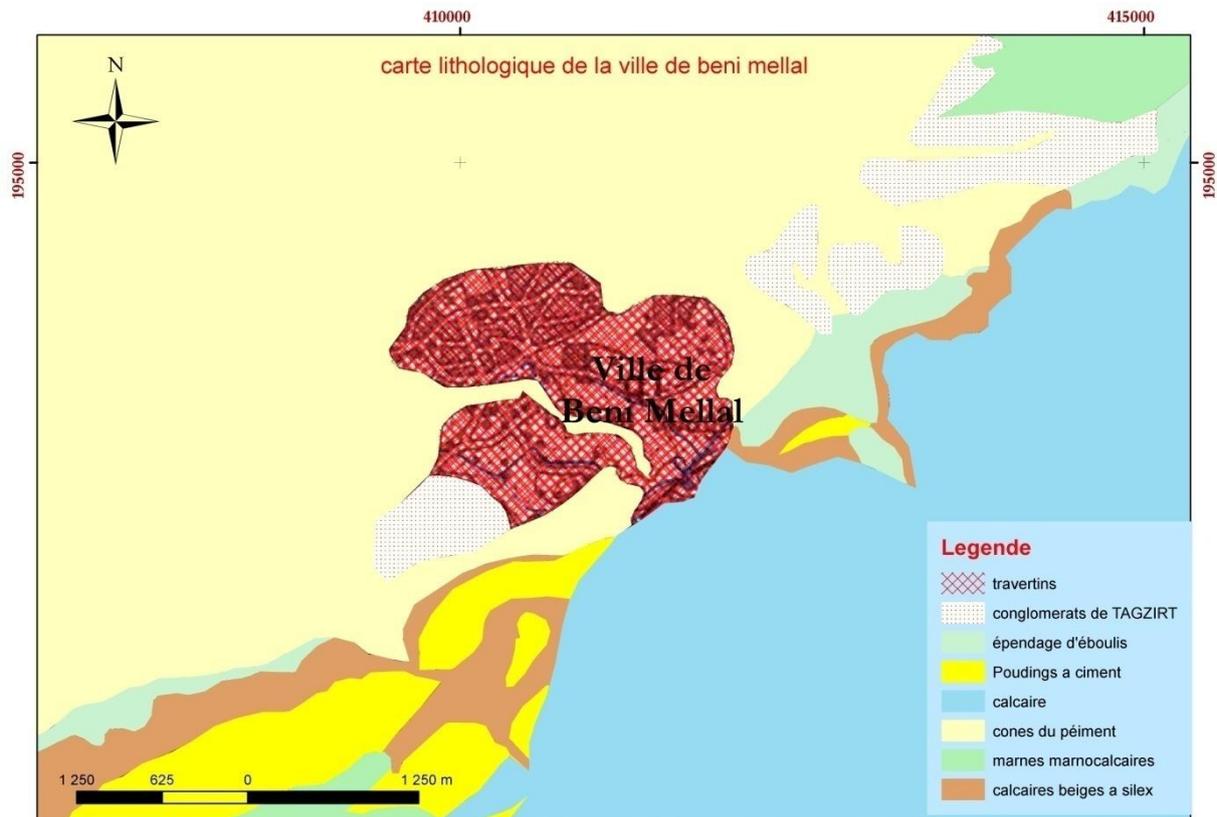


Figure 11: Carte géologique de la ville de BENI MELLAL

I.4.3 Climat

Le climat de BENI MELLAL est dit tempéré chaud. A BENI MELLAL, les précipitations sont plus importantes en hiver qu'en été.

En moyenne la température à BENI MELLAL est de 18.3° C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 493 mm. Avec 1 mm, le mois de Juillet est le plus sec. Une moyenne de 79 mm fait du mois de Mars le mois ayant le plus haut taux de précipitations.

Le climat de cette zone se caractérise par des températures variant dans la plaine de 10°c.

Et dans la montagne de 9,3°c à 21,3°c, et par des précipitations d'environ 350 mm dans la plaine et 550mm dans la montagne.

I.4.4 Température

La température varie selon les mois et les saisons dont elle diminue dès novembre jusqu'à avril et augmente dès mai jusqu'à novembre, Les diagrammes suivants indiquent L'évolution de la température dans la zone d'étude selon la station de Béni Mellal.

Ils indiquent les températures moyennes mensuelles interannuelles mesurées entre les années 1985 – 2015 :

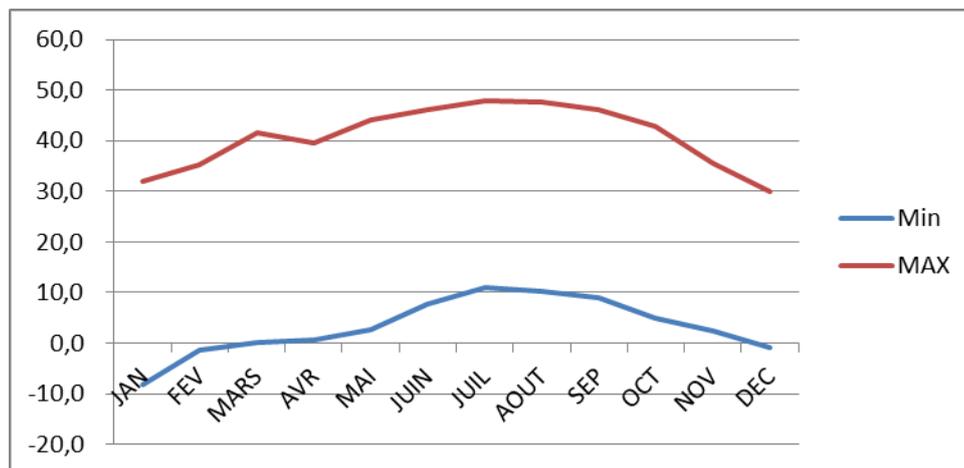


Figure 12:Températures maximale et minimale de BENI MELLAL

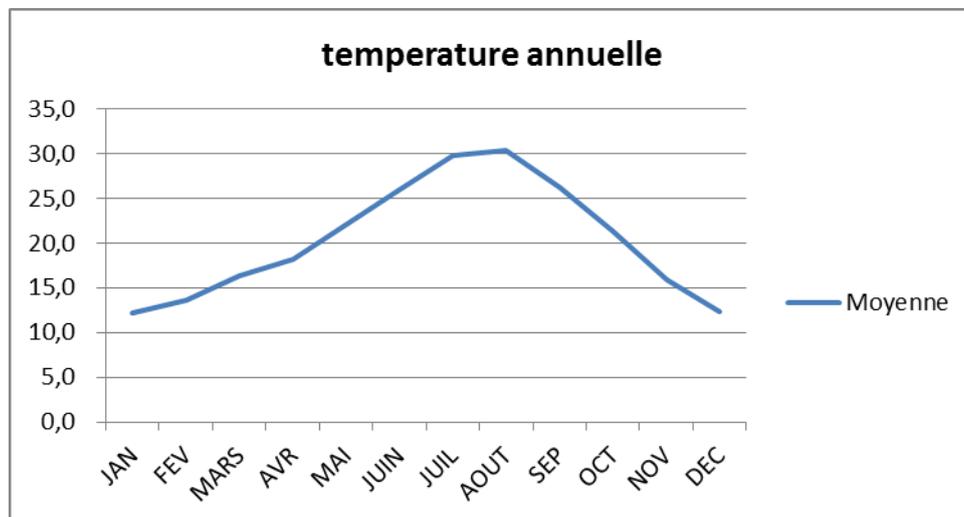


Figure 13:Températures moyenne annuelle de la zone d'étude BENI MELLAL

I.4.5 Précipitation

Pour savoir la variation des précipitations dans la zone d'étude entre les années 1985 2015, on se basant sur les données de l'agence du bassin hydraulique de l'OUM ER-ERBIA. D'après les diagrammes ci-dessous les précipitation interviennent essentiellement pendant le mois Octobre jusqu'à le mois Mai et enregistrent selon la station de BENI MELLAL.

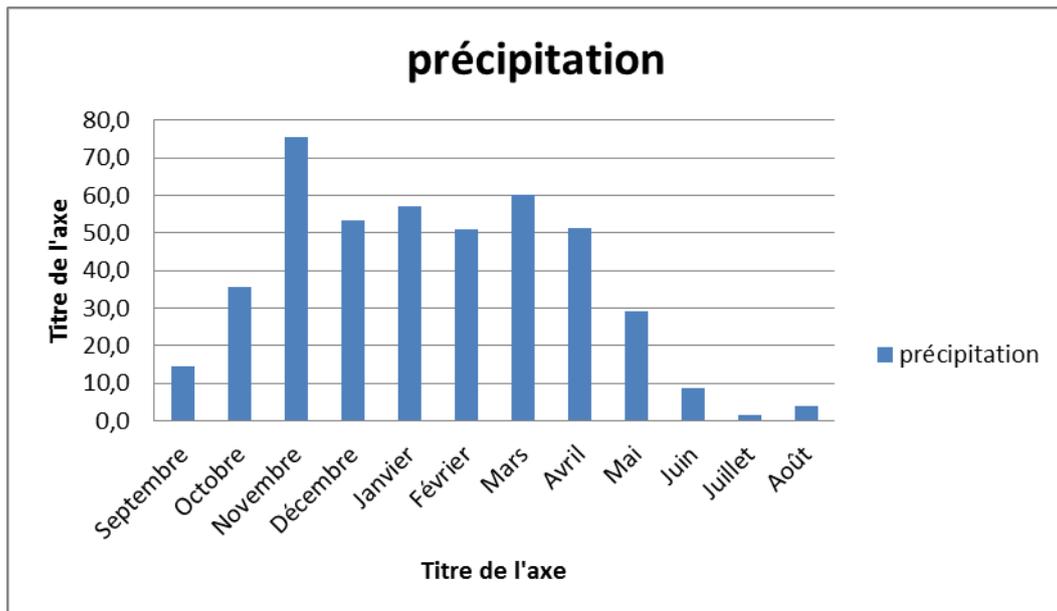


Figure 14: Pluviométrie moyenne mensuelle entre 1982 et 2015 de BENI MELLAL d'après ABHOER

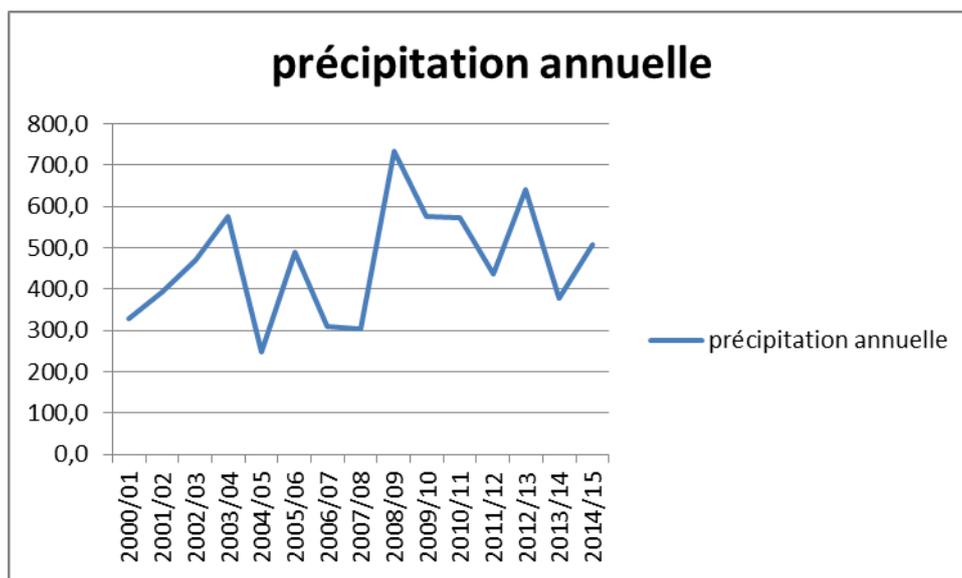


Figure 15: Quantités annuelles de précipitations dans la ville de BENI MELLAL entre 1982-2015 d'après ABHOER

I.4.6 Vents

L'étude de La direction du vent est très importante pour le choix du site de décharge et l'usine du recyclage des déchets et la localisation des bacs afin de minimiser les impacts négatifs du projet (l'odeur).

Ce paramètre climatique est mesuré au niveau de la station BENI MELLAL, les valeurs calculées entre 1985 et 2015.

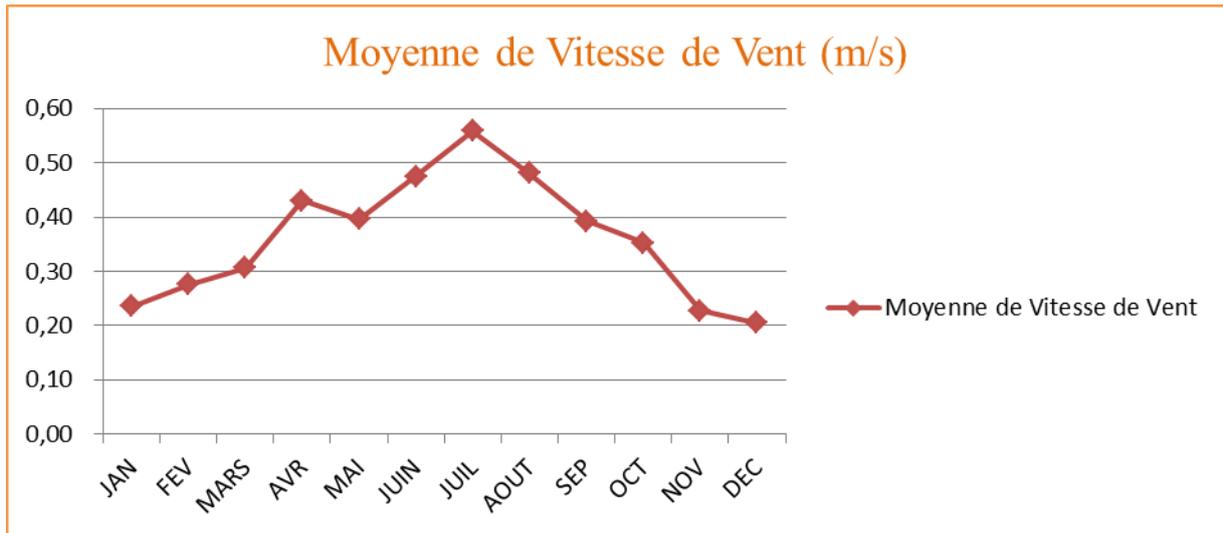


Figure 16: Moyenne de vitesse de vents

Le vent dominant dans la zone d'étude, En hiver, vient de l'Ouest et du Sud-ouest, ils apportent la pluie. En été, on admet des vents secs et chauds venants de l'Est (Chergui).

I.4.7 Evaporation

Ce paramètre climatologique est mesuré au niveau de la station de BENI MELLAL.

Les valeurs moyennes mensuelles interannuelles sont calculées sur une période de 27 ans (de 1985 au 2015).

La valeur maximale est enregistrée pendant l'été (juillet 248.4ml. La valeur minimale est marquée pendant le mois de février avec une moyenne de l'ordre de 29.0ml).

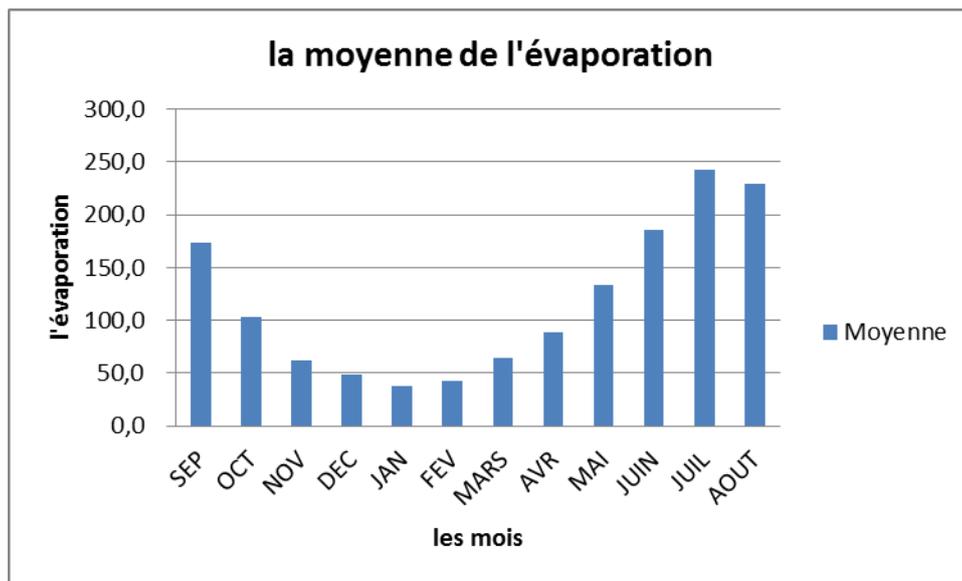


Figure 17: Moyenne mensuelle de l'évaporation en 1985-2015

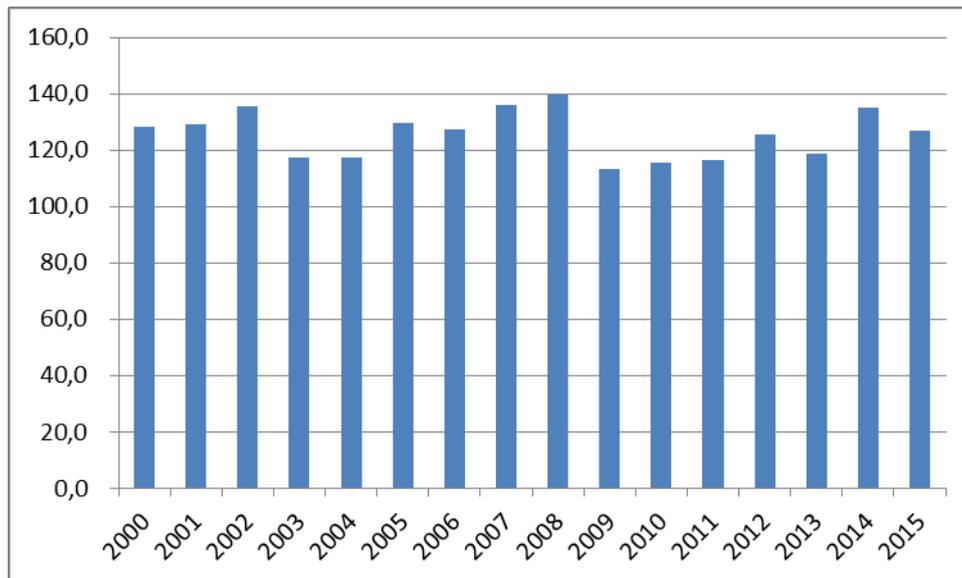


Figure 18: Moyenne annuelle de l'évaporation du 2000-2015

I.4.8 Synthèse climatologique

Pour avoir une idée sur les saisons de l'année, on se confère à un diagramme ombrothermique. Ce diagramme de Bagnouls-Gausson a pour but de limiter la saison sèche et la saison humide de la région.

D'après ce digramme, on note qu'il présente une alternance relativement prononcé entre le climat semi-aride et subhumide avec une prédominance de ce dernier.

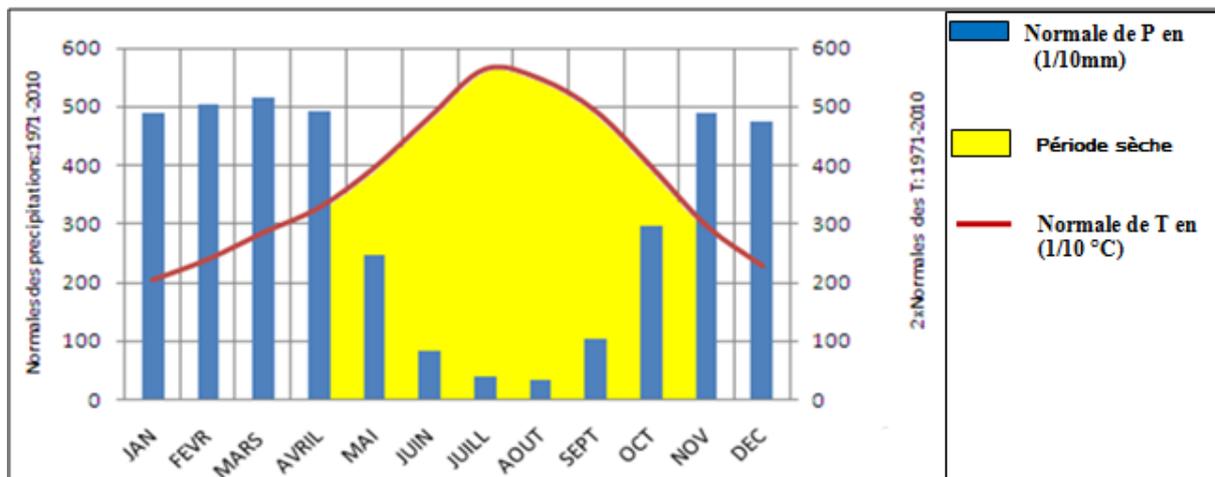


Figure 19: Diagramme ombrothermique au niveau de la région de BENI MELLAL (ARIOUA & OUIADI, 2011)

I.4.9 Hydrogéologie

I.4.9.1 Présentation

Ressource rare, l'eau est sujette à des usages multiples dans plusieurs domaines.

La grande partie de cette eau est acheminée vers le secteur d'alimentation en eau potable et industrielle suivie de l'irrigation et la production de l'énergie.

Cette forte utilisation de l'eau qui s'accroît d'une année à l'autre engendre une diminution très croissante de nos réserves.

Cette augmentation de la consommation de l'eau n'est pas le seul facteur qui influence sur l'eau, or l'activité humaine avait un effet remarquable sur l'eau et sur sa qualité en pollutant des quantités très importantes d'eau, cette pollution est due aux rejets domestiques, agricoles et industriels qui sont acheminés vers les eaux de surface ou souterraines sans aucun traitement préalable.

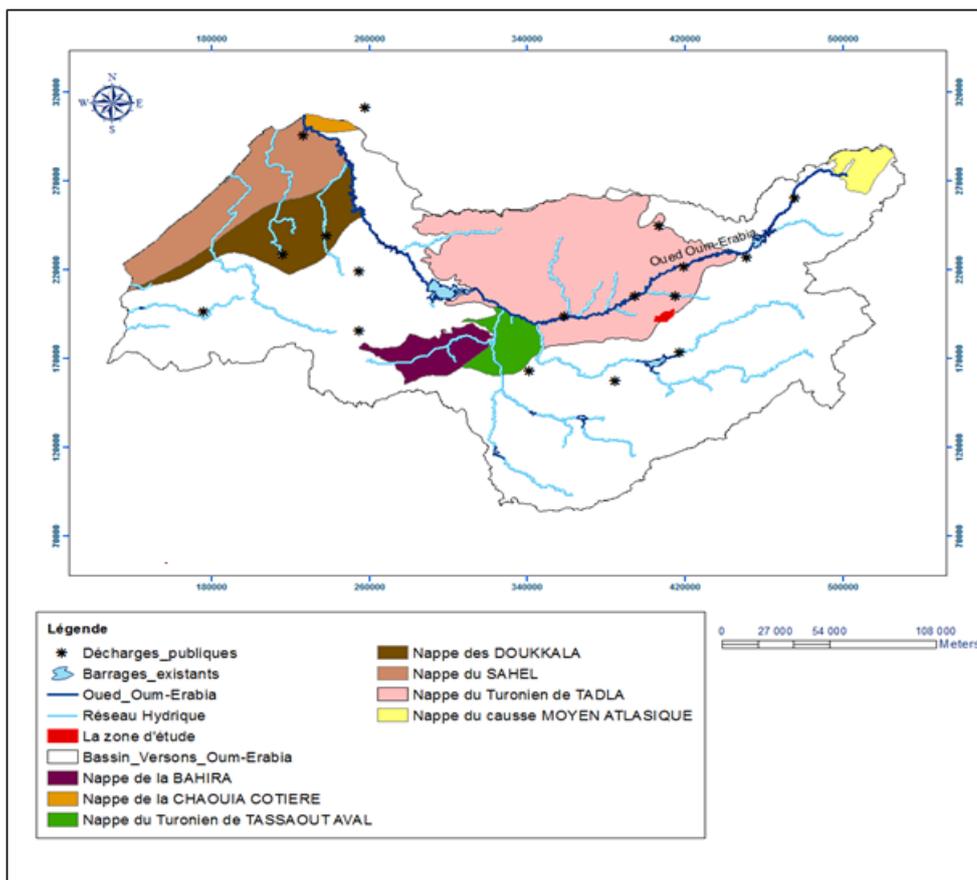


Figure 20: Les différents Nappes, aquifères, Barrages et Décharges du sous Bassin D'Oum Er-Rbia

I.4.9.2 Description d'aquifères de la région et de la qualité des eaux souterraines

La zone d'action de l'Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum-Er-Rbia recèle des ressources en eau souterraines importantes.

- ✚ le Turonien de Tadla principales nappes du bassin de l'Oum Er-Rbia
- La zone d'action de l'Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum-Er-Rbia recèle des ressources en eau souterraines importantes.
- l'Eocène de Tadla
- Tessaout-aval
- Béni-Amir
- Béni-Moussa – Ouest

La principale nappe de la zone d'étude est :

- Béni Moussa - Est (Dir)
- la Bahira
- les Doukkala
- le Sahel
- Khémisset Chaouia
- Le Dogger d'Azilal

La zone d'étude fait partie de la plaine de Tadla, la structure générale de la chaîne entraîne un système de cuvettes synclinales constituant autant de sous bassins hydrographiques qui communiquent plus au moins entre eux.

Les principales sources de pollution observées dans le bassin de l'Oum Er Rbia sont dues principalement aux rejets des eaux usées urbains et industriels et à l'activité agricole notamment l'utilisation des fertilisants et des pesticides. L'effet direct ou indirect de ces différentes sources de pollution se traduit par la dégradation de la qualité des ressources en eau souterraines et superficielles.

II. Situation Géographique des secteurs

La zone d'étude est située à la Commune Territoriale de BENI MELLAL. Elle comprend 192362 habitants (B.O.R.M, 2015). Elle est répartie en **9** secteurs de collecte (Figure **21**). Le **secteur 2** présente le secteur de la Collecte sélective qui abrite 20 000 habitants (Figure **22**).

Chaque secteur est caractérisé par :

Secteur 1 : Comprend des maisons traditionnelles, des immeubles (R+3 et R+2), des douars, la Zone industrielle et le Souk hebdomadaire ;

Secteur 2 : Comprend des immeubles (R+5, R+4, R+3, R+2) et zone villa, maison marocaines, établissement scolaires;

Secteur 3 : Maisons traditionnelles, immeubles (R+3 et R+2) et des douars;

Secteur 4 : Il y a des immeubles (R+5, R+4, R+3 et R+2), l'hôpital provincial, le quartier administratif et des cliniques;

Secteur 5 : Délimité par des immeubles (R+3 et R+2) et Suika, Ancien Médina,

Secteur 6 : comprend des maisons traditionnelles, des immeubles (R+5, R+4, R+3 et R+2) et des douars. Il y a aussi la Faculté des Lettres et des imprimeries;

Secteur 7 : comprend des immeubles (R+4, R+3, R+2), la zone industrielle et Souika 7j/7j;

Secteur 8 : Immeubles (R+4, R+3, R+2);

Secteur 9 : Maisons traditionnelles et immeubles (R+3 et R+2), la Faculté des Sciences et Techniques, FP et la Cité Universitaire

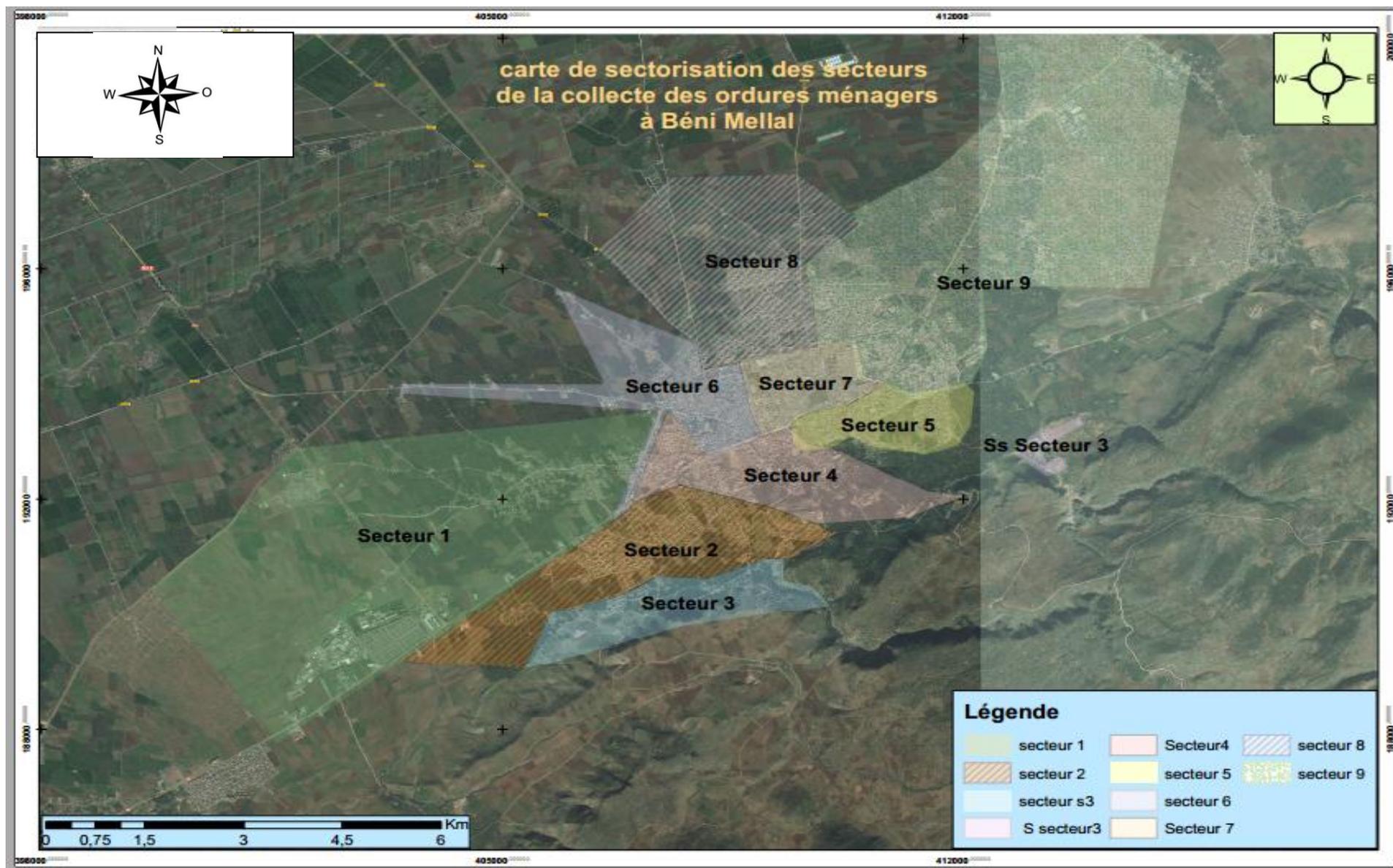


Figure 21: Localisation des secteurs de collecte des déchets solides de la Ville de BENI MELLA



Figure 22: Localisation de la zone d'étude sur le Plan d'aménagement de la ville BENI MELLAL

III. CARACTERISATION DE LA FRACTION RECYCLABLE DE LA ZONE VILLA DE LA VILLE DE BENI MELLAL

III.1 Echantillonnage

L'échantillonnage de la fraction recyclable a été réalisé dans la zone villa de la ville de BENI MELLAL.

Le choix de la zone d'étude est basé sur les critères suivants :

- L'existence de l'espace requis pour les points de collecte ;
- Fréquentation importante par une population assez aisée qui est facile à être sensibilisée, et peut être mobilisée pour participer à la collecte ;
- Existence d'importantes quantités de produits recyclables.

III.2 Collecte sélective de la fraction recyclable

Le tri à la source est réalisé par les ménages des zones concernées. Il comporte uniquement la séparation des déchets ménagers en deux fractions : les déchets organiques qui sont acheminés quotidiennement vers les conteneurs classiques implantés dans les rues et les déchets valorisables (papier, carton, plastiques, aluminium, fer...) qui sont stockés dans des conteneurs individuelles (ou en point de regroupement) de couleur différente. Un tri complémentaire a, alors, été réalisé dans le centre de tri pour la séparation des différentes fractions des déchets issue de la collecte sélective.

La collecte sélective a été réalisée en collaboration avec le délégataire du service de propreté de la zone d'étude qui est la société Casatechnique, et s'est déroulée comme suit :

- La collecte sélective réalisée en porte à porte en bacs roulants majoritairement (porte à porte et point de regroupement) une fois par semaine (cette fréquence peut aller à une fois par quinze jours selon les saisons et la quantité des déchets valorisables produite) ;
- Le transport des déchets de collecte sélective par une benne vers l'exutoire de traitement après son pesage par un pont bascule ;
- Le tri manuel et / ou mécanique des déchets de collecte sélective, puis la classification selon des catégories (carton, papier, plastic, verre...).

La première campagne de la collecte sélective a commencé en Février 2014 et a fini en Décembre 2014. La deuxième a débuté en Janvier 2015 et a fini en Décembre 2015.

III.3 Classification de la fraction recyclable

La campagne de la collecte sélective concerne la classification des déchets selon huit catégories et deux sous-catégories :

Refus : cette fraction comprend tout élément non recyclé et qui n'appartient à aucune autre catégorie.

Carton : cette fraction est constituée des cartons d'emballages qui regroupent notamment les boîtes de céréales, de riz, de dentifrice, etc. ;

Papier : comprend les journaux et les chutes des papiers ;

Emballage : Les emballages ménagers (hors verre, plastique et métal) intègrent les cartons d'emballages notamment celles du lait ainsi que les briques de jus de fruits et de soupe ;

Plastique qui comprend deux sous-catégories :

- PET : PolyÉthylène Téréphtalate. Caractérisé par les bouteilles de limonade et autres boissons effervescentes. Elles peuvent être aussi en PVC ou en PC (polycarbonate)
- PEHD : Polyéthylène haute densité. Il est utilisé pour produire des caisses en plastique hautement résistantes, emballages de produits détergents, bidons d'huile moteur, bouteilles de shampoing, flacons de médicaments, bouchons de boissons gazeuses, des tubes.

Verre : Le verre est récupéré sous deux formes :

- du verre en débris ou morceaux ;
- du verre sous forme de pièces entières, à savoir les bouteilles de diverses tailles et couleurs.

Métal : le métal est récupéré sous des formes de files, des plaques.

Pneu : cette fraction a été échantillonnée en décembre 2014 et comprend les pneus des voitures.

III.4 Analyses Statistiques

Le traitement statistique des résultats est fait par le logiciel SPSS Statistics 17 à travers le test Anova.

L'analyse de la variance (Test Anova) est un test statistique permettant de vérifier que plusieurs échantillons sont issus d'une même population. Ce test s'applique lorsqu'on mesure une ou plusieurs variables explicatives catégorielles (appelées alors facteurs de variabilité,

leurs différentes modalités étant parfois appelées « niveaux ») qui ont de l'influence sur la distribution d'une variable continue à expliquer. On parle d'analyse à un facteur, lorsque l'analyse porte sur un modèle décrit par un facteur de variabilité, d'analyse à deux facteurs ou d'analyse multifactorielle. L'analyse de la variance permet d'étudier le comportement d'une variable continue à expliquer en fonction d'une ou de plusieurs variables explicatives catégorielles.

IV. CARACTERISATION DES DECHETS DE LA VILLE DE BENI MELLAL

IV.1 Objectif de la caractérisation

L'objectif de la caractérisation des déchets de la zone d'étude est de :

- Connaître la composition exacte des ordures ménagères produites par les habitants de la zone d'étude ;
- Déterminer les variations dans la composition du gisement notamment en fonction du type d'habitat.

Cette caractérisation vise à caractériser un échantillon le plus représentatif possible des déchets de la ville de BENI MELLAL.

Cette caractérisation a été réalisée sans interruption durant 6 jours et 6 nuits consécutifs.

Les déchets ménagers sont séparés en fractions dont la taille est :

- Supérieure à 250 mm ;
- Entre 80 mm et 250 mm ;
- Inférieure à 80 mm.

VI.2 Méthodologie

IV.2.1 Collecte des déchets

La collecte est réalisée en 6 jours. Elle sera effectuée dans les heures habituelles dans chaque secteur. Pendant la journée trois secteurs sont collectés : secteurs 1, 3 et 5. Pendant la nuit, les six secteurs restant sont collectés : 2, 4, 6, 7, 8 et 9. Un tour par secteur est réalisé, la quantité collectée constitue la base de l'échantillon.

IV.2.2 Echantillonnage

Une fois que les déchets ménagers d'un secteur sont collectés, ils seront mis en tas. Le tas est mélangé à l'aide d'un chargeur pour l'homogénéiser.

Après l'homogénéisation, les opérations suivantes sont réalisées :

- Le quartage du tas ;
- Prise de l'échantillon par une pelle (10% du volume total des déchets) ;
- Remplissage des bacs de 660L après pesage ;
- Chargement des bacs dans la Benne TP ;
- Transfert de l'échantillon vers le parc et la plate-forme de la caractérisation ;
- Nettoyage de la zone ;
- Enfouissement de la quantité des déchets restants dans la décharge.

IV.2.3 Granulométrie

Après la réception des échantillons, les bacs de chaque échantillon sont regroupés puis transportés vers une zone de travail. Chaque zone est dédiée à un secteur.

Dans la zone, l'échantillon est déchargé dans la zone de déchargement, puis mis par le biais des pelles sur la table de la granulométrie et précisément sur le tamis de 250mm. Cette opération permet un premier criblage des déchets. Une fois sur la table, les déchets sont criblés et les sacs en plastique sont ouverts et secoués afin de bien séparer les fractions.

Les déchets inférieurs à 250mm tombent sur le tamis de 80mm, et les déchets de taille supérieure à 250mm restent sur le tamis de 250mm.

La même opération est effectuée avec un criblage au niveau du tamis de 80mm qui permet de séparer les déchets supérieurs et inférieurs à 80mm. Les déchets fins tombent dans un bac récepteur.

Ainsi à la fin de cette opération, on obtient 3 fractions : >250mm, 80-250 et <80mm. Les déchets qui restent sur le tamis 250mm, sont mis dans des bacs 360L, puis pesés et laissés dans la zone pour être triés ultérieurement, comme la fraction 80-250mm. Les déchets restants sur le tamis de 80mm représentent la fraction 80-250mm, sont aussi mis dans des bacs 360L, pesés et prêts à être triés.

Par contre pour la fraction <80mm, elle est mise dans des bacs 360L, pesée et jetée dans le caisson métallique sans être triée. Elle représente la partie fermentescible des déchets.

Les bacs de 360L contenant chaque fraction portent les deux bandeaux de traçabilité de l'échantillon et de la fraction.

IV.2.4 Tri

IV.2.4.1 Séparation par taille

Au début de cette opération, il faut préparer la table de tri de 2 m de long sur 1m de largeur, en mettant la plaque dédiée à cet usage sur le tamis de 250mm de la table de la granulométrie, ainsi la table du tri est opérationnelle. Après il faut placer les seaux à proximité de la table, pour accueillir les produits du tri.

Sur la table du tri un bac de 360L de la fraction >250mm est déversé, puis la fraction est trié manuellement. Les produits valorisables sont triés dans les seaux, tandis que la matière fermentescible est délaissée sur la table. Ainsi de suite pour les bacs de la même fraction, jusqu'à ce que toute la fraction soit triée. Ensuite la matière fermentescible est mise dans un bac 360L.

Il faut par la suite peser chaque produit ainsi que la matière fermentescible pour achever l'opération.

Le même processus est suivi pour la fraction 80-250mm.

L'opération permet d'obtenir :

- Fraction <80mm : caractérisée par des matières fermentescibles. Cette fraction n'est pas triée car elle comporte un faible pourcentage de matières valorisables ;
- Fraction 80-250mm : comprend des produits valorisables et des matières fermentescibles ;
- Fraction >250 mm : on trouve des produits valorisables et des matières fermentescibles.

IV.2.4.2 Séparation par catégorie

Selon les pays et les objectifs poursuivis, plusieurs types de composants (catégories) de déchets sont identifiés : la norme XP X30 – 408 d'octobre 1996 (AFNOR, 1996) recommande 13 catégories (Tableau 10). Mais dans cette étude seulement 10 catégories avec leurs sous-catégories ont été mises en évidence.

En effet, les deux fractions (>250mm et 80-250mm) sont triées en 10 catégories. Ces catégories sont comme suit :

- Putrescibles : Matières fermentescibles ;
- Cartons :
 - ✓ Carton ;
 - ✓ Carton Tétra Pack ;
 - ✓ Carton et Papier ;
- Textiles :
 - ✓ Chaussures et élastomères ;
- Textiles sanitaire : Déchets hygiéniques ;
- Plastiques :
 - ✓ Plastique PET avec Bouchon ;
 - ✓ Plastique PEHD ;
 - ✓ Plastique Polypropylène (PP) ;
 - ✓ Plastique Polyéthylène Basse Densité (PELD) (Sac en plastique) ;
 - ✓ Plastique Polychlorure de Vinyle (PVC) ;
 - ✓ Plastique Polystyrène ;
- Combustibles Non Classés (CNC) : Bois ;
- Verres ;
- Métaux :
 - ✓ Aluminium et/ou Fer ;
 - ✓ Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques (DEEE) ;
- Incombustibles Non classés (INC) :
 - ✓ Céramique/déchets de démolition ;
- Dangereux :
 - ✓ Divers combustibles ;
 - ✓ Déchets Médicaux Pharmaceutiques (DMP).

La caractérisation vise à quantifier les déchets valorisables. C'est le cas pour la catégorie de plastique dont l'objectif est de trier les types de plastique dont le potentiel de valorisation est variable. Les plastiques les plus intéressants sont le PET en premier lieu, puis le PEHD. Le PELD peut être recyclable mais ayant un rendement faible (en incinération). Le plastique PP est très limité dans le recyclage, tandis que les plastique PVC et Polystyrène ne sont pas recyclables.

Les déchets sanitaires, le bois, le textile, le carton tétra pack, les chaussures, les élastomères et les divers combustibles ont un pouvoir calorifique intéressant, ils seront destinés à la combustion. Le carton, le papier, le verre et les métaux sont considérés comme recyclables. Et finalement les matières fermentescibles sont envoyées au compostage.

Tableau 21: Différentes catégories de déchets (CEFREPADE, 2008; AFNOR, 1996)

Catégories	Sous catégories
Putrescibles	Restes de cuisine, déchets de jardin, autres
Papiers	Emballages, journaux, magazines, imprimés, autres
Cartons	Emballages plats, ondulés
Composites	Emballages alimentaires-lait, jus de fruit, café, beurre
Textiles	Sacs, vêtements, lingerie
Textiles sanitaires	Couches culottes, serviettes, lingettes, mouchoirs, autres
Plastiques	Films PE, et PP, bouteilles et flacons PET, autres PVC, PS
CNC	Bois, cuir, caoutchouc, charbon de bois, autres
Verres	Emballages et autres
Métaux	Emballages ferreux et aluminium, autres
INC	Pierres, porcelaine, brique, autres
Dangereux	Piles, peintures, solvants, déchets de soins, autres
Fine	<20 mm (voir < 8 mm ou 2 mm)

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE I : CARACTERISATION DE LA FRACTION RECYCLABLE DE LA ZONE VILLA –BENI MELLAL

I. INTRODUCTION

Les déchets urbains solides sont générés de façon continue en quantité croissante avec le développement des modes de vie des sociétés. Ils sont hétérogènes et leur composition quantitative varie beaucoup en fonction de l'espace (d'une société à l'autre, d'un pays à l'autre, d'une ville à l'autre, etc.) et du temps (jours de la semaine, jours atypiques, fêtes et autres), saisons (humide et sèche, etc.) (Buenrostro et Bocco, 2003). En effet, les facteurs géographique, climatique, économique, racial, culturel social et démographique sont déterminants dans la quantité et la composition des déchets générés par une communauté donnée (Warith et al., 2005 ; Dong et al., 2003 ; Buenrostro et Bocco, 2003 ; Wicker, 2000 ; Abu-Qudais; Reinhart et McCauley-Bell, 1996 ; Daskalopoulos et al. 1998 ; Thogersen, 1996 et Soclo et al., 1999).

Dans ce chapitre, nous allons donner une caractérisation de la fraction recyclable de la zone villa de la zone d'étude entre Février 2014 et le tonnage total en 2015 et 2016 pour mettre en évidence la production des déchets des habitants de la zone étudiée et comprendre la variation du tonnage de cette fraction.

II. VARIATION MENSUELLE DE LA FRACTION RECYCLABLE

II.1 Variation mensuelle de la fraction recyclable en 2014

La fraction recyclable connaît deux augmentations significatives de 4,70 à 17,72 Tonnes entre Février et Juin, et de 16,09 à 26,43 Tonnes entre Octobre et Décembre. On note deux diminutions de 17,72 à 14,36 Tonnes entre Juin et Juillet, et de 19,82 à 16,09 Tonnes entre Septembre et Octobre (Figure 8).

La valeur maximale est de l'ordre de 26,43 Tonnes enregistrée en Décembre. Tandis que le tonnage minimal est de 4,70 Tonnes enregistré en Février. On note un tonnage similaire en Octobre et Novembre (16,09 Tonnes) et des valeurs comparables en Août (19,84 Tonnes) et Septembre (19,82 Tonnes) (Figure 8).

On remarque que lorsque la saison passe du Printemps (Avril, Mai et Juin) à l'Eté (Juillet, Août et Septembre), et de l'Eté à l'Automne (Octobre, Novembre et Décembre), le tonnage diminue puis reprend l'augmentation (Figure 24).

Généralement, le tonnage de la collecte sélective en 2014 connaît une augmentation progressive avec deux fluctuations ; la première en Juillet (14,36 Tonnes) et la deuxième en Octobre et Décembre (16,09 Tonnes).

Cette augmentation peut être expliquée par l'accroissement de la conscience de l'habitation et de son habitude au tri à la source. Or, la fluctuation enregistrée en Juillet serait dû au mois de Ramadan qui a eu lieu entre 28 Juin et 28 Juillet. En effet, le mois de Ramadan contribue au changement de la consommation. Tandis que la deuxième fluctuation est coïncidée avec Aïd Al Adha qui a eu lieu le 05 Octobre. Cette fête religieuse est connue aussi par le changement de la consommation et l'augmentation des prix. D'après le HCP (2014), l'Indice des Prix à la Consommation a passé de 112,4 en Septembre et Octobre à 112,9 en Novembre avec une variation de 0,4%. Ce changement peut influencer le pouvoir d'achat des ménages et baisser ainsi leur consommation et donc baisser le tonnage des déchets solides.

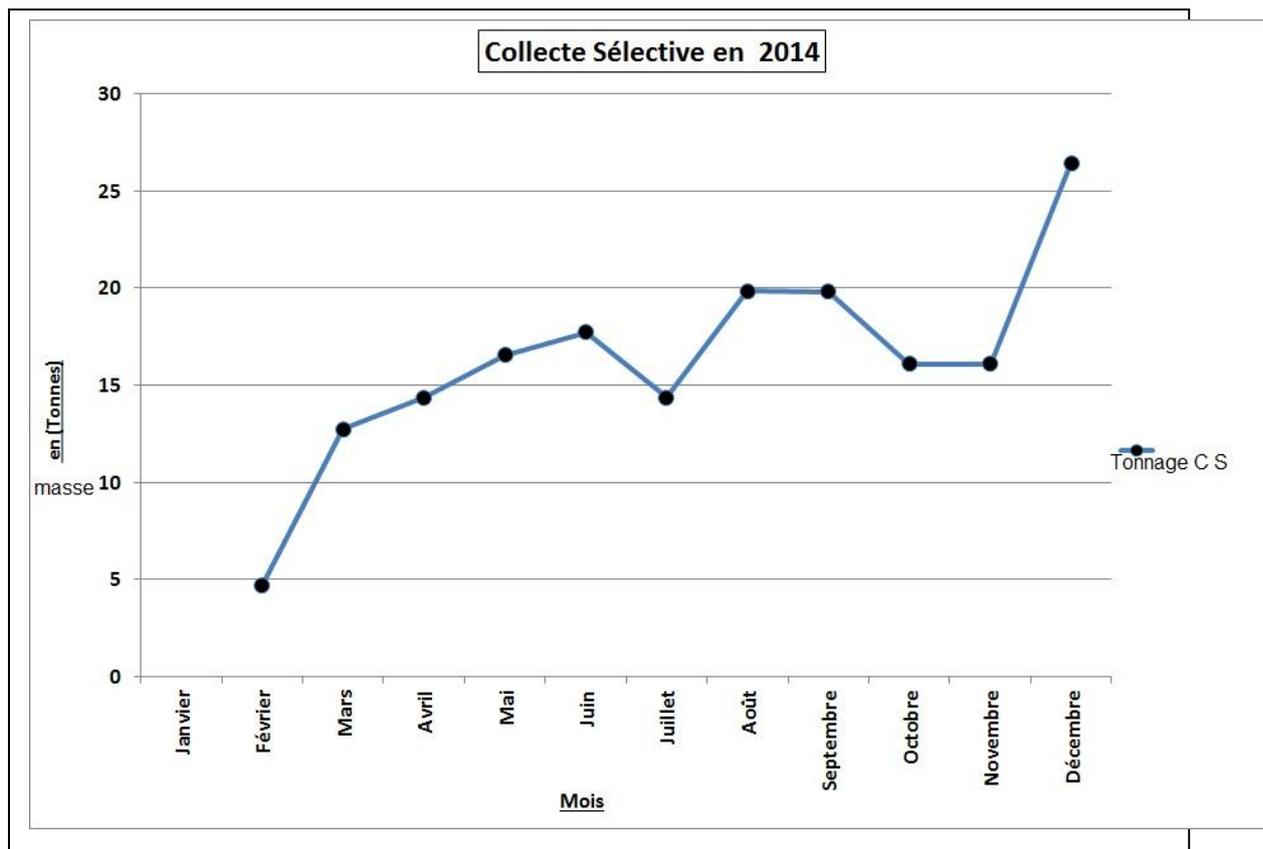


Figure 23: Variation mensuelle de le tonnage de la collecte sélective en 2014

II.2 Variation mensuelle de la fraction recyclable en 2015

La fraction recyclable connaît une variation aléatoire en 2015 avec une fluctuation en Mars de l'ordre de 40,04 Tonnes qui est la valeur maximale, et en Juillet (18,56 Tonnes) et Novembre (17,40 Tonnes), cette dernière qui est la valeur minimale. Généralement, on distingue une seule variation qui est une diminution entre Mars (40,04 Tonnes) et Juillet (18,56 Tonnes) (Figure 25).

Le tonnage est comparable entre (Figure 25) :

- Janvier (22,60 Tonnes), Février (23 Tonnes) et Juin (23,42 Tonnes) ;
- Avril (29,18 Tonnes) et Mai (29,90 Tonnes) ;
- Août (30,82 Tonnes) et Octobre (31,18 Tonnes) ;
- Septembre (25,16 Tonnes) et Décembre (25,30 Tonnes).

Ces différents constats montrent que le tonnage de la collecte sélective n'est pas lié aux conditions climatiques.

On tient à rappeler que les campagnes de sensibilisation ont eu lieu le mois Mars et Septembre pendant 15 jours. L'influence de ces campagnes paraît très clairement au mois de Mars qui enregistre le tonnage maximal de l'ordre de 40,04 Tonnes. Tandis que la deuxième campagne n'a pas eu d'effet significatif sur la collecte sélective.

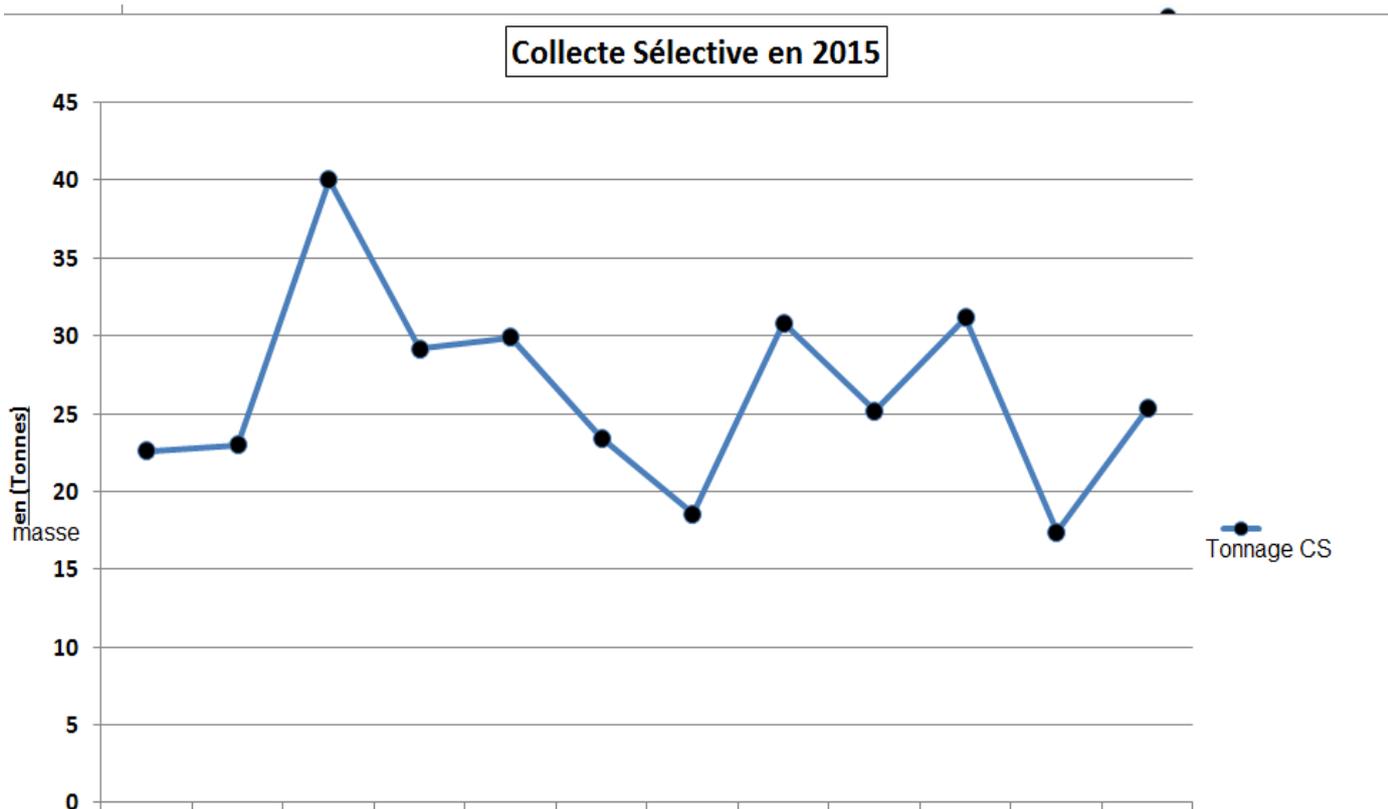


Figure 24: Variation mensuelle de le tonnage de la collecte sélective en 2015

II.3 Variation mensuelle de la fraction recyclable en 2016

La collecte sélective connaît, généralement deux variations alternatives en 2016 (Figure 26):

- Une augmentation de Janvier (22,60 Tonnes) à Juillet (30,02 Tonnes) qui coïncide avec l'augmentation progressive des températures moyennes mensuelles;
- Une diminution de Juillet (30,02 Tonnes) à Décembre (20,14 Tonnes) qui est relative à la diminution des températures moyennes mensuelles.

Le tonnage maximale est enregistré en Juillet (30,02 Tonnes), et le minimal a eu lieu en Novembre (16,85 Tonnes).

Le tonnage est comparable entre les mois secs de l'année 2016 (Figure 26) :

- Avril (21,18 Tonnes), Août (21,34 Tonnes) et Octobre (21,74 Tonnes) ;
- Mai (27,38 Tonnes) et Septembre (27,58 Tonnes).

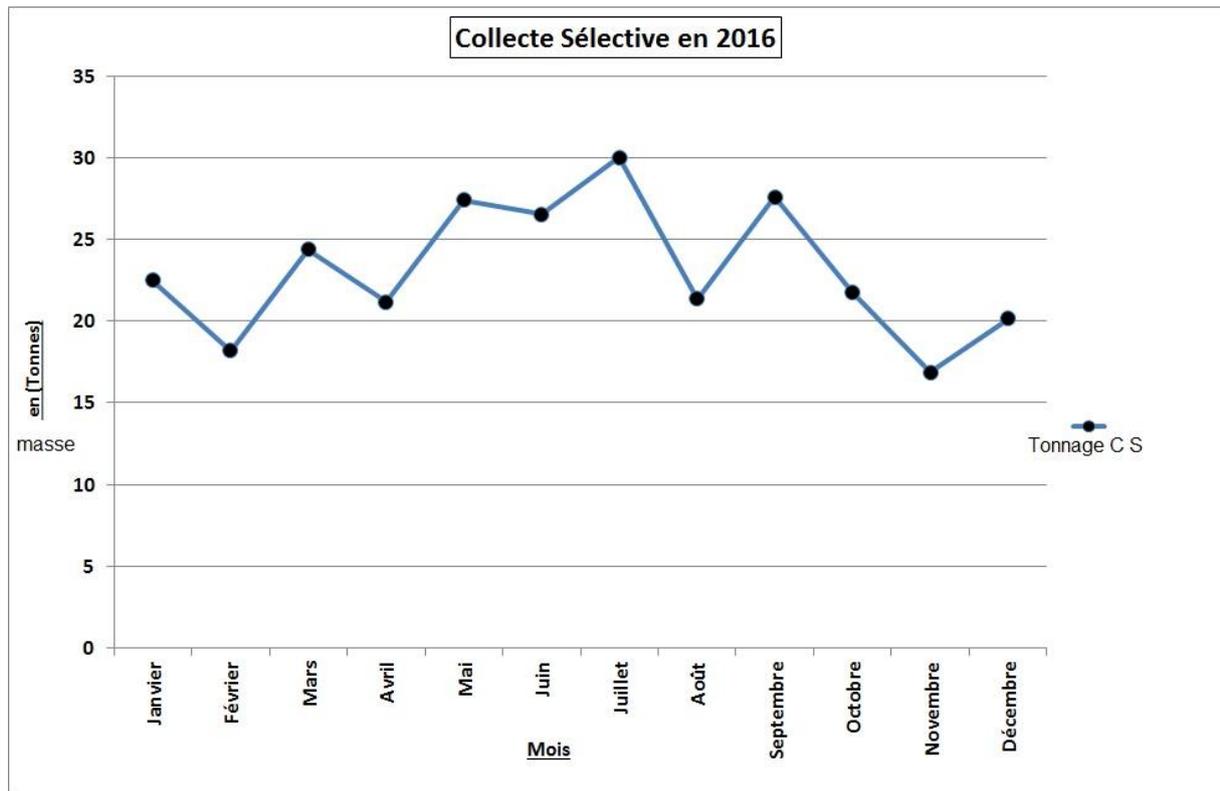


Figure 25: Variation mensuelle de le tonnage de la collecte sélective en 2016

II.4 Variation annuelle de la fraction recyclable

La fraction recyclable en 2015 enregistre des valeurs supérieures à celles de 2014 et 2016 (Tableau 22):

- La production moyenne annuelle de la fraction recyclable de la zone d'étude en 2015 est de 15,83 kg/hab.an supérieure à celle en 2014 (9,79 kg/hab.an) et celle en 2016 (13,89 kg/hab.an). Soit une production moyenne annuelle de trois ans de l'ordre de 14,86 kg/hab.an ;
- Le tonnage de 2015 (316,56 Tonnes) est supérieur à celui de 2016 (277,80 Tonnes) et de 2014 (179,50 Tonnes) ;
- La production moyenne mensuelle en 2015 (26,38 Tonnes) est supérieure à celle de 2016 (26,38 Tonnes) et de 2014 (16,32 Tonnes).

L'augmentation de la production annuelle de la fraction recyclable de la zone d'étude de 2014 à 2015 peut être expliquée par l'amélioration de la conscience des habitations et de l'efficacité du tri des déchets. Tandis que la diminution de cette fraction de 2015 à 2016 serait due à l'augmentation l'Indice des Prix à la Consommation qui en passé de 113,29 en

2015 à 115,62 en 2016 (HCP, 2017, Karkouri,2016). Ce changement peut influencer le pouvoir d'achat des ménages et baisser ainsi leur consommation et donc baisser le tonnage des déchets solides.

Tableau 22: Tonnage et la production moyenne annuelle de la zone d'étude en 2014, 2015 et 2016

Année	Moyenne mensuelle en (Tonne)	Tonnage Total en (Tonne)	Production moyenne annuelle (kg/hab.an)
2014	16,32	179,50*	9,79
2015	26,38	316,56	15,83
2016	23,15	277,8	13,89
Total	-	-	14,86

(*) Tonnage enregistré en 11 mois.

La variation du tonnage annuel de la fraction recyclable en fonction des saisons est comme suit (Figure 27) :

- En 2014, le tonnage connaît une augmentation de 16,21 Tonnes en Printemps à 19,54 Tonnes en Automne ;
- En 2015, le tonnage connaît une diminution de 28,55 Tonnes en Hiver à 24,63 Tonnes en Automne ;
- En 2016, le tonnage en période sèche (25,03 Tonnes en Printemps et 26,31 Tonnes en Eté) est supérieur à celui de la période humide (21,68 Tonnes en Hiver et 19,58 Tonnes en Automne).

Généralement, en Eté, le tonnage connaît une augmentation avec la succession des années de 2014 à 2016. Tandis qu'en Hiver, Printemps et Automne le tonnage de 2015 est supérieur à celui de 2014 et 2015 (Figure 27).

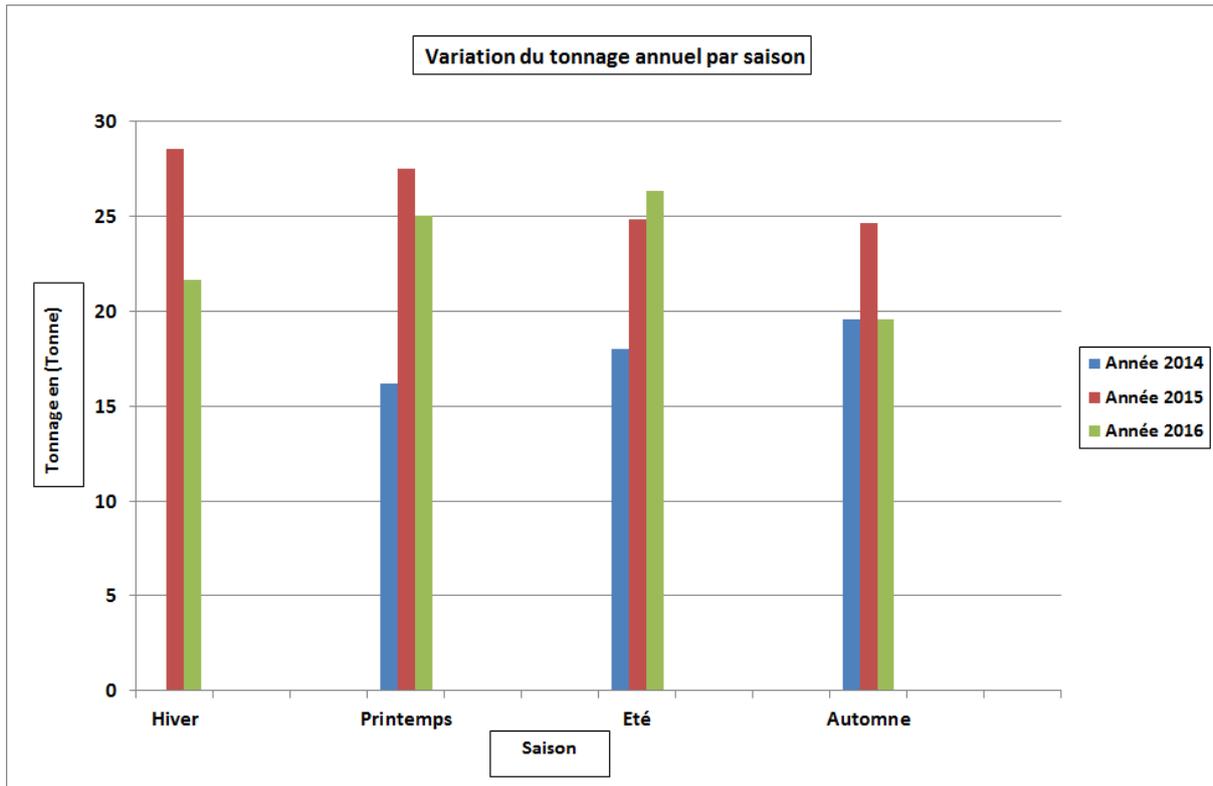


Figure 26: Variation de le Tonnage annuel en fonction des saisons

III. CARACTERISATION DE LA FRACTION RECYCLABLE EN 2014

III.1 Fraction recyclable en 2014

La fraction recyclable, des déchets solides de la zone Villa de la Ville de BENI MELLAL, a un volume moyen mensuel de 16,32 Tonnes. Elle est caractérisée par le Carton qui présente le tonnage moyen mensuel le plus important de l'ordre de 8,08 Tonnes soit 49,50% des déchets. Puis, il y a les refus et papier qui présentent respectivement un pourcentage de 19,31% et 16,05% avec un tonnage moyen mensuel de 3,15 et 2,62 Tonnes. (Tableau 23)

Les autres types de fractions recyclables des déchets présentent des tonnages moyens mensuels qui ne dépassent pas 0,69 Tonne pour l'Emballage et un tonnage minimal de 0,08 Tonne pour le Verre soit 0,51% de la fraction recyclable. Aussi, PEHD, PET et Métal présentent respectivement des tonnages moyens mensuels de 0,56 ; 0,50 et 0,18 Tonne. Les Pneus enregistrent un tonnage de 5,03 Tonnes présentant 2,80% de la fraction recyclable.

La caractérisation de la fraction recyclable révèle, généralement, des valeurs comparables entre l'emballage, le PEHD et le PET et un tonnage global de 179,50 Tonnes en 2014 dont 80,69% peuvent être valorisées soit 144,84 Tonnes. (Tableau 23)

Tableau 23: Tonnage moyen, déviation et pourcentage de la Fraction recyclable de la zone d'étude en 2014.

	Tonnage en 2014 (en Tonnes)	Moyenne (en Tonnes/mois)	Déviation	Pourcentage de la fraction (%)
Refus	34,66	3,15	0,78	19,31
Carton	88,86	8,08	3,27	49,50
Papier	28,81	2,62	0,64	16,05
Emballage	7,55	0,69	0,17	4,20
PEHD	6,18	0,56	0,14	3,44
PET	5,54	0,50	0,12	3,09
Verre	0,91	0,08	0,02	0,51
Métal	1,95	0,18	0,04	1,09
Pneus	5,03	-	-	2,80
Total	179,50	16,32	-	100

III.2 Variation du tonnage de la faction recyclable en 2014

III.2.1 Refus

Le pesage de cette fraction donne une valeur maximale de 3,92 Tonnes en Septembre et une valeur minimale de 1,43 Tonnes en Février. La variation indique trois augmentations significatives : de 1,43 à 3,83 Tonnes entre Février et Avril, de 2,73 à 3,92 Tonnes entre Juillet et Août et de 3,37 à 3,61 Tonnes entre Octobre et Décembre (Figure 12).

Généralement, le tonnage est comparable en Mai (21,38 Tonnes), Juin (20,70Tonnes), Juillet (20,16 Tonnes), Octobre (20,96 Tonnes) et Novembre (20,05 Tonnes). Aussi, en mois d'Août (14,10 Tonnes) et Décembre (13,66 Tonnes). (Figure 28)

L'augmentation du tonnage des Refus entre Février et Avril et la variation constatée entre les mois de Février-Mars et les autres mois seraient dues à l'évolution du mode de vie des habitations et au changement des pratiques de gestion des déchets. Ceci a été favorisé par les campagnes de sensibilisation, effectuées entre le début de Janvier et 5 Avril 2014, qui

ont données une dynamique positive aux ménages relative au tri à la source des déchets solides.

Les résultats obtenus, en Juillet et Août caractérisés par une diminution par rapport à la période d'Avril au Décembre, seraient dus au changement du mode de la consommation et donc la génération des déchets influencés par le mois de Ramadan qui a eu lieu en Juillet et par le climat chaud caractérisant la Ville de BENI MELLAL en Juillet et Août.

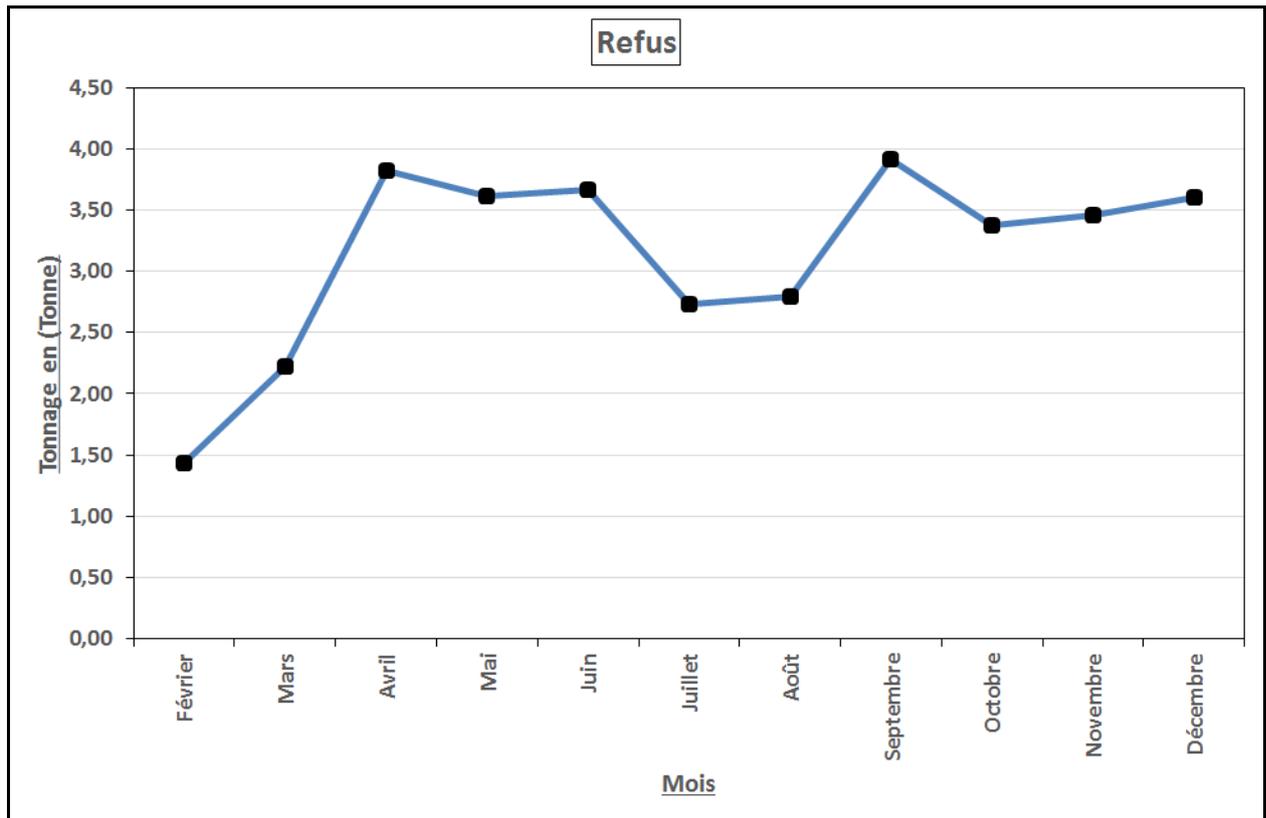


Figure 27: Diagramme de variation du tonnage moyen mensuel des Refus en 2014.

III.2.2 Carton

La variation du tonnage du Carton est trimestrielle ; elle a enregistré une augmentation de la valeur minimale 4,91 à 8,66 Tonnes entre Avril et Juin, puis une diminution de la valeur maximale 12,93 à 7,76 Tonnes entre Août et Octobre pour rebondir à 12,48 Tonnes en Décembre. (Figure 29)

Le Tonnage est comparable en Mai (7,62 Tonnes), Juillet (7,62 Tonnes), Octobre (7,76 Tonnes). Il est comparable, aussi, entre le Tonnage des mois Juin (8,66 Tonnes) et

Novembre (8,35 Tonnes) et entre Août (12,93 Tonnes) et Décembre (12,48 Tonnes). (Figure 29)

La différence de tonnage entre les mois Février, Mars et Avril avec le reste des mois, serait due à la campagne de sensibilisation réalisée dans cette période, et qui a contribué à l'augmentation de la conscience des habitations vis-à-vis à l'importance du tri à la source des déchets ce qui a aidé à l'amélioration de l'efficacité de la gestion des déchets solides. Tandis que la variation générale du Carton peut être influencée par la récupération de certaines quantités de carton par les éboueurs qui les collectent pour les revendre.

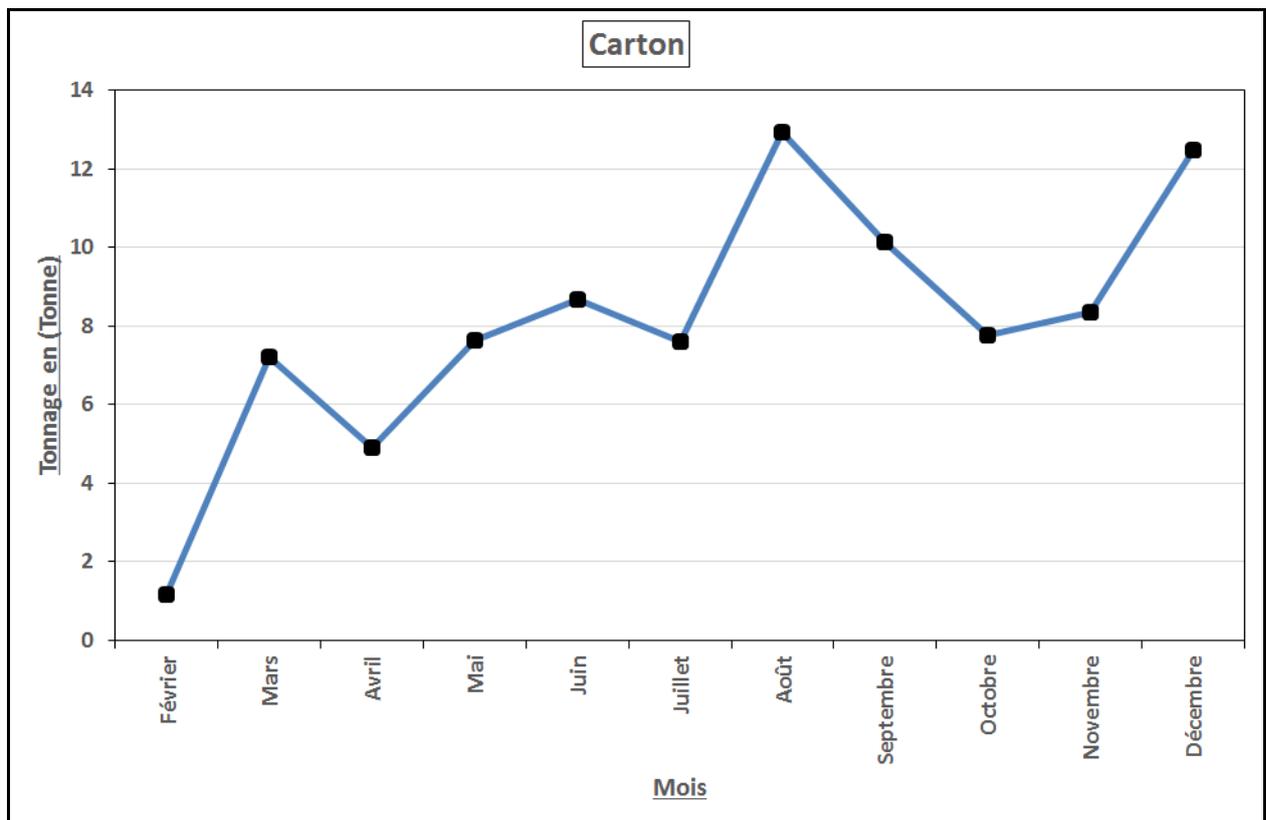


Figure 28: Diagramme de variation de le tonnage moyen mensuel du Carton en 2014.

III.2.3 Papier

Le tonnage du Papier dans la zone d'étude a enregistré trois augmentations. La première est très significative ; d'une valeur minimale 1,19 à 3,18 Tonnes entre Février et Avril. Une deuxième augmentation est progressive de 2,27 à une valeur maximale de 3,26 tonnes entre Juillet et Septembre. La dernière augmentation est linéaire de 2,80 à 3 Tonnes entre Octobre et Décembre. Cette variation est semblable à celle de la fraction Refus. (Figure 30)

La masse de la fraction papier est comparable entre les mois d'Avril (3,18 Tonnes) et Septembre (3,26 Tonnes) et entre les mois de Mai (3,01 Tonnes), Juin (3,05 Tonnes) et Décembre (3,00 Tonnes). Entre les mois de Juillet (2,27 Tonnes) et Août (2,32 Tonnes). Et entre Octobre (2,80 Tonnes) et Novembre (2,88 Tonnes). (Figure 30)

L'augmentation du tonnage du Papier entre Février et Avril et la variation constatée entre les mois de Février-Mars et les autres mois seraient dues à l'évolution du mode de vie des habitations et au changement des pratiques de gestion des déchets. Ceci a été favorisé par les campagnes de sensibilisation, effectuées entre le début de Janvier et 5 Avril 2014, qui ont données une dynamique positive aux ménages relative au tri à la source des déchets solides.

Les résultats obtenus, en Juillet et Août caractérisés par une diminution par rapport à la période d'Avril au Décembre, seraient dus aux vacances scolaires et universitaires qui contribuent à la chute de l'utilisation des papiers.

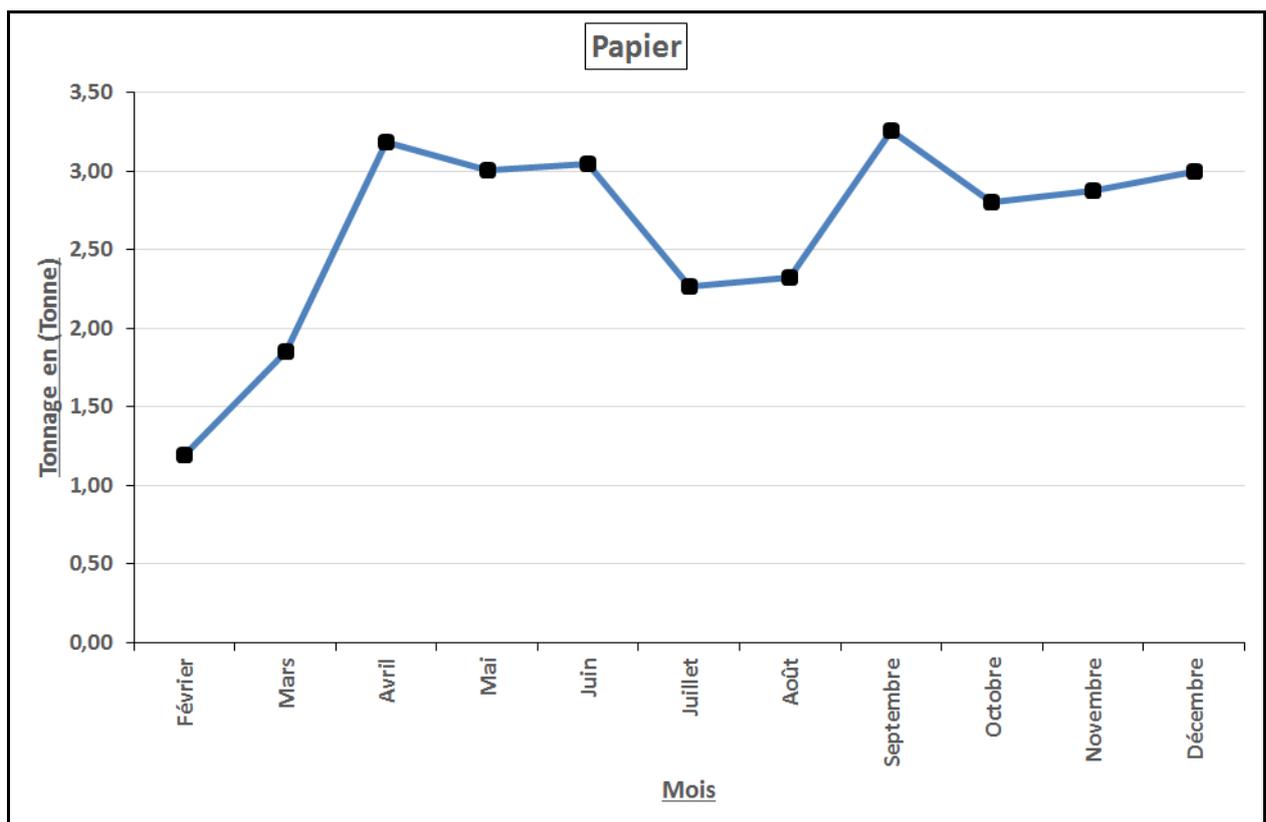


Figure 29: Diagramme de variation de le tonnage moyen mensuel du Papier en 2014.

III.2.4 Emballage

Le tonnage de l'Emballage dans la zone d'étude a enregistré trois augmentations. La première varie d'une valeur minimale 0,31 à 0,83 Tonne entre Février et Avril. Une deuxième augmentation est progressive de 0,59 à une valeur maximale de 0,85 tonne entre Juillet et Septembre. La dernière augmentation connaît une légère variation de 0,73 à 0,79 Tonne entre Octobre et Décembre. Cette variation est semblable à celle des fractions Refus et Papier. (Figure 31)

La masse de la fraction Emballage est comparable entre les mois d'Avril (0,83 Tonne) et Septembre (0,85 Tonne), entre les mois de Mai (0,79 Tonne), Juin (0,80 Tonne) et Décembre (0,79 Tonne). Entre les mois de Juillet (0,59 Tonne) et Août (0,61 Tonne). Et entre Octobre (0,73 Tonne) et Novembre (0,75 Tonne). (Figure 31)

L'augmentation du tonnage d'Emballage entre Février et Avril et la variation constatée entre les mois de Février-Mars et les autres mois, seraient dues à l'évolution du mode de vie des habitations et au changement des pratiques de gestion des déchets. Ceci a été favorisé par les campagnes de sensibilisation, effectuées entre le début de Janvier et 5 Avril 2014, qui ont données une dynamique positive aux ménages relative au tri à la source des déchets solides.

Les résultats obtenus en Juillet et Août caractérisés par une diminution par rapport à la période d'Avril au Décembre serait dû au changement du mode de la consommation et donc la génération des déchets influencés par le mois de Ramadan qui a eu lieu en Juillet et par le climat chaud caractérisant la Ville de BENI MELLAL en Juillet et Août.

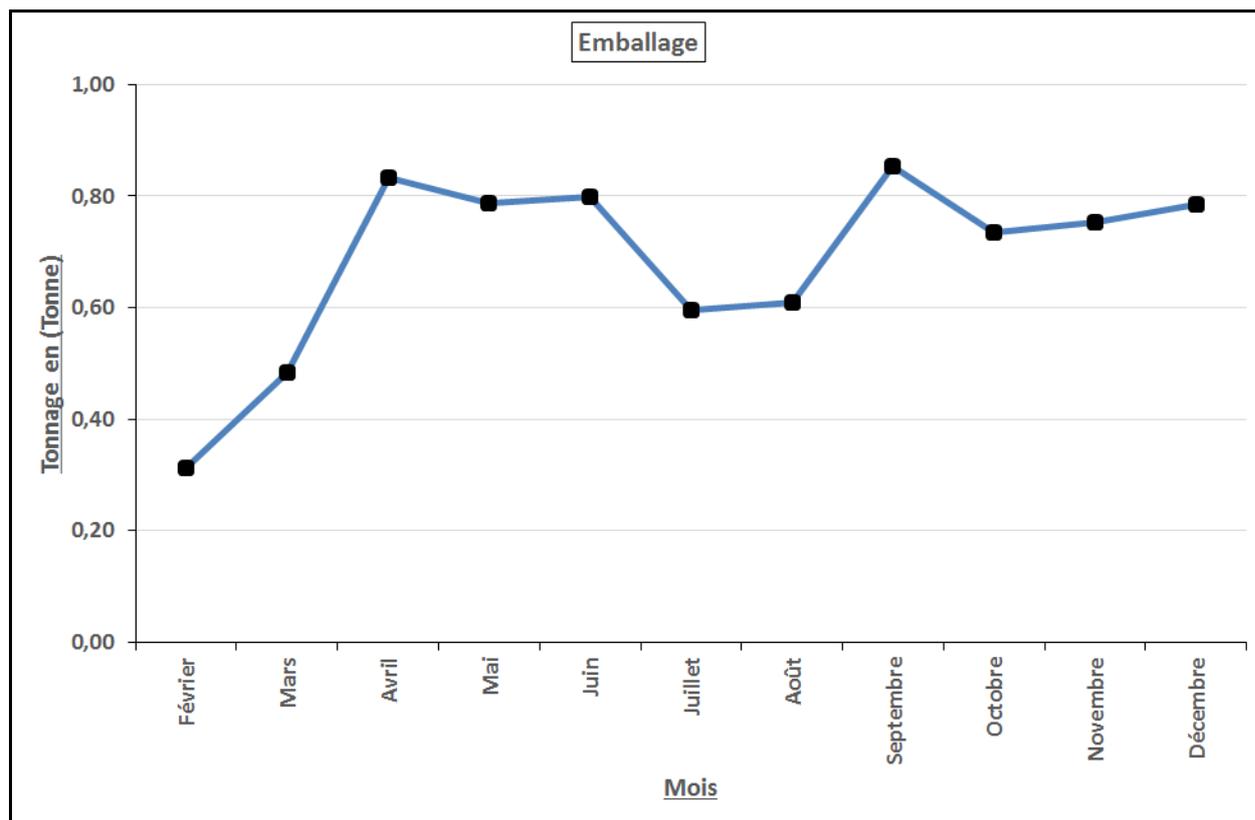


Figure 30: Diagramme de variation de le tonnage moyen mensuel de l'Emballage en 2014.

III.2.5 PEHD

Le tonnage du PEHD a donné trois augmentations. La première varie d'une valeur minimale 0,26 à 0,68 Tonne entre Février et Avril. Une deuxième augmentation est progressive de 0,49 à une valeur maximale de 0,70 tonne entre Juillet et Septembre. La dernière augmentation connaît une légère variation de 0,60 à 0,64 Tonne entre Octobre et Décembre. Cette variation est semblable à celle des fractions Refus, Papier et Emballage. (Figure 32)

La masse de la fraction PEHD est comparable entre les mois d'Avril (0,68 Tonne) et Septembre (0,70 Tonne), entre les mois de Mai et Juin (0,65 Tonne) et Décembre (0,64 Tonne). Entre les mois de Juillet (0,49 Tonne) et Août (0,50 Tonne). Et entre Octobre (0,60 Tonne) et Novembre (0,62 Tonne). (Figure 32)

L'augmentation du tonnage de PEHD entre Février et Avril et la variation constatée entre les mois de Février-Mars et les autres mois seraient dues à l'évolution du mode de vie des habitations et au changement des pratiques de gestion des déchets. Ceci a été favorisé par les campagnes de sensibilisation, effectuées entre le début de Janvier et 5 Avril 2014, qui ont données une dynamique positive aux ménages relative au tri à la source des déchets solides.

Les résultats obtenus en Juillet et Août caractérisés par une diminution par rapport à la période d'Avril au Décembre serait dû au changement du mode de la consommation et donc la génération des déchets influencés par le mois de Ramadan qui a eu lieu en Juillet et par le climat chaud caractérisant la Ville de BENI MELLAL en Juillet et Août.

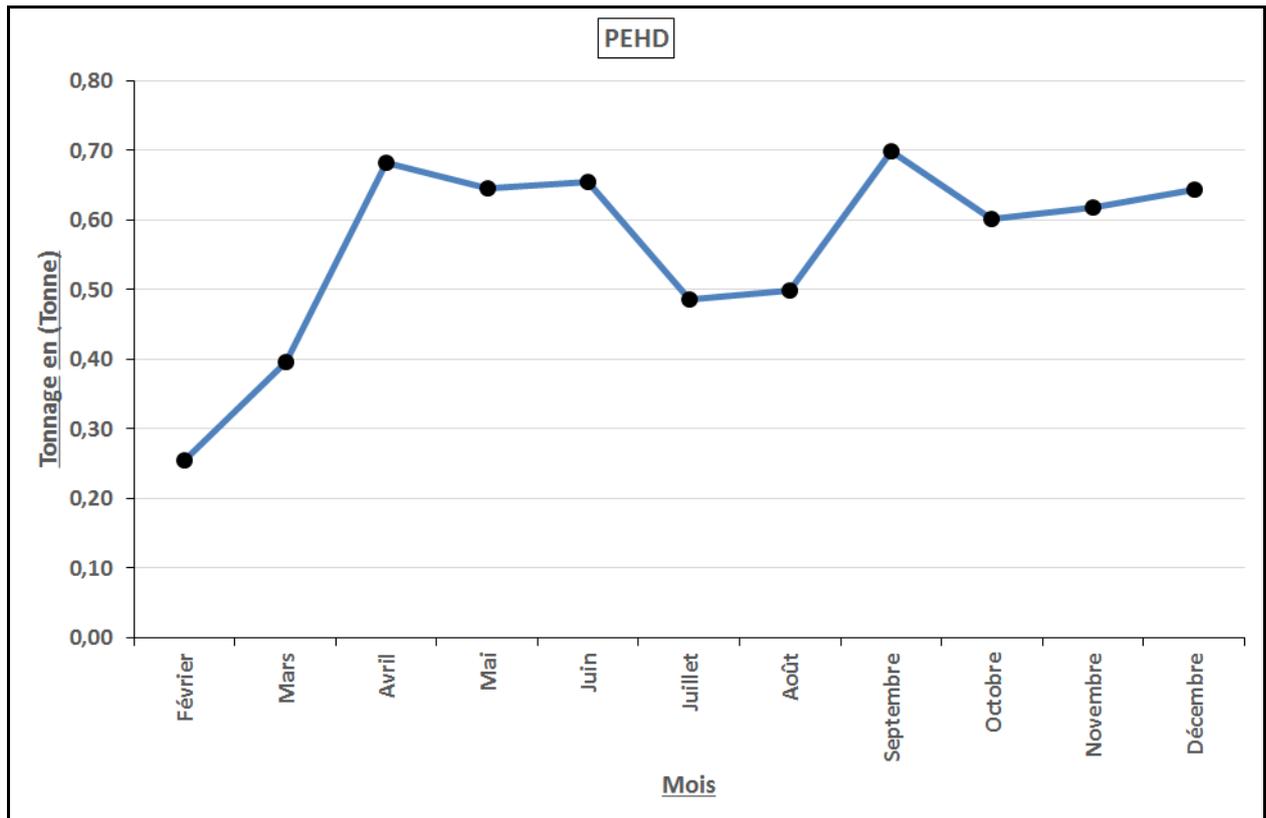


Figure 31: Diagramme de variation de le tonnage moyen mensuel de PEHD en 2014.

III.2.6 PET

Trois augmentations sont enregistrées pour le PET. La première varie d'une valeur minimale 0,23 à 0,61 Tonne entre Février et Avril. Une deuxième augmentation est progressive de 0,44 à une valeur maximale de 0,63 tonne entre Juillet et Septembre. La dernière augmentation connaît une légère variation de 0,54 à 0,58 Tonne entre Octobre et Décembre. (Figure 33)

La masse de la fraction PET est comparable entre les mois d'Avril (0,61 Tonne) et Septembre (0,63 Tonne), entre les mois de Mai et décembre (0,58 Tonne) et Juin (0,59 Tonne). Entre les mois de Juillet (0,44 Tonne) et Août (0,45 Tonne). Et entre Octobre (0,54 Tonne) et Novembre (0,55 Tonne). Cette variation est identique à celle des fractions Refus, Papier, Emballage et PEHD. (Figure 33)

On peut expliquer les résultats obtenus du PET, comme le cas de la variation du PEHD, Refus, et Emballage, par :

- L'augmentation du tonnage du PET entre Février et Avril et la variation constatée entre les mois de Février-Mars et les autres mois seraient dues à l'évolution du mode de vie des habitations et au changement des pratiques de gestion des déchets. Ceci a été favorisé par les campagnes de sensibilisation, effectuées entre le début de Janvier et 5 Avril 2014, qui ont données une dynamique positive aux ménages relative au tri à la source des déchets solides.
- Les résultats obtenus en Juillet et Août caractérisés par une diminution par rapport à la période d'Avril au Décembre serait dû au changement du mode de la consommation et donc la génération des déchets influencés par le mois de Ramadan qui a eu lieu en Juillet et par le climat chaud caractérisant la Ville de BENI MELLAL en Juillet et Août.

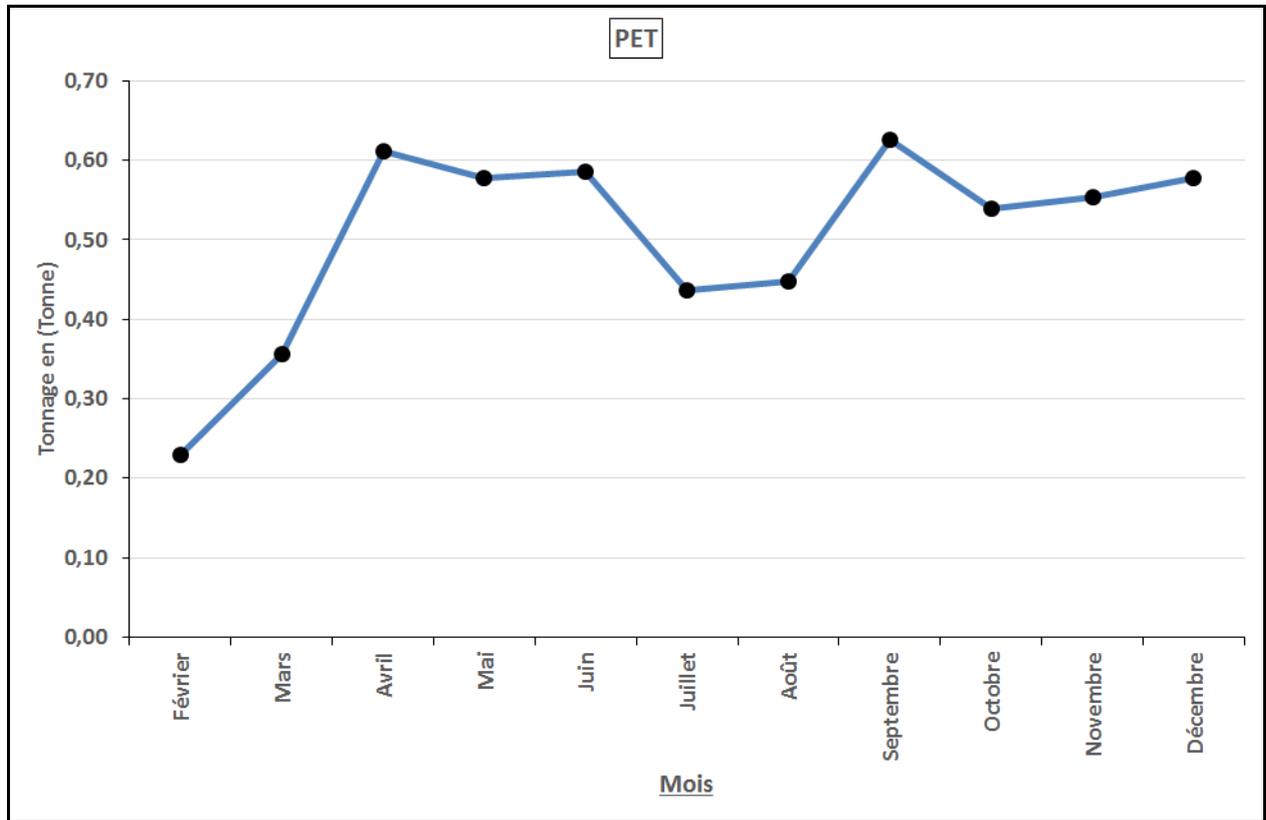


Figure 32: Diagramme de variation de le tonnage moyen mensuel (en Tonnes) de PET en 2014.

III.2.7 Verre

Le Tonnage du Verre varie légèrement entre 0,04 Tonne en Février et 0,10 Tonne en Avril, Juin et Septembre (Figure 34). Le tonnage enregistre des valeurs similaires de 0,07 Tonne en Juillet et Août, et de 0,09 Tonne en Mai, Octobre, Novembre et Décembre. Des valeurs similaires, aussi, de 0,10 Tonne enregistrées en Avril, Juin et Septembre (Figure 34).

L'augmentation du tonnage du verre entre Février et Mars et les autres mois seraient dues à l'évolution du mode de vie des habitations et au changement des pratiques de gestion des déchets. Ceci a été favorisé par les campagnes de sensibilisation, effectuées entre le début de Janvier et 5 Avril 2014, qui ont données une dynamique positive aux ménages relative au tri à la source des déchets solides.

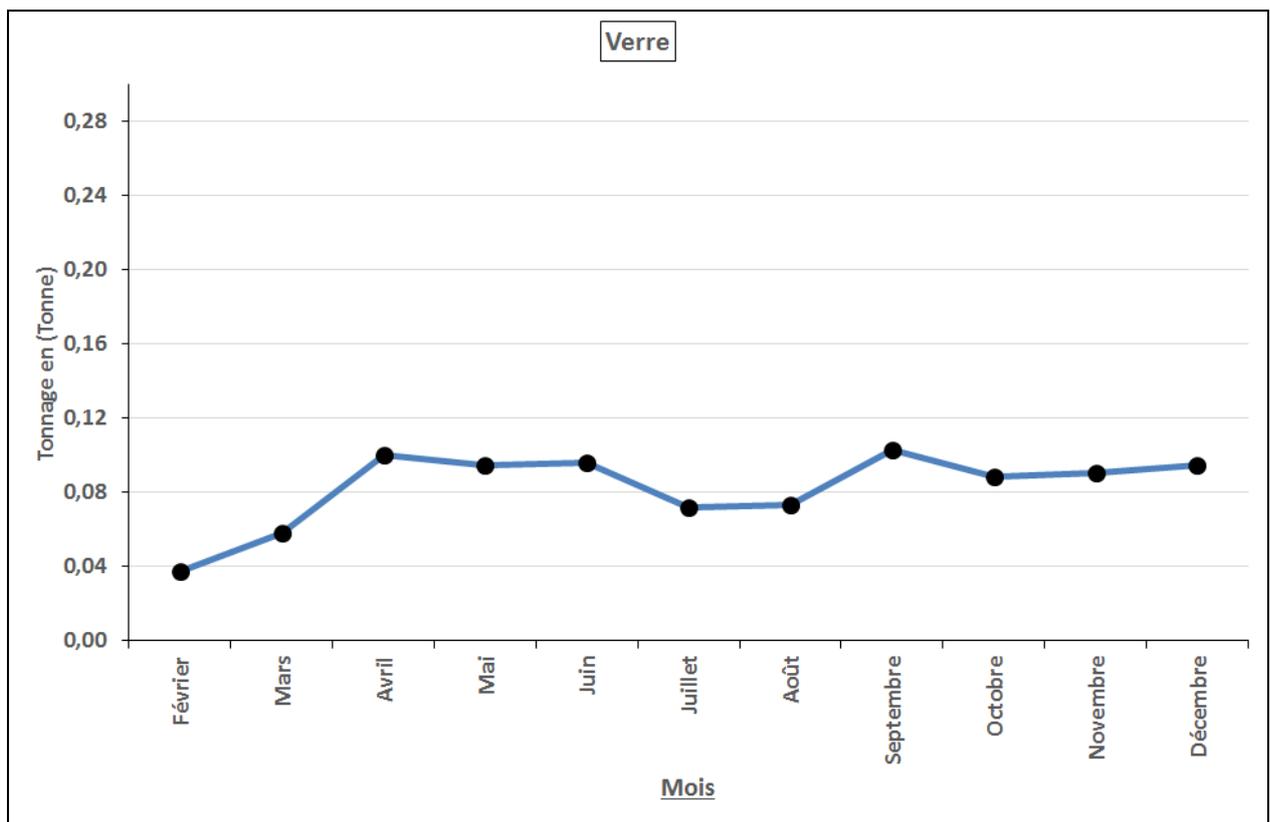


Figure 33: Diagramme de variation de le tonnage moyen mensuel du Verre (en Tonne) en 2014.

III.2.8 Métal

Les résultats de la fraction du métal montrent qu'elle varie entre 0,08 Tonne en Février et 0,22 Tonne enregistrée en Avril et Septembre (Figure 35).

Les résultats montrent, aussi, deux augmentations ; de 0,08 à 0,22 Tonne entre Février et avril et de 0,15 à 0,22 Tonne entre Juillet et Septembre (Figure 35).

Des valeurs similaires sont enregistrées, de 0,22 Tonne en Avril et Septembre, et de 0,20 Tonne en Mai, Novembre et Décembre (Figure 35).

On peut expliquer les résultats obtenus du Métal, comme le cas de la variation du Carton, par :

- La différence de tonnage entre les mois Février, Mars et Avril avec le reste des mois, serait due à la campagne de sensibilisation réalisée dans cette période, et qui a contribué à l'augmentation de la conscience des habitations vis-à-vis à l'importance du tri à la source des déchets ce qui a aidé à l'amélioration de l'efficacité de la gestion des déchets solides.
- La variation générale du Métal peut être influencée par la récupération de certaines quantités par les éboueurs qui le collecte pour le revendre.

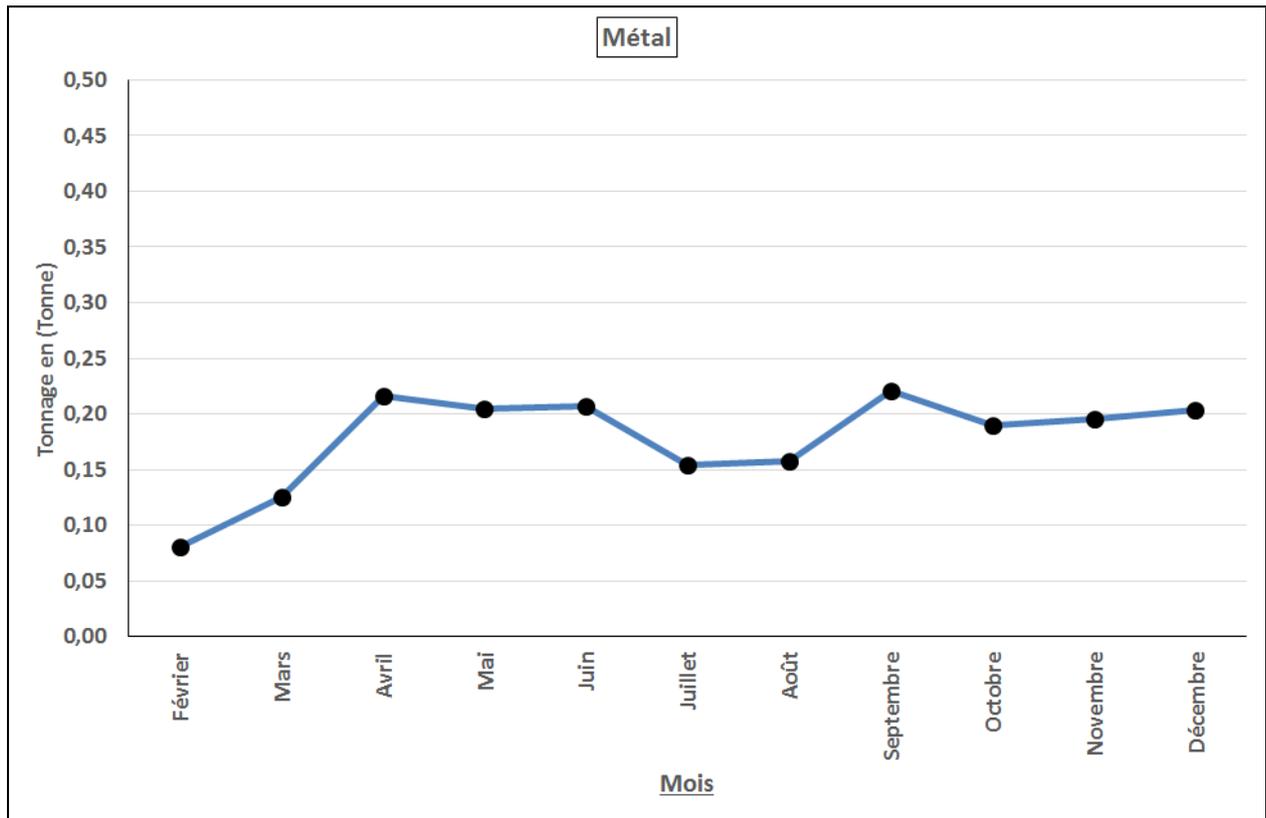


Figure 34: Diagramme de variation de le tonnage moyen mensuel du Métal (en Tonne) en 2014.

III.2.9 Pneu

Cette fraction, qui a connu deux campagnes d'échantillonnage, est de l'ordre de 5,03 tonnes.

III.3 Analyse statistique

L'analyse statistique, de la fraction recyclable des déchets solides de la zone villa de la ville de BENI MELLAL par le Test de Pearson, a montré (Tableau 24) :

- Qu'il n'y a pas de corrélations significatives entre le Carton et le reste de la fraction recyclable ;
- Qu'il y a des corrélations très significatives entre le reste de la fraction recyclable ;
- Que les corrélations entre la fraction Refus, Papier, Emballage, PEHD et PET sont très significatives ($P=1$) ;
- Que la corrélation entre le verre et le métal et le reste de la fraction recyclable est très significative ($0,989 \leq P \leq 0,997$).

Nos résultats ont montré qu'il n'y a pas de corrélation entre le carton et le reste des fractions recyclables. Ces dernières qui enregistrent une variation similaire entre elle. En outre, la variation de la fraction recyclable ne tient pas compte des saisons et des périodes de vacances.

Tableau 24: Corrélation de Pearson entre les fractions recyclables des déchets solides de la zone d'étude

	Refus	Carton	Papier	Emballage	PEHD	PET	Verre
Carton	0,503						
Papier	1,000	0,501					
Emballage	1,000	0,508	1,000				
PEHD	1,000	0,500	1,000	1,000			
PET	1,000	0,511	1,000	1,000	1,000		
Verre	0,990	0,439	0,990	0,989	0,989	0,990	
Métal	0,997	0,493	0,997	0,996	0,996	0,996	0,993

III.4 Composition moyenne annuelle par habitant de la fraction recyclable

La composition de la fraction recyclable montre que l'habitant de la zone d'étude (Zone villa) de la ville de BENI MELLAL produit 14,86 kg/hab.an (9,79Kg/hab.an en 2014).

La moitié de la fraction recyclable produite en 2014 est caractérisée par le Carton (4,85 kg/hab.an). Le reste de la fraction est caractérisé par la production de 1,57 kg/hab.an de papier, de 0,41 kg/hab.an d'Emballage, de 0,64 kg/hab.an de Plastique (PEHD et PET), de 0,05 kg/hab.an du Verre, de 0,11 kg/hab.an du métal et 0,27 kg/hab.an en Pneu. Or, la production de Refus qui ne sont pas valorisable est de 1,89 kg/hab.an. (Tableau 25)

La comparaison de cette composition avec celle d'un pays développé tel que la France et un pays en développement tel que la Tunisie, montre que l'habitant de la zone villa de la ville de BENI MELLAL produit moins de fraction recyclable que celle de la Tunisie (Ben Ammar, 2006) et de la France (ADEME, 1999) (Tableau 14). La comparaison est comme suit (Tableau 25) :

- 4,85 kg de Carton contre 21 kg pour la Tunisie (soit 4 fois moins) et 39 kg pour la France (soit 8 fois mois) ;

- 1,57 kg de Papier contre 22 kg (soit 14 fois moins) pour la Tunisie et 67kg (soit 42 fois moins) pour la France ;
- 0,64 kg de Plastique contre 12 kg (soit 18 fois moins) pour la Tunisie et 46Kg pour la France ;
- 0,05 kg de verre contre 5 kg pour la Tunisie et 54kg pour la France ;
- 0,11kg de Métal contre 7kg pour la Tunisie et 17 kg pour la France.

Tableau 25: Comparaison de la Composition annuelle moyenne par habitant (en kg/hab.an) de la fraction recyclable de la zone villa de la ville de BENI MELLAL avec celle de la Tunisie (Ben Ammar, 2006) et la France (ADEME, 1999).

Fraction	Zone d'étude	Tunisie ⁽³⁾	France ⁽⁴⁾
Refus	1,891	-	-
Carton	4,847	21	39
Papier	1,572	22	67
Emballage	0,412	-	-
Plastique	0,64	12	46
Verre	0,050	5	54
Métal	0,107	7	17
Pneus	0,274	-	-

⁽³⁾ Ben Ammar, 2006 ; ⁽⁴⁾ ADEME, 1999

La comparaison des fractions recyclables de la zone d'étude avec celles de Québec (Bilan sur la gestion des déchets au Québec, 2002), et l'Université Hassan II-Mohammedia (El maguiri et al. 2014) a montré que la fraction recyclable de la zone d'étude (Tableau 26) :

- En Carton (49,50%) et Papier (16,05%) est inférieure à celle de Québec (84,80%) et supérieure à celle de l'Université Hassan II-Mohammedia (9,70% en Carton et 10,80 en Papier) ;
- En PET et PEHD (6,53%) est supérieure à celle de Québec (3,10%) et inférieure à celle de l'Université Hassan II-Mohammedia (15,40%) ;
- En verre (0,51%) est supérieure à celle de Québec (8,50%) et inférieure à celle de l'Université Hassan II-Mohammedia (0,30%) ;
- En métal (1,09%) est inférieure à celle de Québec (3,70%) et l'Université Hassan II-Mohammedia.

Tableau 26: Comparaison des fractions recyclables de la zone d'étude avec celles de Québec (Bilan sur la gestion des déchets au Québec, 2002) et l'Université Hassan II-Mohammedia (El maguiri et al. 2014) (en %)

Fractions	Zone d'étude		Québec ⁽¹⁾	Université Hassan II-Mohammedia ⁽²⁾
Refus	19,31		-	-
Carton	49,50	65,55	84,80	9,70
Papier	16,05			10,80
Emballage	4,20		-	-
PET	3,09	6,53	3,10	15,40
PEHD	3,44			
Verre	0,51		8,50	0,30
Métal	1,09		3,70	2,50
Pneus	2,80		-	-

⁽¹⁾ Bilan sur la gestion des déchets au Québec, 2002 ; ⁽²⁾ El maguiri et al. 2014

IV. CONCLUSION

La caractérisation de la fraction recyclable de la zone villa de la zone d'étude permet de conclure que :

- La production moyenne mensuelle de la fraction recyclable des déchets est de 16,32 Tonnes répartie en 8,08 Tonnes de Carton, de 2,62 Tonnes de Papier, de 0,69 Tonne d'Emballage, 0,56 Tonne de PEHD, 0,50 Tonne de PET, 0,18 Tonne de Métal et 0,08 Tonne de Verre ;
- La variation de la fraction recyclable ne tient pas compte des saisons et des périodes de vacances ;
- La composition de la fraction recyclable est importante en Carton (49,50%) et faible en verre (0,51%) et métal (1,09%) ;
- L'habitant de la Zone villa de la ville de BENI MELLAL produit 14,86 kg/hab.an (9,79Kg/hab.an en 2014) de fraction recyclable. La moitié de la fraction produite en 2014 est caractérisée par le Carton (4,85 kg/hab.an). Le reste de la fraction varie entre

1,57 et 0,05 kg/hab.an. Tandis que la production de Refus qui ne sont pas valorisable est de 1,89 kg/hab.an.

La comparaison de la composition de la fraction recyclable de la zone villa de la zone d'étude avec d'autres zones a permis de conclure que la production de déchets recyclables est très faible dans la zone villa de la ville de BENI MELLAL.

CHAPITRE II : CARACTERISATION DES ORDURES MENAGERES DE LA VILLE DE BENI MELLAL

I. INTRODUCTION

Le choix du nombre de catégories, suivant lesquelles les déchets sont triés, dépend des objectifs de l'étude et des moyens disponibles pour réaliser celle-ci. Toutefois, les principales composantes d'une poubelle ménagère et des déchets urbains solides (DUS) en général restent celles répertoriées par l'ADEME dans le MODECOM en 1993 (MODECOM, 1993) et reprise dans la norme française XP X 30-408 (AFNOR, 1996). Il s'agit des putrescibles, du papier, du carton, des textiles, des textiles sanitaires, des plastiques, des combustibles non classés, des combustibles non classés, du verre, des métaux, des spéciaux et des fines. Cependant, pour des objectifs spécifiques visés par la caractérisation, certains auteurs se limitent à quelques-unes de ces catégories.

Il est toutefois important de signaler que la détermination de tous ces paramètres n'est pas toujours nécessaire. Il est souvent suffisant d'analyser un seul groupe spécifique pour répondre à une question donnée sur la gestion des déchets.

Dans ce chapitre, nous allons caractériser les Ordures Ménagères de la ville de BENI MELLAL à travers la détermination du tonnage des Ordures Ménagères entre 2014 et 2016, tout en précisant la production journalière des déchets solides par l'habitant de la ville. Puis la classification des déchets de la ville en 10 catégories avec leurs sous-catégories durant six jours. Afin de mettre en évidence la production journalière des ménages en déchets solides.

II. TONNAGE DES ORDURES MENAGERES DE LA VILLE BENI MELLAL

II.1 Variation mensuelle et annuelle du Tonnage des ordures ménagères de la ville de BENI MELLAL

En 2014, le tonnage des ordures ménagères de la ville de BENI MELLAL connaît une augmentation entre Janvier et Juillet d'une valeur minimale de 3530,50 Tonnes à une valeur maximale de 5808,14 Tonnes. Puis une diminution jusqu'à 4349,63 Tonnes en Septembre (Figure 36). Le tonnage maximal est enregistré au mois de Ramadan tandis que le minimal a eu lieu au début de l'hiver.

Le tonnage en 2015 a connu une augmentation d'une valeur minimale de 4045,14 Tonnes en Février à une valeur maximale de 5756,29 Tonnes en Juillet. Puis diminue jusqu'à 4296,45 en Décembre (Figure 36).

La variation du tonnage des OM en 2016 est représentée par une augmentation de 4044,93 Tonnes en Février à une valeur maximale de 5242,08 Tonnes en Juillet. Puis une diminution jusqu'à une valeur minimale de 3403,94 Tonnes en Novembre (Figure 36).

La variation du tonnage mensuelle est comparable entre 2014, 2015 et 2016. Avec l'enregistrement du tonnage maximal dans le même mois (Juillet) entre les trois années et le tonnage minimal dans le même mois pour 2015 et 2016.

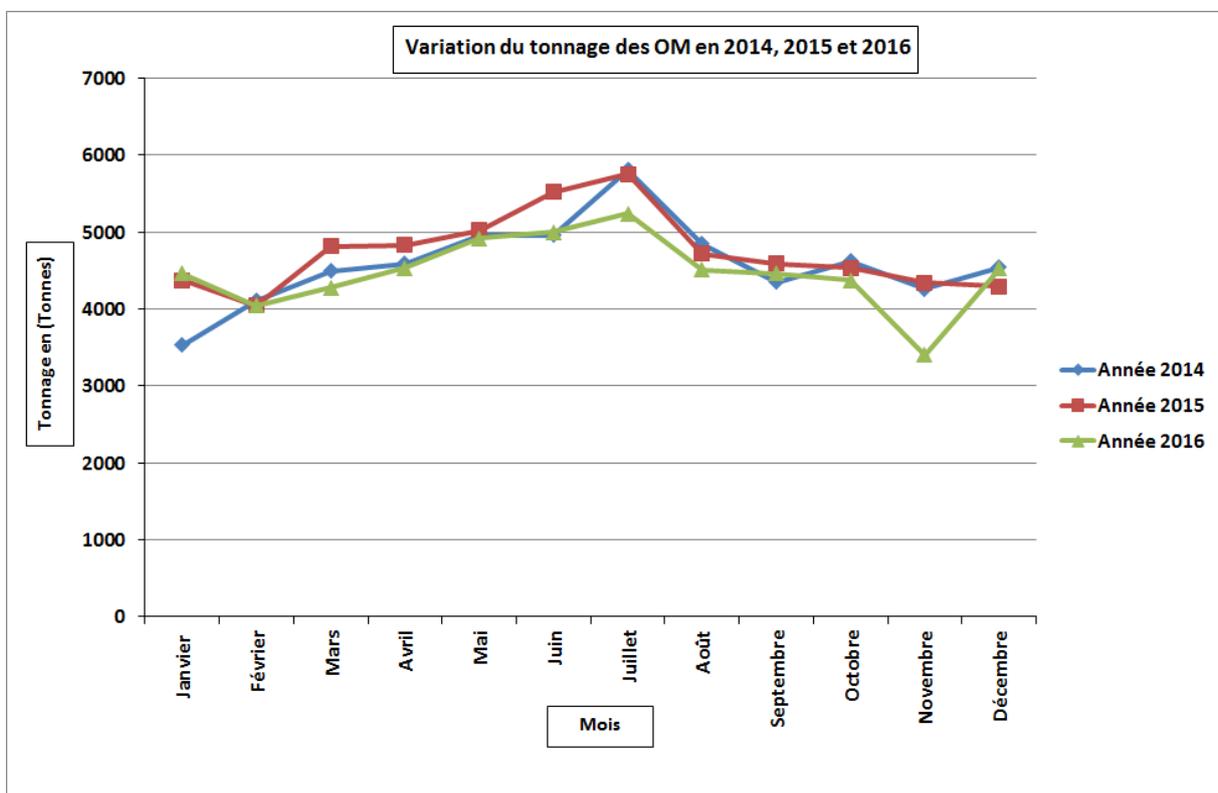


Figure 35: Variation du tonnage des Ordures ménagères en 2014, 2015 et 2016

La comparaison des résultats obtenus lors des trois dernières années (2014, 2015 et 2016) a révélé que (Tableau 27) :

- Le tonnage en 2015 (56849,53 Tonnes) est supérieur à celui de 2014 (55068,56 Tonnes) qui est supérieur à celui de 2016 (53747,97 Tonnes) ;
- Le tonnage moyen mensuel en 2015 (4737,46 Tonnes) est le plus important tandis que celui de 2016 est le moins important (4479 Tonnes) ;

- Le tonnage moyen mensuel des ordures ménagères de la ville de BENI MELLAL est 4601,84 Tonnes (moyenne des trois dernières années) ;
- L’habitant de la ville de BENI MELLAL a produit en 2015 0,3 Tonne/hab/an (soit 0,808 kg/hab/j). En 2014, il a produit 0,29 Tonne/hab/an (soit 0,783 kg/hab/j). Tandis qu’en 2016, on a enregistré 0,28 Tonne/hab/an (soit 0,762 kg/hab/j) ;
- L’habitant de la ville de BENI MELLAL produit 0,287 Tonne/hab/an (soit 0,785 kg/hab/j) des Ordures ménagères.

Le tonnage produit par l’habitant de la ville de BENI MELLAL qui est de 0,785 kg/hab/j est supérieure à celui de la ville de RABAT (Guibbert, 1998).

Tableau 27: Tonnage total et moyen mensuel et la production des déchets par les habitants

	2014	2015	2016
Tonnage total (en Tonnes)	55 068,56	56 849,53	53 747,97
Tonnage moyen mensuel (en Tonnes)	4 589,05	4 737,46	4 479,00
Production annuelle des OM (Tonne/hab/an)	0,29	0,30	0,28
Production journalière des OM (kg/hab/j)	0,783	0,808	0,762

II.2 Tonnage durant la période d’étude

Afin de mettre en exergue l’influence du niveau de vie populations et le type d’habitat sur la production des déchets solides dans la ville de BENI MELLAL, on a comparé le tonnage des ordures ménagères des 9 secteurs de la ville durant six jours du Lundi au Samedi.

Les résultats de cette comparaison, a révélé que le secteur 9, qui est caractérisé par des immeubles (R+3 et R+2) la Faculté des Sciences et Techniques la Faculté Polydisciplinaire et la Cité Universitaire, est le plus générant des déchets solides durant les 6 jours de la période d’étude avec un Tonnage globale de 66,59 Tonnes. Suivi respectivement du secteur 1 (65,39 Tonnes), secteur 5 (61,29 Tonnes), secteur 8 (59,85 Tonnes) et secteur 4 (50 Tonnes). Tandis que le secteur 3 est le moins générant de déchets avec un tonnage 13,50 Tonnes. Rappelant que ce secteur comprend des maisons traditionnelles, des immeubles (R+3 et R+2) et des douars. (Tableau 28)

Par ailleurs, le tonnage des secteurs 1, 2, 4 et 9 connaît : une augmentation entre la période 2015 (MBM, 2015) et la période de l’étude qui est en 2016. Ce tonnage reste comparable dans

les secteurs 3, 5, 6 et 8 entre les deux périodes. Tandis qu'il diminue de 2,16 Tonnes dans le secteur 7 (Tableau 28). Généralement, la masse des déchets solides connaît une accroissance entre 2015 et la période d'étude, passant de 449,75 Tonnes en 2015 (MBM, 2015) à 449,75 Tonnes durant la période d'étude (Tableau 28).

Tableau 28: Comparaison de la Masse des déchets solides des secteurs durant la période d'étude avec celle enregistrée en 2015 (MBM, 2015)

Secteurs	Masse (en Tonne)	Masse en 2015 (MBM, 2015)
Secteur 1	65,39	59,68
Secteur 2	40,33	39,19
Secteur 3	13,5	12,74
Secteur 4	50	45,34
Secteur 5	61,29	61,92
Secteur 6	53,6	52,7
Secteur 7	39,2	41,36
Secteur 8	59,85	59,52
Secteur 9	66,59	57,02

II.3 Tonnage des Ordures ménagères par secteur

La caractérisation des déchets solides de chaque secteur de collecte de la ville de BENI MELLAL, permet de donner un aperçu sur le mode de consommation et la variation de la production des déchets solides durant la semaine.

Cette caractérisation a été réalisée par l'interprétation des résultats obtenus lors du pesage des déchets solides collectés d'un seul passage dans chaque secteur entre le Lundi et Samedi.

II.3.1 Secteur 1

Le tonnage des déchets solides du secteur 1 connaît deux augmentations. La première de l'ordre de 14,1% d'une valeur de 10,29 Tonnes enregistrée le lundi à 11,74 Tonnes en Mercredi milieu de la semaine. La deuxième augmentation est de l'ordre de 34,57% d'une valeur minimale de l'ordre de 9,14 enregistrée le Jeudi à une valeur maximale de l'ordre de 12,3 Tonnes durant le Samedi fin de la semaine (Figure 37).

Dans ce secteur qui comprend des maisons traditionnelles, immeubles (R+3 et R+2), des douars et une zone industrielle, la production des déchets est importante lors de la fin de la semaine et minimale le jeudi. Le samedi connaît une fréquentation importante dans ce secteur, du fait que c'est une journée de repos des fonctionnaires et des élèves des écoles privées et journée de travail des employés de la zone industrielle. Cela augmentera la consommation des personnes fréquentant ce secteur. Tandis que le jeudi qui enregistre le tonnage minimal lors de la période d'étude et qui est comparable au Lundi et Mardi, est une journée qui connaît la fréquentation des employés de la zone industrielle durant les horaires de travail et des habitants le soir. Donc, la variation du tonnage de ce secteur peut être liée à l'activité des habitants et le type des aménagements existants.

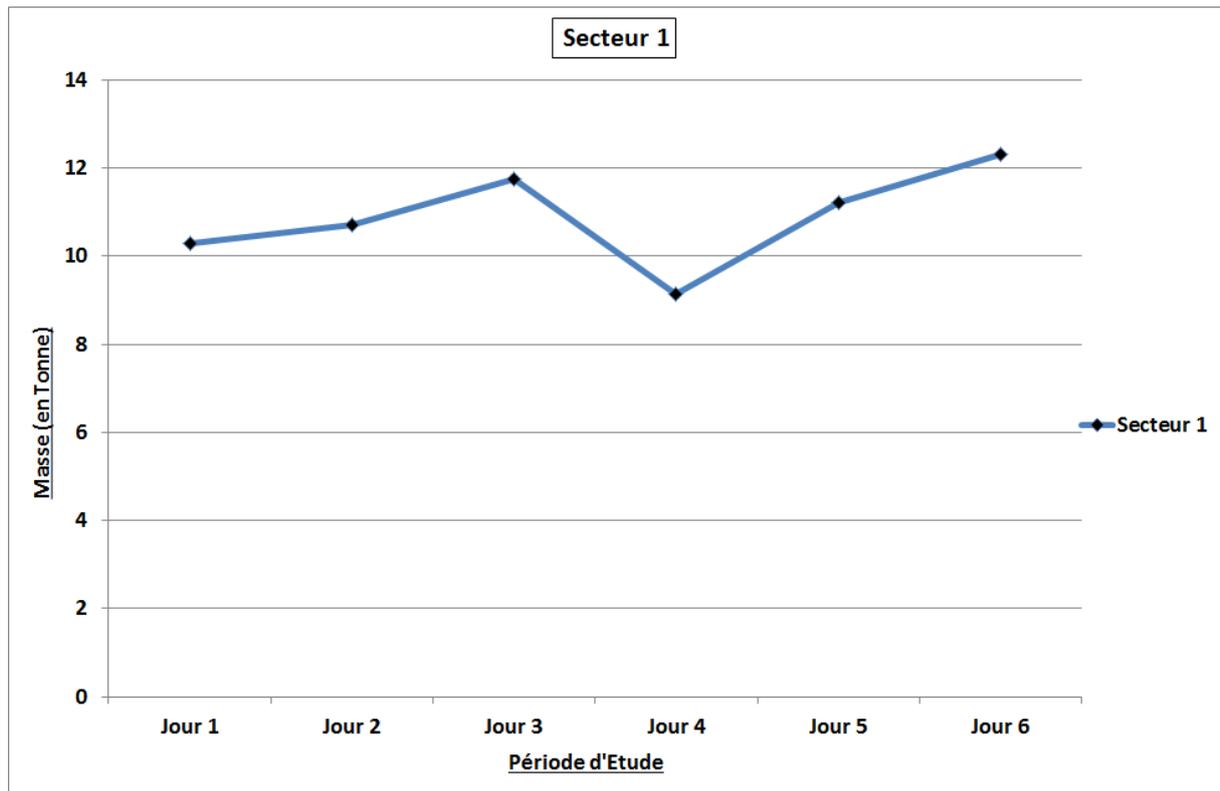


Figure 36: Variation du Tonnage du Secteur 1 durant la période d'étude

II.3.2 Secteur 2

Le secteur 2 est caractérisé par des immeubles (R+5, R+4, R+3, R+2) et une zone villa. L'habitation de ce secteur a engendré des déchets solides dont la variation durant la période d'étude est sinusoïdale avec une fluctuation de 81% entre le lundi (5,08 Tonnes) et le mardi (9,2 Tonnes). Le tonnage maximal est enregistré le Mardi (9,2 Tonnes), tandis que le tonnage minimal est observé le Jeudi (4,31 Tonnes).

Généralement, la variation sinusoïdale est différente et dépasse 21%. En effet, elle est de 21,41% entre le mardi et mercredi (7,23 Tonnes), de 40,39% entre mercredi et jeudi (4,31 Tonnes), de 50,81% entre jeudi et vendredi (6,5 Tonnes) et de 23,23% entre vendredi et samedi (8,01 Tonnes) (Figure 38).

Cette variation montre que la consommation quotidienne des habitations est importante le jour du souk hebdomadaire le mardi et le samedi à la fin de la semaine qui est un jour de repos pour les fonctionnaires et certains employés et qui connaît une fréquentation des ménages le long de la journée ce qui signifie une augmentation de la consommation.

Ceci indique que le renforcement des équipes de la collecte des déchets solides peut être réalisé lors des tonnages maxima enregistrés le mardi et à la fin de la semaine.

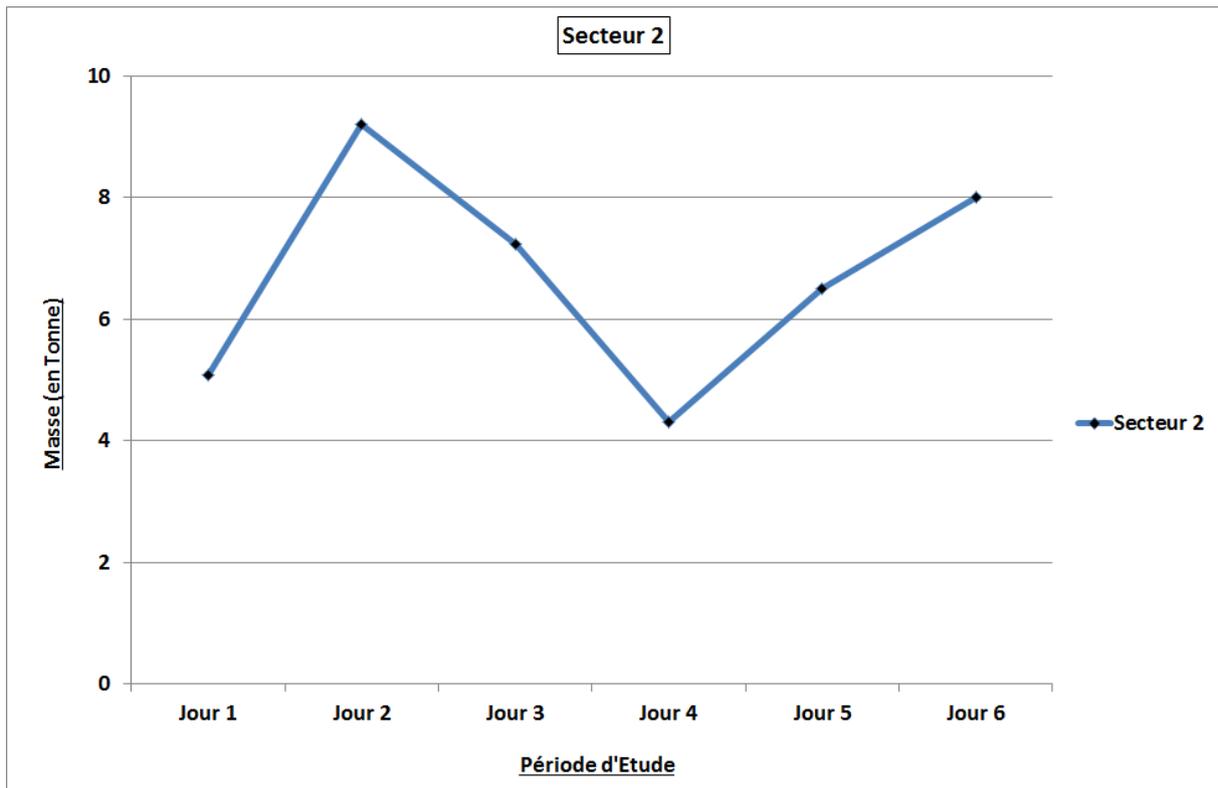


Figure 37: Variation du Tonnage du Secteur 2 durant la période d'étude

II.3.3 Secteur 3

Le tonnage de ce secteur connaît deux augmentations entre lundi (1,7 Tonnes) et jeudi (2,7 Tonnes) puis entre un tonnage minimal de 1,4 Tonnes enregistré le jeudi et 2,8 Tonnes le samedi. La variation la plus importante est présentée par une augmentation de 71,43% entre le vendredi et jeudi, tandis que la moins importante est de l'ordre de 16,67% enregistrant une légère augmentation entre le vendredi (2,4 Tonnes) et le samedi (2,8%) (Figure 39).

La masse maximale est enregistrée le samedi (2,8 Tonnes) et la masse minimale a eu lieu le jeudi.

Certes, la masse maximale est de 2,8% enregistrée le samedi. Cependant, elle reste comparable avec les masses observées le mardi (2,5 Tonnes), le mercredi (2,7 Tonnes) et vendredi (2,4 Tonnes). Ces jours coïncident, respectivement, avec le jour du Souk hebdomadaire, le mercredi qui est connaît le repos des élèves l'après-midi, et le vendredi qui est une journée religieuse. Généralement, ces journées connaissent une augmentation de la consommation de l'habitation.

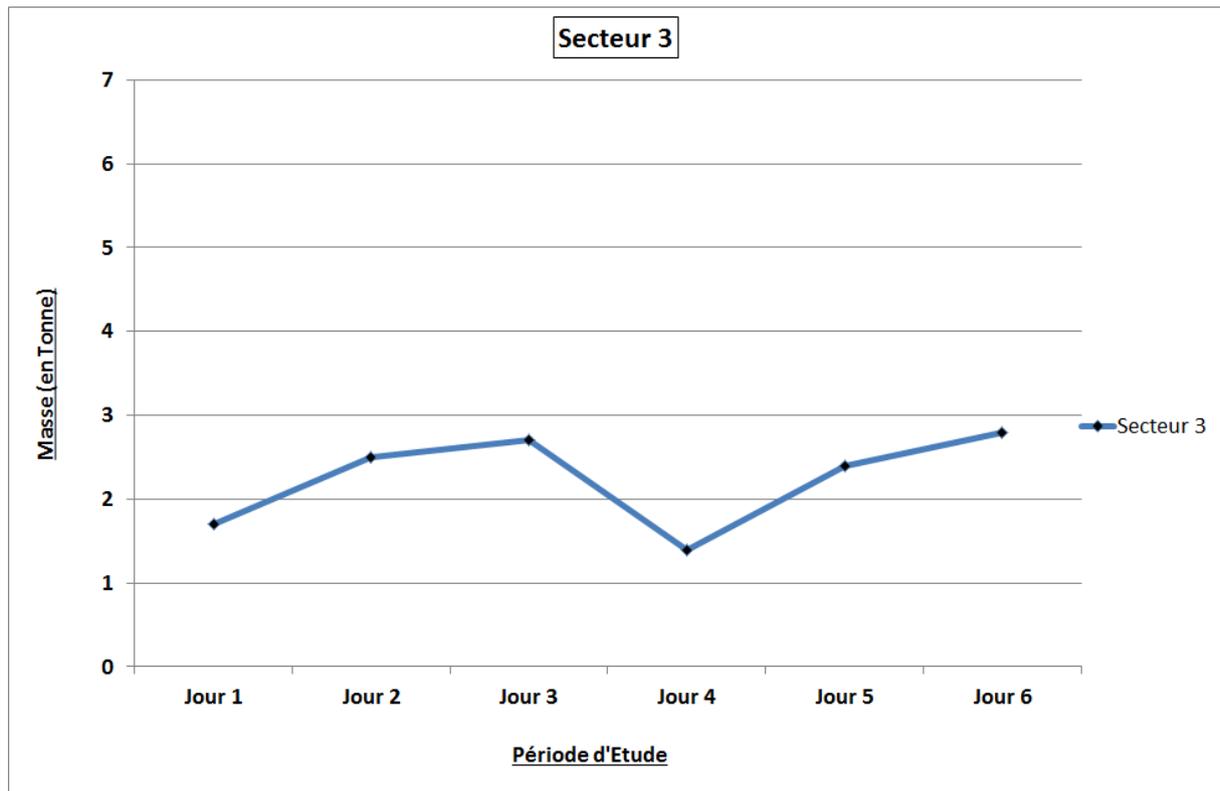


Figure 38: Variation du Tonnage du Secteur 3 durant la période d'étude

II.3.4 Secteur 4

Le secteur 4 comprend des immeubles (R+5, R+4, R+3 et R+2), Hôpital provincial, quartier administratif et des cliniques. Les habitants de ce secteur génèrent des déchets solides dont le tonnage connaît une variation sinusoïdale avec deux augmentations; la première est de l'ordre de 88,87% entre une masse minimale de 5,75 Tonnes le mardi à une valeur maximale 10,86 Tonnes le mercredi, et une deuxième de 51,41% entre Jeudi (6,38 Tonnes) et Samedi (9,66 Tonnes). Le tonnage maximal a été observé mercredi journée qui connaît l'éducation des élèves du privé en demi-journée.

Ces constats montrent que la Société chargée de la collecte des déchets solides doit renforcer ses équipes de la collecte de ce secteur le mercredi et samedi et les alléger le mardi et jeudi.

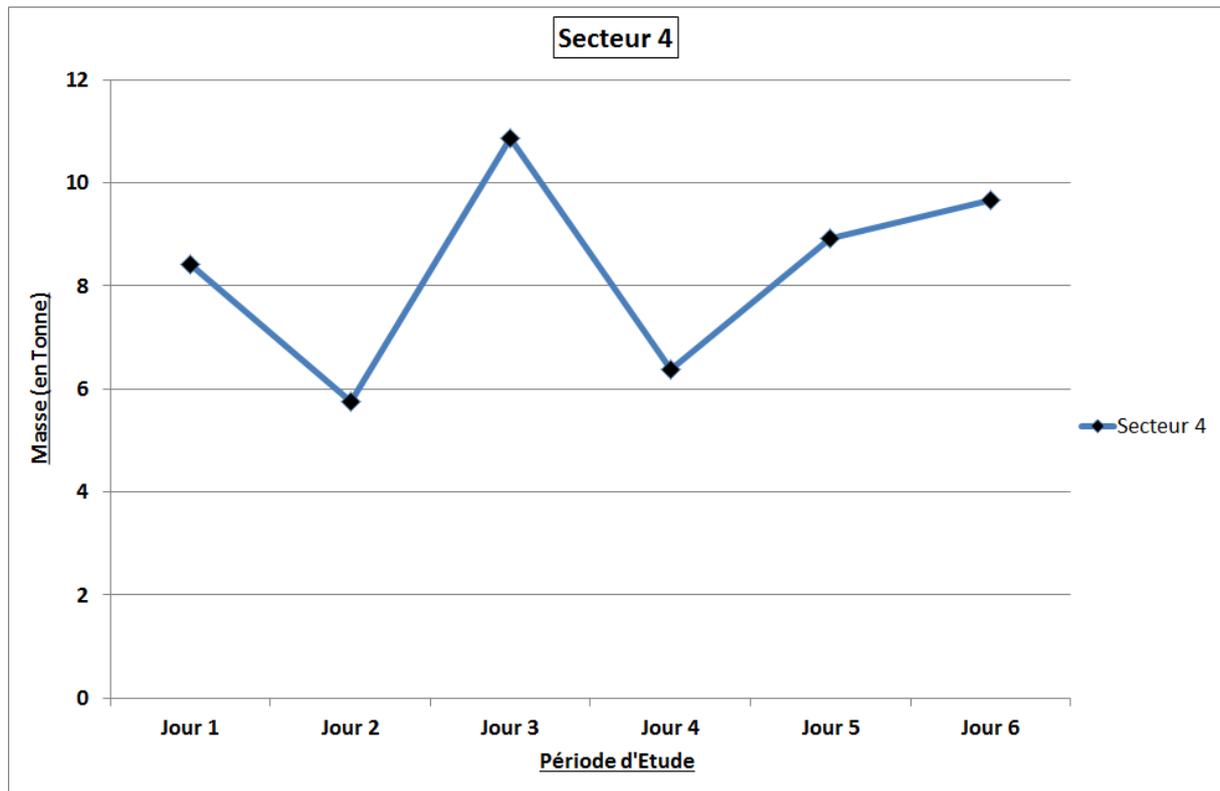


Figure 39: Variation du Tonnage du Secteur 4 durant la période d'étude

II.3.5 Secteur 5

Le secteur 5 comprend des immeubles (R+3 et R+2) et Suika (Ancienne Médina). Ces habitations ont engendrées des déchets solides qui ont un tonnage maximal de 11,87 Tonnes enregistré samedi jour de repos des fonctionnaires et augmentation de l'activité commerciale en Suika ce qui augmente la consommation et donc la production des déchets. Tandis que la masse minimale est de 7,84 Tonnes observée le mardi jour du Souk hebdomadaire de la ville. Le tonnage diminue de 18,76% entre lundi (9,65 Tonnes) et mardi (7,84 Tonnes) et augmente après de 41,84% pour atteindre 11,12 Tonnes en mercredi puis diminue de 11,87% en jeudi (9,8 Tonnes). Et reprend après son augmentation jusqu'à atteindre 11,897 Tonnes le samedi (Figure 41).

Le tonnage est comparable le lundi (9,65 Tonnes) et le jeudi (9,80 Tonnes), ces jours connaissent une diminution de la fréquentation des habitations des ménages et de Suika. Le tonnage est comparable, aussi, le mercredi (11,12 Tonnes), vendredi 11,01 Tonnes) et samedi (11,87 Tonnes), ces journées connaissent une augmentation de l'activité commerciale en Suika et de la fréquentation des habitations de leurs ménages.

Les moyens déployés pour la collecte des déchets solides dans le secteur 5 peuvent être les mêmes pendant le mercredi, vendredi et samedi. Et peuvent être allégés le mardi.

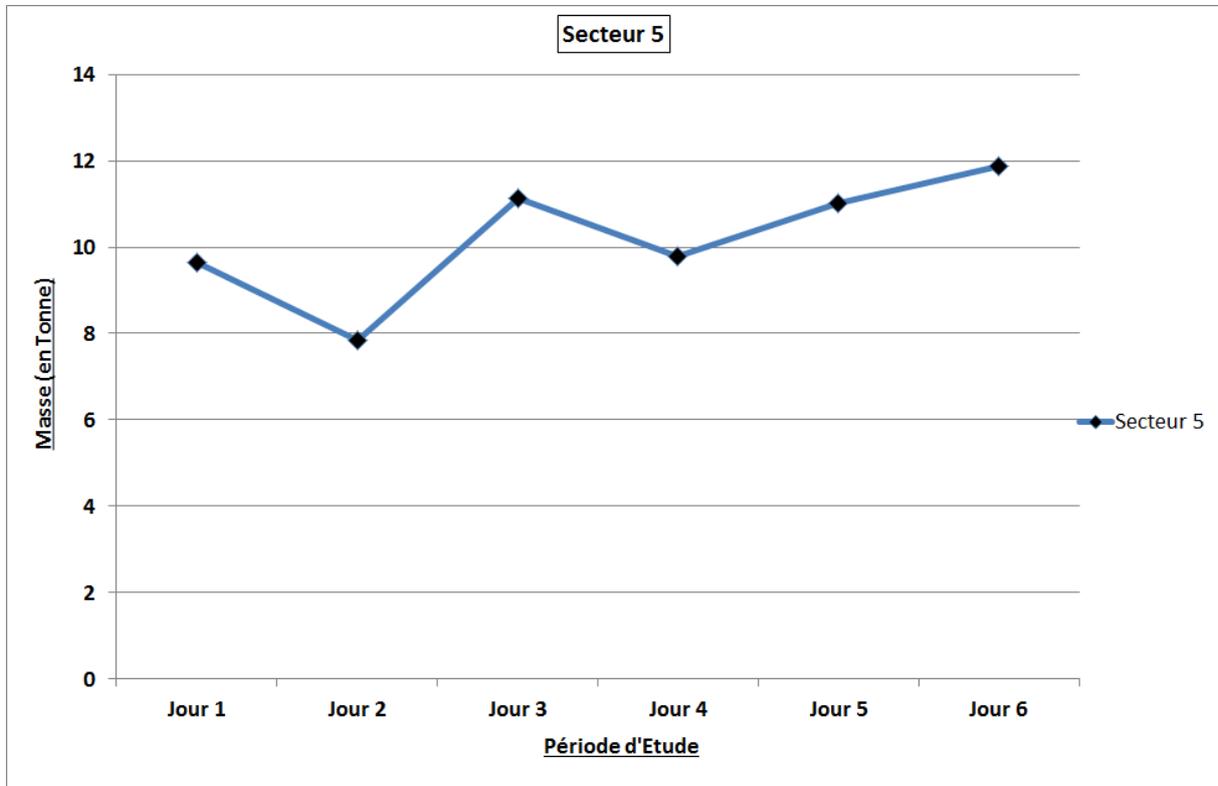


Figure 40: Variation du Tonnage du Secteur 5 durant la période d'étude

II.3.6 Secteur 6

Généralement, la masse des déchets connaît une augmentation de l'ordre de 64,13% entre un tonnage minimal le lundi (début de semaine) (7,36 Tonnes) et un tonnage maximal enregistré le samedi (fin de la semaine) (12,08 Tonnes) (Figure 42). Cette augmentation est répartie en deux. La première est de 23,78% entre lundi et mercredi (9,11 Tonnes), et la deuxième de l'ordre de 56,27% entre jeudi (7,73 tonnes) et samedi (12,08 Tonnes). Par ailleurs, les masses observées en lundi, mardi et jeudi sont comparables. Les masses notées en mercredi et vendredi sont aussi comparables.

Le secteur 6 inclut des maisons traditionnelles, des immeubles (R+5, R+4, R+3 et R+2), des douars, une zone industrielle, Faculté des Lettres et des imprimeries. Le tonnage maximal est enregistré à la fin de la semaine qui est un jour de repos pour les fonctionnaires et un jour de travail pour certains employés travaillant dans la zone industrielle, les imprimeries et la Faculté des Lettres. Donc les habitations connaîtront une augmentation de fréquentation dans

ce jour, ce qui signifie une accroissance de la consommation et la production des déchets solides.

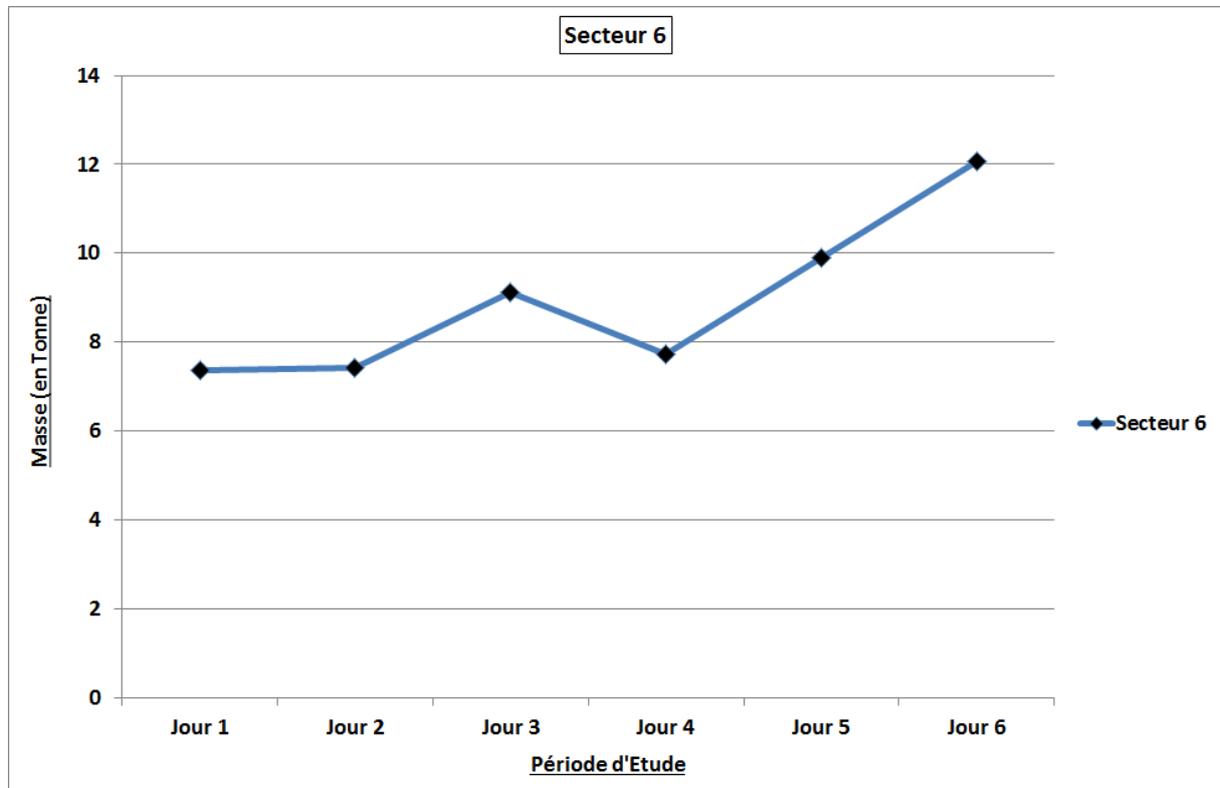


Figure 41: Variation du Tonnage du Secteur 6 durant la période d'étude

II.3.7 Secteur 7

Le secteur 7 comprend des immeubles (R+4, R+3, R+2) et Suika (7j/7j). Le tonnage de ce secteur connaît deux augmentations. La première est de 28,04% entre lundi (5,67 Tonnes) et mercredi (7,26 Tonnes). La deuxième est la plus importante (38,66%) d'une valeur minimale (5,51 Tonnes) enregistrée le jeudi à une valeur maximale (7,64 Tonnes) enregistrée le samedi (Figure 43).

La variation au niveau de ce secteur est identique à celle du secteur 5. En effet, le tonnage est important en mercredi, vendredi et samedi qui sont respectivement une journée qui ne connaît pas l'éducation de la plupart des élèves l'après-midi, une journée religieuse et la fin de la semaine. Ces journées connaissent une augmentation de l'activité commerciale en Suika et de la fréquentation des habitations de leurs ménages.

Par ailleurs, la Société chargée de la collecte pourra renforcer ces équipes le mercredi, vendredi et samedi et les alléger le lundi et de les maintenir en effectifs stables entre le mardi et le vendredi.

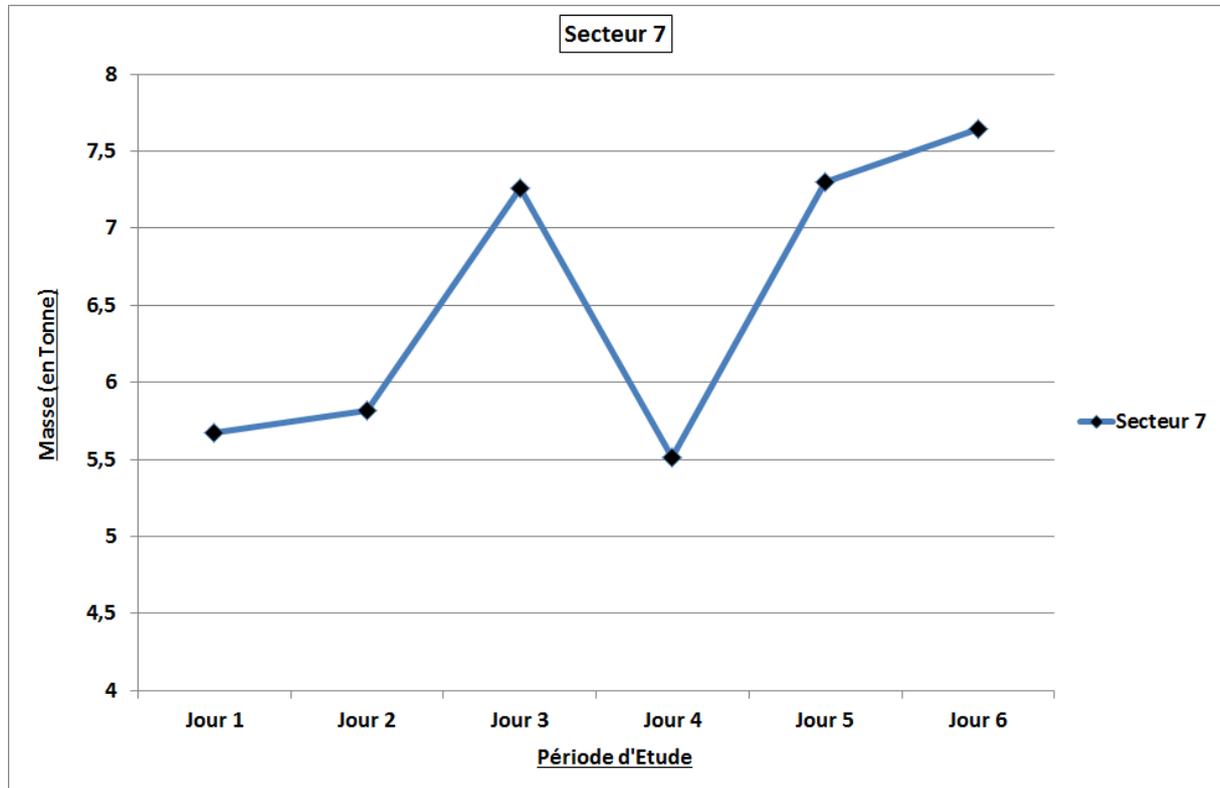


Figure 42: Variation du Tonnage du Secteur 7 durant la période d'étude

II.3.8 Secteur 8

Le secteur 8 inclut des immeubles (R+4, R+3 et R+2). La variation de la génération des déchets par les habitants de ce secteur est identique à celle des secteurs 6 et 7. En effet, la masse de déchets augmente de 23,74% passant d'une valeur minimal de 8,13 Tonnes le lundi à 10,06 Tonnes le mercredi. La masse des déchets augmente aussi de de 44,78% passant de 9,2 Tonnes le jeudi à une valeur maximale de 13,32 Tonnes le samedi (Figure 44).

Le tonnage du Samedi est largement supérieur à celui du Lundi. Cette différence peut être expliquée par le travail des habitants le lundi et le repos du samedi qui connaît une forte fréquentation des habitants et donc l'accroissance de la consommation et de la production des déchets solides.

Par ailleurs, la Société chargée de la collecte pourra renforcer ces équipes le samedi et les alléger le lundi et de les maintenir en effectifs stables entre le mardi et le vendredi.

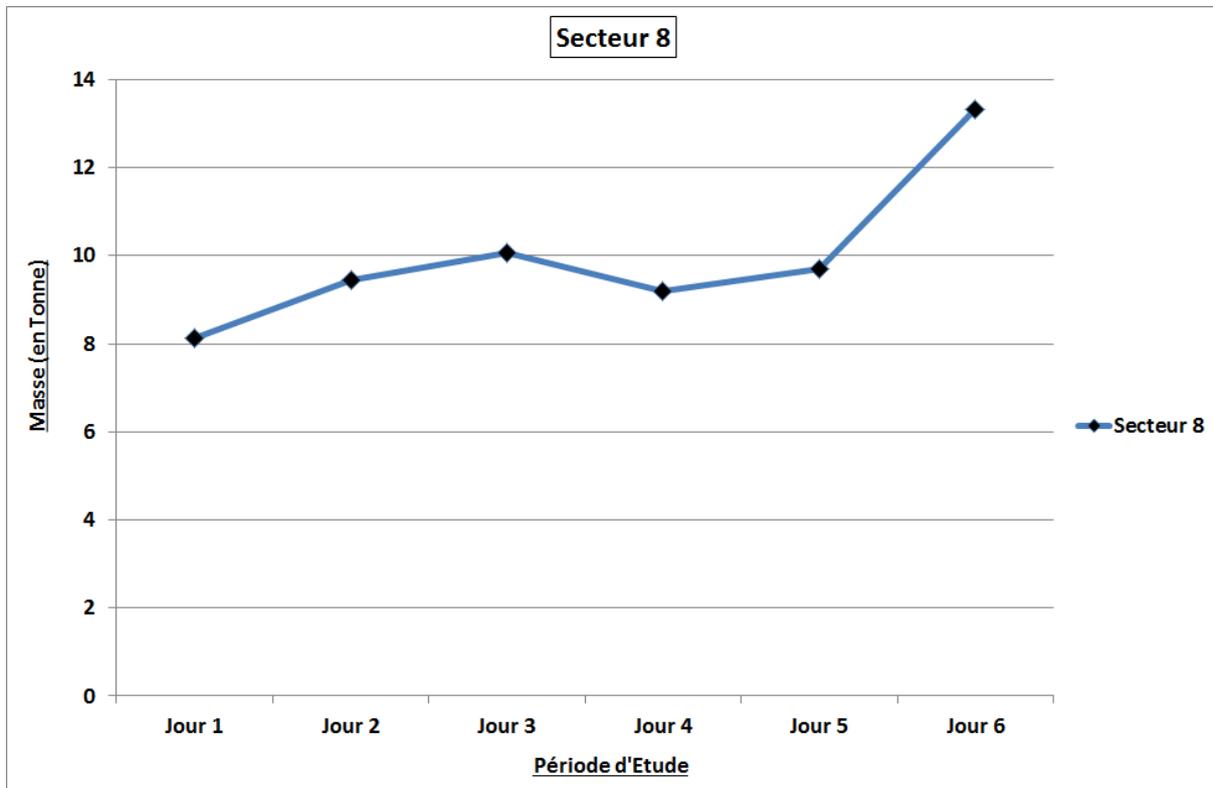


Figure 43: Variation du Tonnage du Secteur 8 durant la période d'étude

II.3.9 Secteur 9

Le secteur 9 comprend des maisons traditionnelles, des immeubles (R+3 et R+2), Faculté des Sciences et Techniques, Faculté Polydisciplinaire et une Cité Universitaire.

Le tonnage de ce secteur connaît une diminution de 26,44% d'une valeur maximale de 13,05 Tonnes en Lundi jusqu'à une valeur minimale de 9,6 Tonnes le samedi (la fin de la semaine) (Figure 45). Le tonnage maximal enregistré le lundi peut être expliqué par le début de la semaine qui connaît généralement une activité et fréquentation importantes des étudiants des établissements universitaire et donc une augmentation de la consommation et la production des déchets.

Les équipes de la collecte pourraient être légèrement renforcées le lundi, et maintenue stable le mardi, mercredi et jeudi et légèrement allégées le samedi.

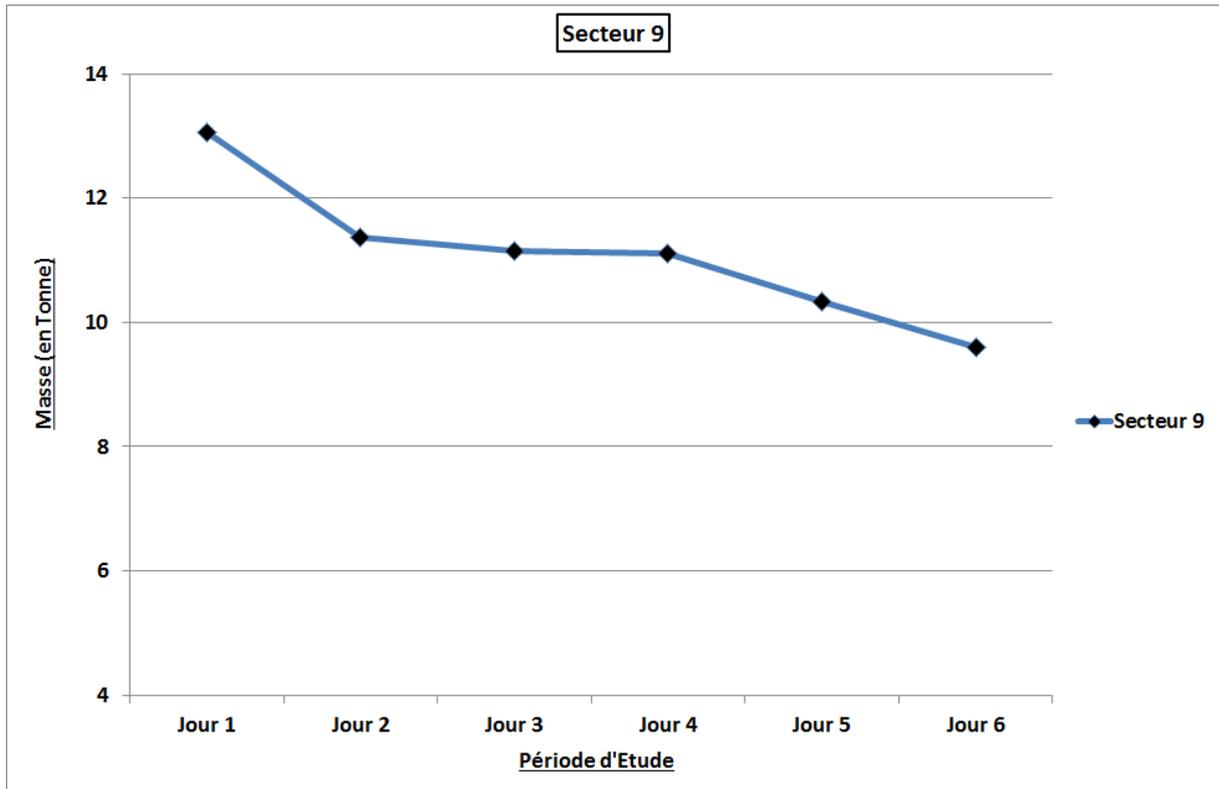


Figure 44: Variation du Tonnage du Secteur 9 durant la période d'étude

II.4 Variation du Tonnage des déchets solides par jour

II.4.1 Jour 1

Le tonnage global, enregistré le Lundi lors d'un seul tour à la Ville de BENI MELLAL, est de 69,36 Tonnes, dont presque 50% est relevé dans le secteur 9 (13,05 Tonnes), secteur 1 (10,29 Tonnes) et secteur 5 (9,65 Tonnes) (Figure 46).

Les tonnages maximal et minimal sont constatés respectivement dans le secteur 9 et le secteur 3 (1,7 Tonnes) (Figure 46).

L'optimisation de la Collecte des Ordures Ménagères au niveau de la ville BENI MELLAL doit tenir compte le renforcement des équipes de collecte au niveau des secteurs 1, 5 et 9. Et l'allègement de la gestion du secteur 3.

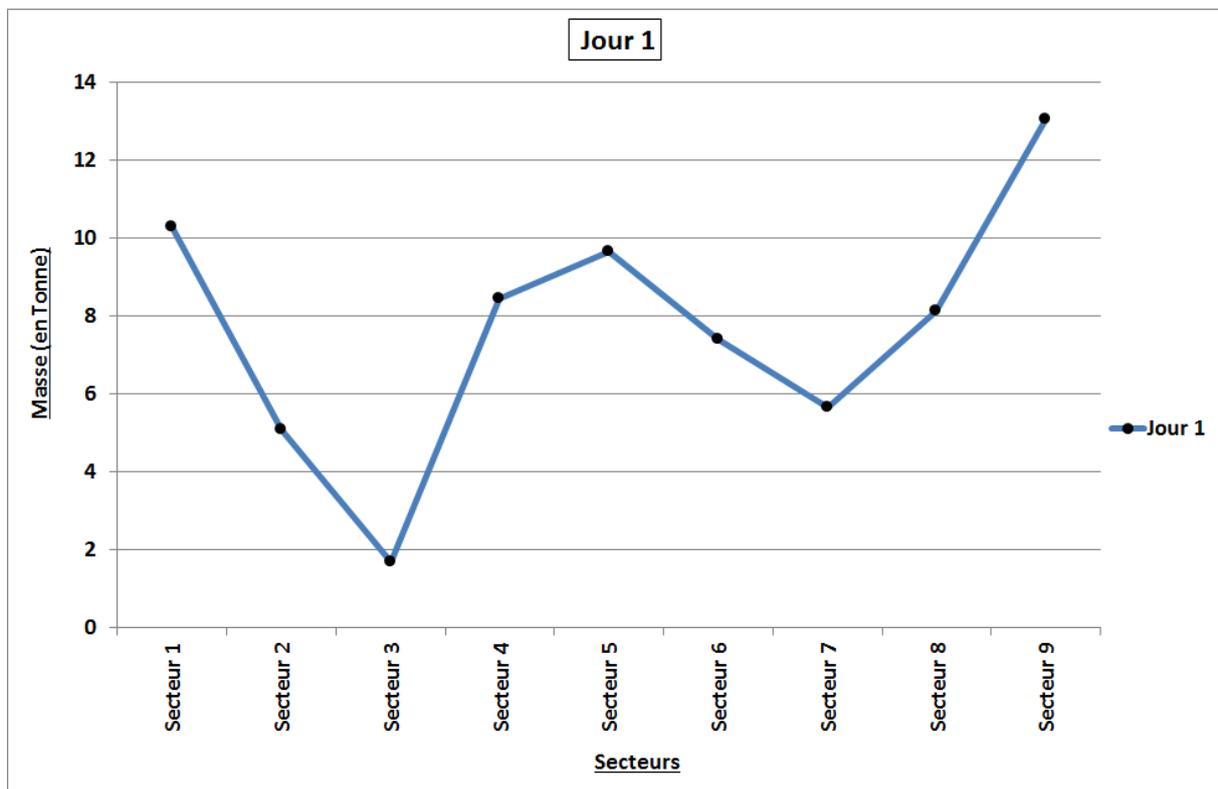


Figure 45: Variation du tonnage dans le Jour 1 en fonction des secteurs

II.4.2 Jour 2

Le tonnage des déchets solides de la Ville de BENI MELLA, lors d'un seul tour durant le Mardi, est de 70,03 Tonnes. Le secteur 9 relève le tonnage maximal (11,37 Tonnes), et le secteur 3 inscrit la valeur minimale (2,5 Tonnes). On note que les secteurs 4, 5, 6 et 7 varient entre 5,75 et 7,84 Tonnes (Figure 47).

Les secteurs de collecte peuvent être regroupés en trois zones de collecte selon le tonnage enregistré :

- Zone 1 regroupe les secteurs 4, 5, 6 et 7. Cette zone est caractérisée par des tonnages variant de 5,75 à 7,84 Tonnes ;
- Zone 2 comprend le secteur 3 seulement qui enregistre le tonnage minimal de la ville de BENI MELLAL ;
- Zone 3 comprend les secteurs 1, 2, 8 et 9 qui ont le tonnage maximal qui varient entre 9,2 et 11,37 Tonnes.

Ce zonage permet de créer trois équipes de collecte qui correspondent à chaque zone et qui ont le même effectif et taille de flotte utilisée.

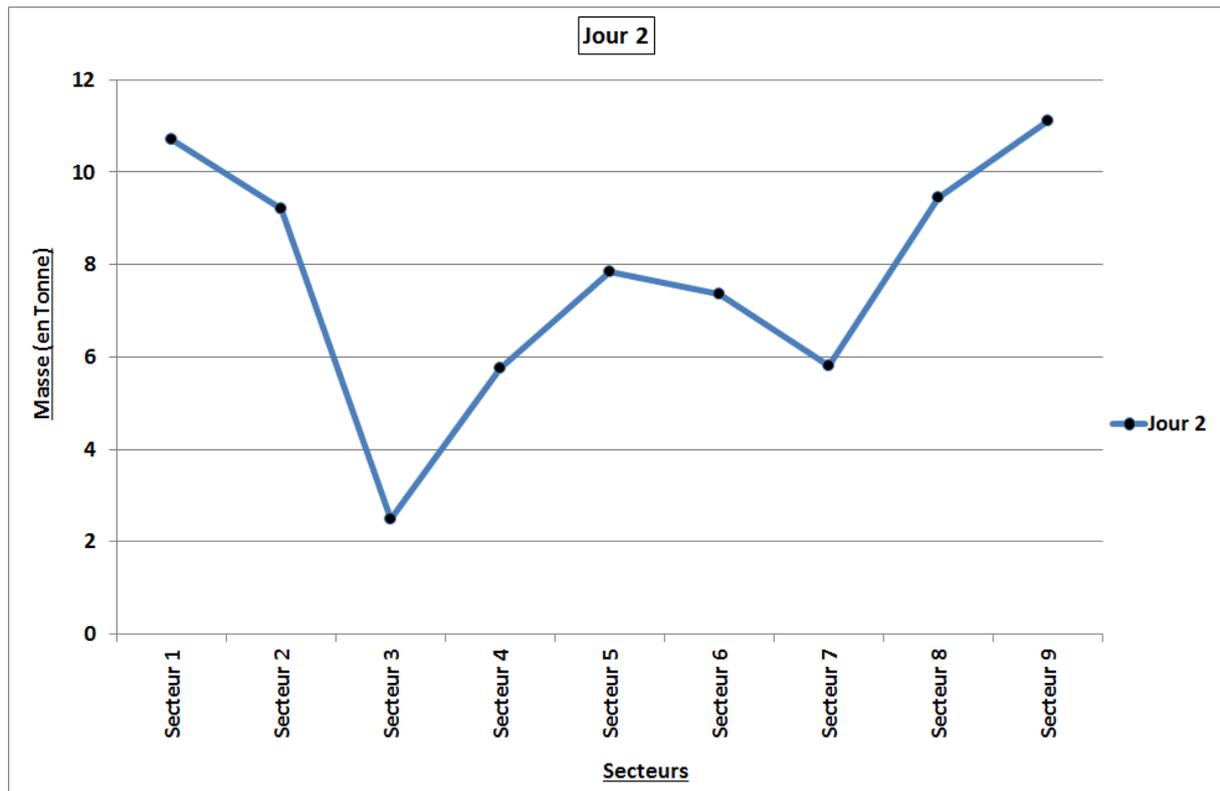


Figure 46: Variation du tonnage dans le Jour 2 en fonction des secteurs

II.4.3 Jour 3

Le tonnage global du mercredi est de 81,22 Tonnes. Le secteur 1 enregistre le tonnage maximal (11,74 Tonnes) et le secteur 3 note toujours le tonnage minimal (2,70 Tonnes) (Figure 48).

La collecte des ordures ménagères peut être réalisée selon trois zones. Chaque zone utilise les mêmes moyens de gestion et elle est caractérisée par :

- Zone 1 regroupe les secteurs 1, 4, 5, 8 et 9 qui varient entre 10,06 et 11,74 Tonnes ;
- Zone 2 comprend les secteurs 2, 6 et 7 variant entre 7,23 et 9,11 tonnes ;
- Zone 3 regroupe seulement le secteur 3 qui inscrit la masse minimale parmi les neuf secteurs .

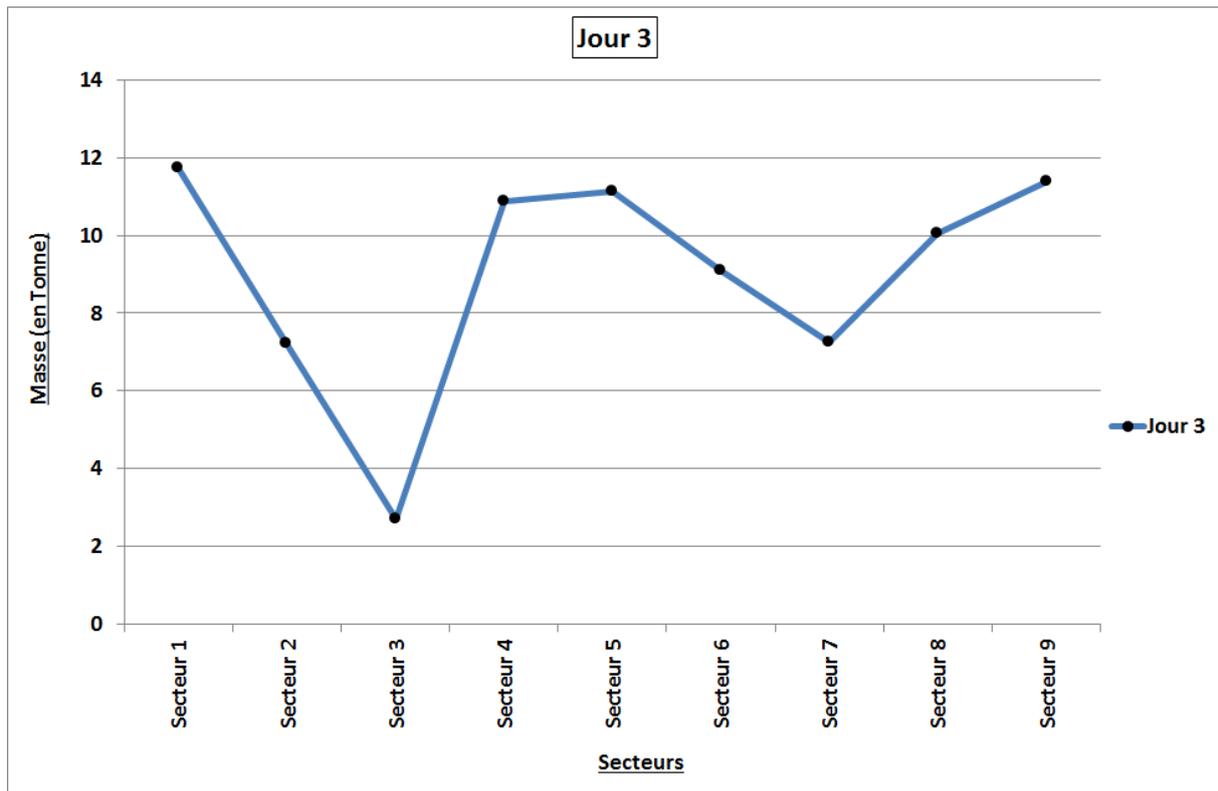


Figure 47: Variation du tonnage dans le Jour 3 en fonction des secteurs

II.4.4 Jour 4

Le tonnage global de la Ville de BENI MELLAL dans un tour durant le jeudi est de 64,57 Tonnes.

Le tonnage maximale est enregistré le jeudi au niveau du secteur 9 (11,10 Tonnes), le minimal est relevé du secteur 3 (1,4 Tonnes). (Figure 49)

Les secteurs, en jeudi, peuvent être répartis selon trois zones. Ces zones sont caractérisées par :

- Zone 1 regroupe les secteurs 1, 5, 8 et 9. Ces secteurs varient de 9,14 et 11,10 Tonnes ;
- Zone 2 comprend, seulement, le secteur 3 ;
- Zone 3 regroupe les secteurs 2, 4, 6 et 7 variant entre 4,31 et 7,73 Tonnes.

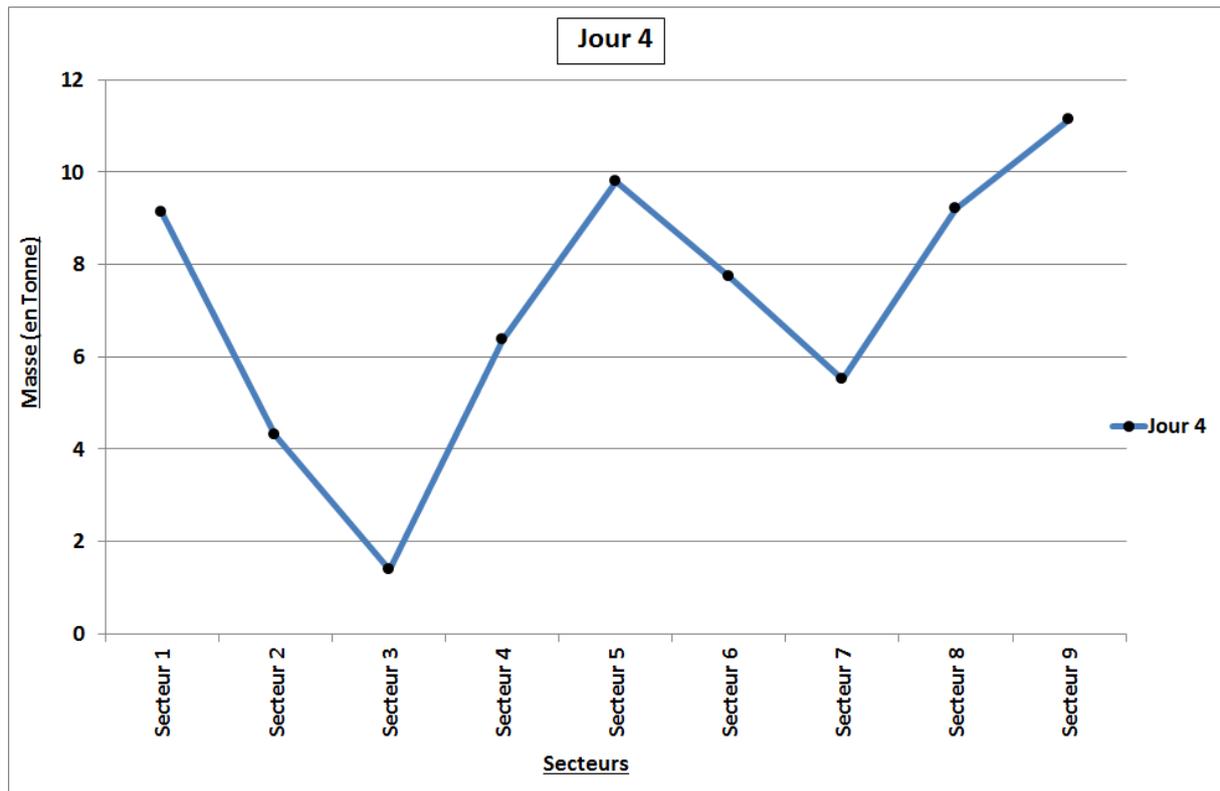


Figure 48: Variation du tonnage dans le Jour 4 en fonction des secteurs

II.4.5 Jour 5

Le tonnage global lors d'un premier tour dans la Ville de BENI MELLAL au niveau du cinquième jour est de 77,29 Tonnes (Figure 50).

Le tonnage est maximal dans le secteur 1 (11,22 Tonnes) comme le troisième jour de l'expérimentation. Il est minimal au niveau du secteur 3 (2,4 Tonnes) comme pour les différentes journées.

Ces résultats permettent de regrouper les secteurs, toujours, en trois zones. Chaque zone est caractérisée par un effectif et un nombre d'engin utilisé :

- Zone 1 regroupe les secteurs 1, 5, 6, 8 et 9 qui varient de 9,7 à 11,22 Tonnes ;
- Zone 2 comprend les secteurs 2, 4 et 7 variant entre 6,5 et 8,92 ;
- Zone 3 comprend le secteur 3.

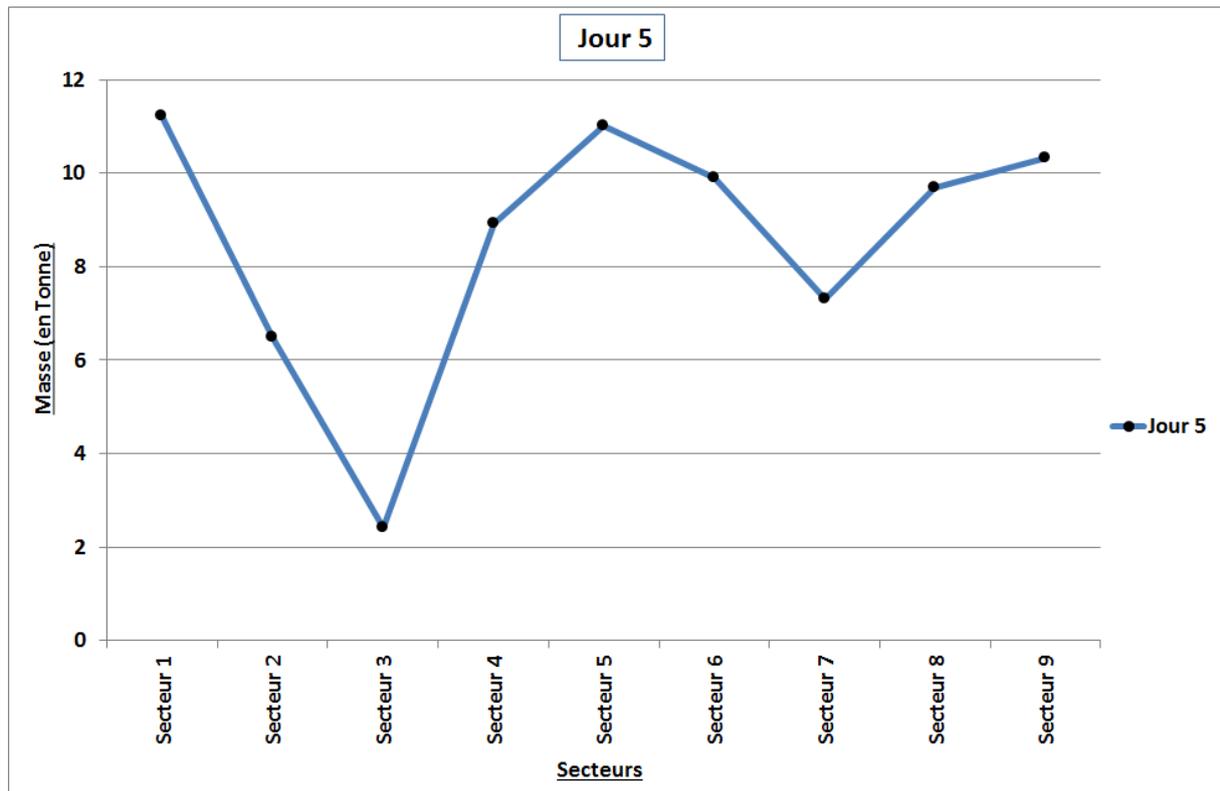


Figure 49: Variation du tonnage dans le Jour 5 en fonction des secteurs

II.4.6 Jour 6

Le tonnage global lors d'une seule tournée le samedi est de 87,28 Tonnes et il est le plus important parmi les différentes masses enregistrées lors des six journées d'expérimentation. Le maximal est enregistré dans le secteur 8 (13,32 Tonnes). Tandis que le minimal était au niveau du secteur 3 (2,80 Tonnes) (Figure 51).

Comme les autres journées, les secteurs peuvent être regroupés en trois zones et auront le même dimensionnement dans chaque zone qui est caractérisée par :

- Zone 1 regroupe les secteurs 1, 5, 6 et 8 et varie de 11,87 à 13,32 Tonnes ;
- Zone 2 regroupe les secteurs 2, 4, 7 et 9 et varient de 7,64 à 9,66 Tonnes ;
- Zone 3 comprend seulement le secteur 3.

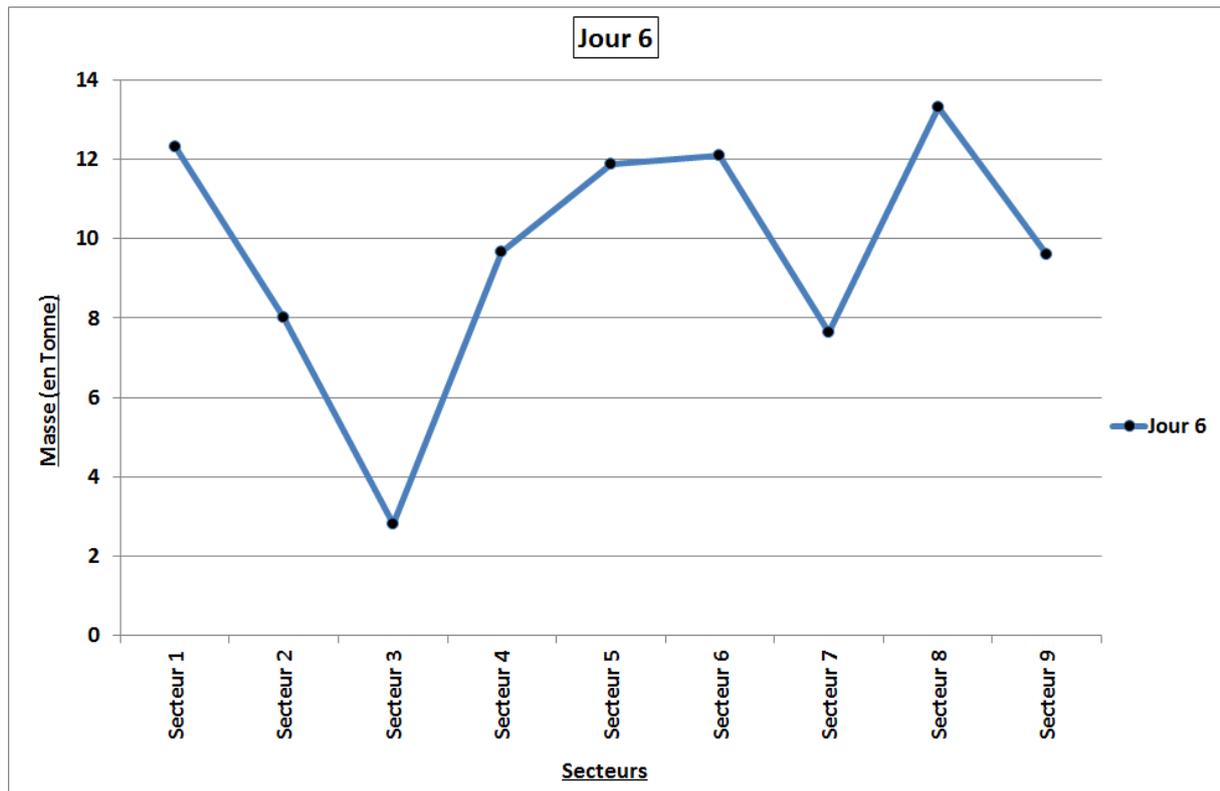


Figure 50: Variation du tonnage dans le Jour 6 en fonction des secteurs

III. CARACTERISATION DES ORDURES MENAGERES DE LA VILLE BENI MELLAL

III.1 Composition journalière des Ordures ménagères de Ville de BENI MELLAL

Afin de donner une caractérisation des ordures ménagères de la ville de BENI MELLAL, on a procédé à l'analyse quantitative des déchets par leur tri en 10 catégories. Ceci permet de mettre en évidence la composition journalière des ordures ménagères.

Les résultats du tri des Ordures Ménagères de la Ville de BENI MELLAL a révélé que les Putrescibles sont les plus représentatifs avec un pourcentage de 57,15% (2491,87 kg) suivi de Plastiques (661,64 kg soit 15,18%), puis les Textiles sanitaires (340,71 kg soit 7,81%), Cartons (310,68 kg soit 7,13%), Textiles (297,89 kg soit 6,83%) et les déchets Dangereux (179,26 kg soit 4,11%). Le reste des catégories ne dépassent pas 1% chacune. Les verres représentent 0,65% (28,27 kg), les Métaux (27,67 kg soit 0,63%), CNC (16,11 kg soit 0,37%), INC (5,92 kg soit 0,14%) (Tableau 29).

Tableau 29: Composition journalière des déchets solides de la Ville de BENI MELLAL

Ordures ménagères	Masses (en kg)	Pourcentage (en %)
Putrescible	2491,87	57,15
Plastiques	661,64	15,18
Textiles sanitaires	340,71	7,81
Cartons	310,68	7,13
Textiles	297,89	6,83
Dangereux	179,26	4,11
Verres	28,27	0,65
Métaux	27,67	0,63
CNC	16,11	0,37
INC	5,92	0,14

III.2 Composition journalière en fraction [>250mm]

III.2.1 Composition journalière par catégorie

Après la réception des déchets, l'échantillon passe par un premier criblage sur le tamis de 250 mm. La fraction restante est d'une masse de 1397,41 kg et subit un tri en 10 catégories dont l'objectif est la détermination de la composition journalière des déchets en fraction [>250mm] (Tableau 30).

Les résultats obtenus indiquent que les habitants produisent un pourcentage important en déchets Putrescibles soit 58,20% (822,65 kg) et 15,80% (soit 223,33 kg) en Plastiques. Et génèrent des pourcentages comparables en Cartons, Textiles Sanitaires et Textiles soient respectivement 6,75% (95,39 kg), 6,48% (91,55 kg) et 6,31% (89,15kg). En revanche, les verres (0,75%) (Soit 10,56 kg), Métaux (0,67% soit 9,49 kg), CNC (0,39% soit 5,57 kg) et INC (0,26% soit 3,71 kg) ne dépassent pas 1% des déchets de la fraction [>250mm] (Tableau 30).

Tableau 30: Composition de la Fraction [>250mm] en déchets en kg

Ordures ménagères	Masse (en kg)	Pourcentage (en %)
Putrescibles	822,55	58,20
Plastiques	223,33	15,80
Textiles sanitaires	91,55	6,48
Cartons	95,39	6,75
Textiles	89,15	6,31
Dangereux	61,94	4,38
Verres	10,56	0,75
Métaux	9,49	0,67
CNC	5,57	0,39
INC	3,71	0,26

III.2.2 Composition des catégories

Le tri de la fraction [$>250\text{mm}$] en 10 catégories est suivi par la caractérisation des sous-catégories des catégories suivants :

- Cartons : Carton, Carton Tétra Pack et Carton et Papier ;
- Textiles : Textile et chaussures et élastomères ;
- Plastiques : Plastique PET, Plastique PEHD, Plastique PP, Plastique PELD, Plastique PVC et Plastique Polystyrène ;
- Métaux : Aluminium et/ou Fer et DEEE ;
- Dangereux : Divers combustibles et DMP.

Les 6,75% du Tonnage Moyen Journalier de la Fraction [$>250\text{mm}$] que représentent les Cartons sont constitués de 40,64% (38,77 kg) de Cartons, de 34,02% (32,45 kg) de Carton et Papier et de 25,34% (24,17 kg) de Carton Tétra Pack et (Tableau 31).

Les 6,31% de la fraction [$>250\text{mm}$] que représentent les Textiles sont constitués de 76,32% (68,04 kg) de Textiles et de 23,68% (21,11 kg) de chaussures et élastomères (Tableau 31).

Pour les Plastiques, 15,80% de la Fraction [$>250\text{mm}$] sont constitués majoritairement de Plastique PELD (81,19%) tandis que le reste des sous-catégories varient entre 0,50 % (Plastique Polystyrène) et 6,64% (Plastique PET avec bouchon) (Tableau 31).

Les métaux sont constitués principalement d'Aluminium et/ou Fer (88,04%) le reste comprend DEEE (11,96%). Tandis que les déchets dangereux comprennent en majorité de Divers combustibles qui présentent 99,26% (61,48 kg) (Tableau 31).

Tableau 31: Poids et pourcentage des sous-catégories de la Fraction [$>250\text{mm}$] en (kg)

Catégories	Sous-catégories	Poids moyen journalier (kg)	Pourcentage par rapport à chaque catégorie (en %)
Cartons	Carton	38,77	40,64%
	Carton Tétra Pack	24,17	25,34%
	Carton et Papier	32,45	34,02%
Textiles	Textile	68,04	76,32%
	Chaussures et élastomères	21,11	23,68%
Plastiques	Plastique PET avec Bouchon	14,84	6,64%
	Plastique PEHD	8,82	3,95%
	Plastique PP	13,83	6,19%
	Plastique PELD	181,33	81,19%
	Plastique PVC	3,41	1,53%
	Plastique Polystyrène	1,11	0,50%
Métaux	Aluminium et/ou Fer	8,36	88,04%
	DEEE	1,14	11,96%
Dangereux	Divers combustibles	61,48	99,26%
	DMP	0,46	0,74%

III.3 Composition journalière en fraction [80-250mm]

III.3.1 Composition journalière par catégorie

Les déchets qui ne sont pas retenus par le tamis 80 mm représentent la fraction [80-250 mm]. Cette fraction est pesée puis triée selon 10 catégories.

Les résultats du tri montrent que les Putrescibles présentent la majorité des déchets produits par les habitants de la Ville de BENI MELLAL avec un pourcentage de 56,65% (1669,32 kg) (Tableau 32).

Les plastiques occupent 14,87% des déchets avec un poids de 438,31 kg. Textile sanitaires, Cartons et Textiles présentent, respectivement, des pourcentages de 8,46% (249,16 kg), 7,31% (215,29kg) et 7,08% (208,74 kg). Tandis que les déchets dangereux enregistrent 3,98% (117,32 kg) (Tableau 32).

Le reste des catégories varient entre 0,07 et 0,62% (Tableau 32) :

- Métaux présentent 0,62% (18,18 kg) ;
- Verres : 0,60% (17,71 kg) ;
- CNC : 0,36% (10,54 kg) ;
- INC : 0,07% (2,21 kg).

Tableau 32: Composition de la Fraction [80-250mm]

Ordures ménagères	Masse (en kg)	Pourcentage (en %)
Putrescible	1669,32	56,65
Plastiques	438,31	14,87
Textiles sanitaires	249,16	8,46
Cartons	215,29	7,31
Textiles	208,74	7,08
Dangereux	117,32	3,98
Métaux	18,18	0,62
Verres	17,71	0,60
CNC	10,54	0,36
INC	2,21	0,07

III.3.2 Composition des catégories

Comme dans le cas de la fraction [$>250\text{mm}$], les catégories de la fraction [80-250 mm] sont classées en sous-catégories puis pesées.

La catégorie Cartons présentent 7,31% des déchets générés par les habitants de la Ville de BENI MELLAL. Ce pourcentage comprend 40,96% (88,18 kg) de Carton, 35,63% (76,72 kg) de Carton et Papier et de 23,41% (50,40 kg) de Carton Tétra Pack. (Tableau 33)

Les textiles comprennent 80,97% (169,02 kg) de Textile et 19,03% (39,72 kg) de Chaussures et élastomères. Et les métaux incluent 89,92% (16,35 kg) d'Aluminium et/ou Fer et 10,08% (1,83 kg) de DEEE. (Tableau 33)

Par ailleurs, les déchets dangereux sont composés majoritairement de Divers combustibles (99,23%) (Tableau 33)

Plastiques sont réparties en six sous-catégories et Plastique PELD est le plus représentatif (Tableau 33) :

- Plastique PELD : 81,21% (355,95 kg) ;
- Plastique PET avec Bouchon 8,38% (36,75 kg) ;
- Plastique PP : 4,53% (19,85 kg) ;
- Plastique PEHD : 4,02 % (17,61 kg) ;
- Plastique PVC : 1,18 % (5,16 kg) ;
- Plastique Polystyrène : 0,68% (3 kg).

Tableau 33: Poids des sous-catégories de la Fraction [80-250mm] en (kg)

Catégories	Sous-catégories	Poids moyen journalier	Pourcentage par rapport à chaque catégorie (en %)
Cartons	Carton	88,18	40,96%
	Carton Tétra Pack	50,40	23,41%
	Carton et Papier	76,72	35,63%
Textiles	Textile	169,02	80,97%
	Chaussures et élastomères	39,72	19,03%
Plastiques	Plastique PET avec Bouchon	36,75	8,38%
	Plastique PEHD	17,61	4,02%
	Plastique PP	19,85	4,53%
	Plastique PELD	355,95	81,21%
	Plastique PVC	5,16	1,18%
	Plastique Polystyrène	3,00	0,68%
Métaux	Aluminium et/ou Fer	16,35	16,35
	DEEE	1,83	1,83
Dangereux	Divers combustibles	116,45	99,26%
	DMP	0,87	0,74%

III.4 Composition en fraction <80mm

Lors du tamisage, les déchets qui passent par le tamis <80mm sont mise dans des bacs 360L, pesée et jetée dans le caisson métallique sans être triée. Cette fraction représente la partie fermentescible des déchets.

Le pesage de cette fraction a révélé qu'elle représente 62,15% du tonnage des déchets collectés durant les 6 jours (42,95 Tonnes). De ce fait, cette fraction enregistre un tonnage de 14,53 Tonnes composée de fermentescibles. Tandis que la fraction [$>250\text{mm}$] présente 12,27% (soit 8,48 Tonnes) et la fraction [80-250 mm] note 25,58% (soit 17,68 Tonnes).

IV. CONCLUSION

La caractérisation des Ordures Ménagères de la ville de BENI MELLAL a abouti à l'obtention des résultats suivants :

- L'habitant de la ville de BENI MELLAL produit 0,287 Tonne/hab/an (soit 0,785 kg/hab/j) des Ordures ménagères.
- La collecte dans un seul tour, des déchets solides des différents secteurs de la Ville de BENI MELLAL, a révélé que le secteur 9 est le plus générant des déchets solides durant les 6 jours de la période d'étude avec un Tonnage globale de 66,59 Tonnes. Tandis que le secteur 3 est le moins générant de déchets avec un tonnage 13,50 Tonnes.
- La classification des déchets de la zone d'étude a montré que les Putrescibles sont les plus représentatifs (57,15%), suivi de Plastiques (15,18%), puis les textiles sanitaires (7,81%), Cartons (7,13%), Textiles (6,83%), les déchets dangereux (4,11%) et le reste des catégories ne dépassent pas 1%.
- La composition journalière des déchets solides en fraction [$>250\text{mm}$] est caractérisée par 58,20% des Putrescibles, 15,80% en Plastiques, 6,31% de Textiles, 6,75% de Cartons et 6,48% de textiles sanitaires et 4,38% des déchets dangereux. Le reste des catégories ne dépassent pas 1%.
- La composition en fraction [80-250mm] est de 56,65% des Putrescibles, 14,87% de Plastiques, 8,46% de Textiles sanitaires, 7,31% de Cartons et 7,08% de Textiles. Les déchets dangereux enregistrent 3,98%.

CHAPITRE III : IMPACT DE L'INTERDICTION DES SACS EN PLASTIQUE SUR LE TONNAGE DES DECHETS SOLIDES DE LA VILLE BENI MELLAL

I. INTRODUCTION

Le sac en plastique reste un des emblèmes de notre société civile. Sa durée d'utilisation est de quelques minutes, mais sa durée de vie s'étend potentiellement sur plusieurs siècles.

Depuis le 01 juillet 2017, le MAROC a interdit l'utilisation des sacs en plastique. Cela pourrait avoir un impact sur le Tonnage des déchets solides.

Dans ce chapitre, on va mettre en évidence l'impact de l'interdiction de l'utilisation des sacs en plastique sur le Tonnage des Ordures Ménagères et la fraction recyclable de la Collecte sélective entre Juillet et Décembre 2016.

II. VARIATION DU TONNAGE DES DECHETS SOLIDES APRES INTERDICTION DES SACS EN PLASTIQUE

II.1 Variation du tonnage des OM

Après l'interdiction de l'utilisation des sacs en plastiques, le tonnage des ordures ménagères a connu une diminution de l'ordre de 35,06% entre Juillet (5242,08 Tonnes) et Novembre tout en enregistrant une fluctuation de 3403,94 Tonnes. Puis rebondit à 4522,34 en Décembre (Figure 52).

Cette variation reste normale en comparaison avec celle observée en 2014 et 2015 (Figure 36).

Par ailleurs, entre Juillet et Novembre 2016 la diminution est de l'ordre de 35,06% supérieure à celle enregistrée en 2014 qui est 26,65% et celle aperçu entre Juillet et Décembre 2015 qui est de 24,58%. Cette variation peut être due aux campagnes de sensibilisation intensives organisées au profit de la COP 22. Or, après cet événement le tonnage a rebondi en décembre en enregistrant une augmentation de 32,85% supérieure à celle notée en 2014 qui est de l'ordre de 6,58%.

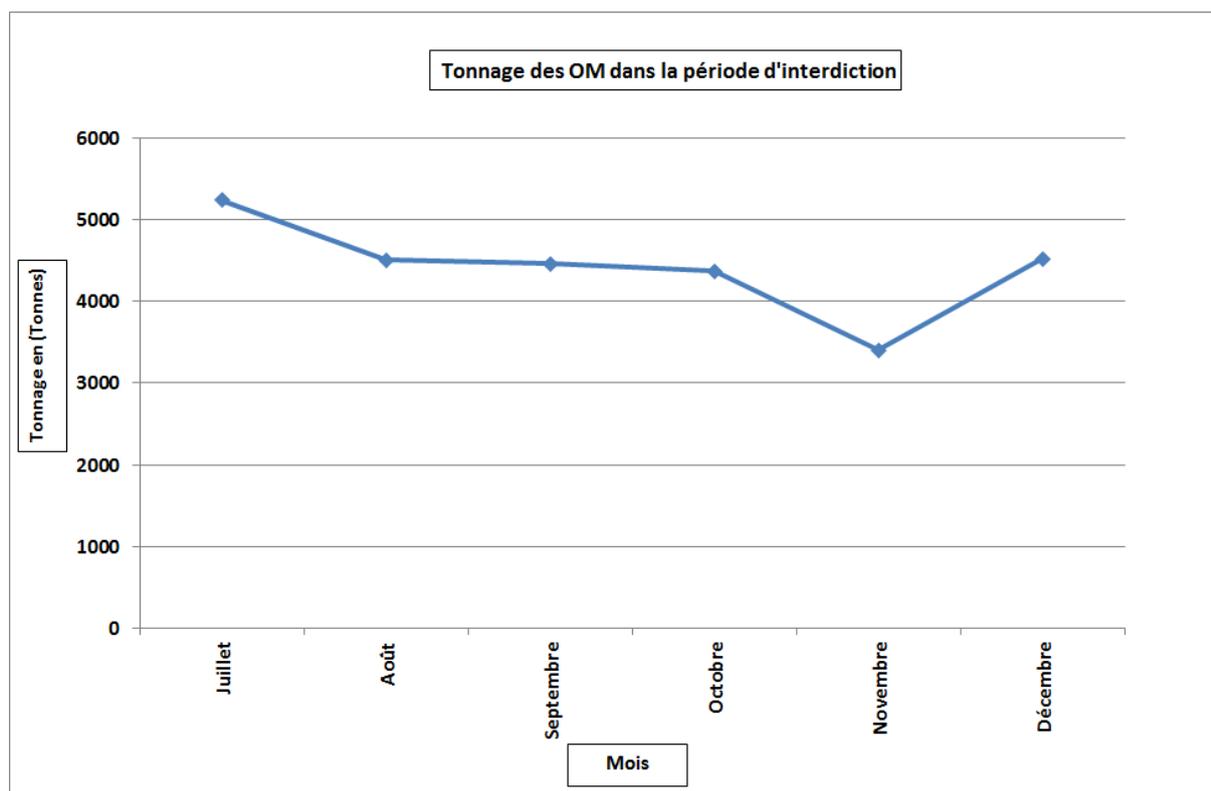


Figure 51: Tonnage des Ordures Ménagères après l'interdiction des Sacs en plastique

Le tonnage des ordures ménagères connaît des différences entre les deux semestres des années 2014, 2015 et 2016. En effet, en 2014, le tonnage enregistre une augmentation de 1791,16 Tonnes en deuxième semestre (28429,86 Tonnes) par rapport au premier semestre (26638,70 Tonnes). Tandis qu'en 2015 et 2016 on remarque une diminution entre le premier et le deuxième semestre. En 2015, le tonnage diminue de 28608,67 à 28240,86 Tonnes avec une différence de 367,81 Tonnes. Et en 2016, on note une décroissance de l'ordre de 735,73 Tonnes (de 27241,85 à 26506,12 Tonnes) (Tableau 34).

Le tonnage varie entre 2014 et 2016 comme suit :

- Entre 2014 et 2015 : le tonnage diminue de 189 Tonnes ;
- Entre 2015 et 2016 : le tonnage diminue de 1734,74 Tonnes, soit environ dix fois plus que celui de 2014-2015 ;
- Entre 2014 et 2016 le tonnage a décré de 1923,74 Tonnes.

Cette variation de tonnage de 2014 à 2016 dans le deuxième semestre peut être expliquée par :

- la diminution de la consommation des habitants et donc la génération des déchets solides ;

- l'interdiction de l'utilisation des sacs en plastique ce qui contribue à la diminution des déchets en plastique, et l'augmentation de la conscience des habitations sur l'importance de la valorisation des déchets et la protection de l'environnement.

Tableau 34: Variation du tonnage des Ordures ménagères en 2014, 2015 et 2016 par semestre

	2014	2015	2016
Premier semestre (en Tonnes)	26 638,70	28 608,67	27 241,85
Deuxième semestre (en Tonnes)	28 429,86	28 240,86	26 506,12

II.2 Variation du tonnage de la fraction recyclable

Après l'interdiction des sacs en plastique le 1^{er} Juillet, le tonnage de la Collecte sélective, en deuxième semestre de 2016, a connu une variation aléatoire et une diminution significative de 27,58 à 13,86 Tonnes entre septembre et Novembre, puis une fluctuation de 38,48 Tonnes en décembre (Figure 53). Entre Juillet et Novembre l'augmentation et la diminution du tonnage varie entre 21,17 et 36,25%. Cet intervalle de variation reste inférieur à celui de 2015 qui est entre 18,36 et 66,06% et de 2014 qui est entre 0 et 38,16%.

Par ailleurs, après la COP22, le tonnage de la collecte sélective augmente de presque trois en décembre pour atteindre 38,48 Tonnes.

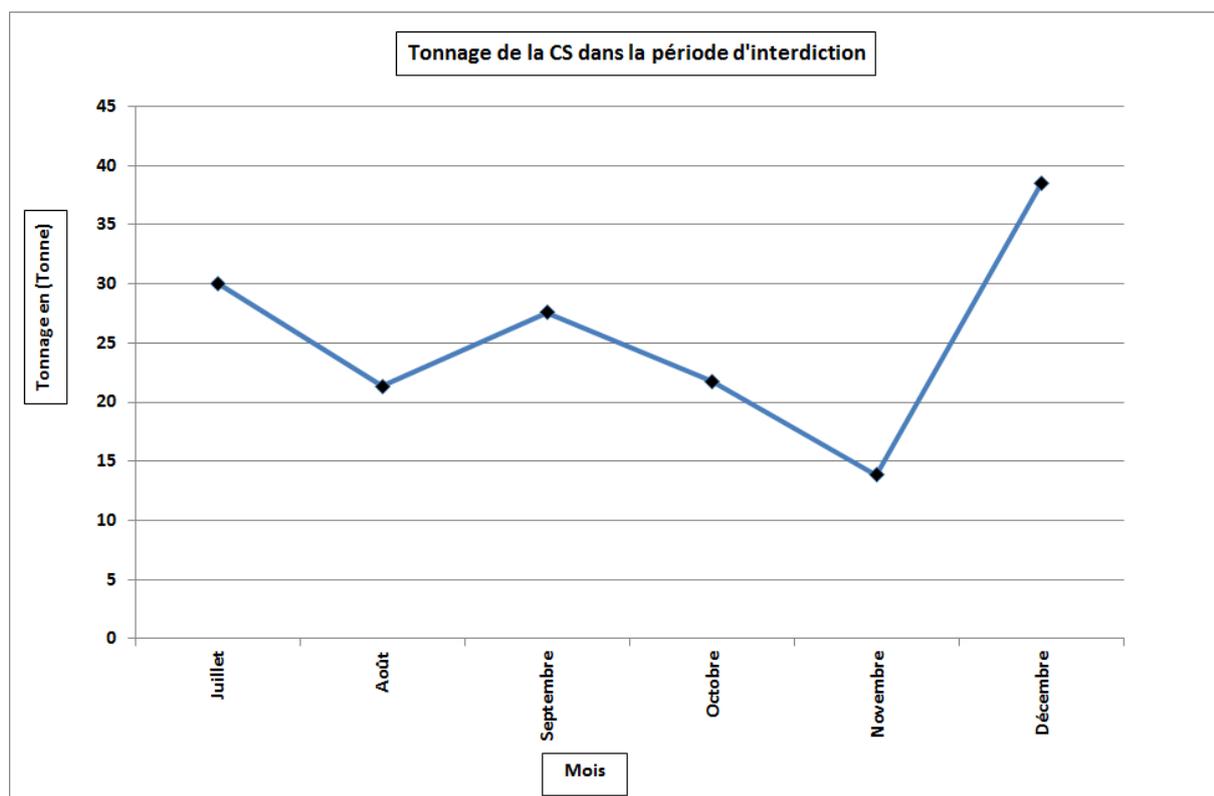


Figure 52: Tonnage de la Collecte sélective après l'interdiction des Sacs en plastique

Le tonnage de la collecte sélective en 2015 et 2016 connaît une différence entre les deux semestres. En 2015, le tonnage moyen mensuel de la fraction recyclable diminue de 28,02 à 24,74 Tonnes. Tandis qu'en 2016, cette fraction augmente de 23,36 à 25,50 Tonnes. En outre, le tonnage du deuxième semestre augmente de 112,63 à 153,02 Tonnes entre 2014 et 2016. Cela peut être expliqué par l'augmentation de la consommation des habitants et l'amélioration de la culture du tri à la source, et par l'utilisation d'un autre type de sacs qui est en carton ou une autre matière hors plastique. Ces sacs sont plus lourds que ceux en plastiques.

Tableau 35: Variation du tonnage moyen mensuel et global de la Collecte Sélective par semestre en 2014, 2015 et 2016

Type	Période	2014	2015	2016
Tonnage moyen mensuel	Premier semestre	13,21*	28,02	23,36
	Deuxième semestre	18,77	24,74	25,50
Tonnage global	Premier semestre	66,06*	168,14	140,13
	Deuxième semestre	112,63	148,42	153,02

(*) Ce tonnage ne comprend pas le tonnage du mois de Janvier

III. CONCLUSION

Après l'interdiction des sacs en plastique le tonnage des déchets solides, de la ville de BENI MELLAL, a connu une augmentation de la fraction recyclable en deuxième semestre entre 2014 et 2016 tout en enregistrant un tonnage global de 153,02 Tonnes et un tonnage moyen mensuel de 25,50 Tonnes en deuxième semestre.

Une autre variation aperçue, après l'interdiction des sacs en plastiques, est celle des Ordures ménagères qui ont connues une décroissance :

- Entre le premier semestre et deuxième semestre de 2016 et qui a passé de 27241,85 à 26506,12 Tonnes avec un taux de décroissance de 2,7% ;
- Entre le deuxième semestre de 2014 et 2016 : qui a passé de 28429,86 en 2014 à 26506,12 Tonnes en 2016 avec un taux de décroissance entre 2015 et 2016 de l'ordre de 6,14%

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

CONCLUSION GENERALE

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la réalisation d'une étude de faisabilité de mise en place d'un tri sélectif et la valorisation de la fraction recyclable au niveau de la ville de BENI MELLAL. Cette étude permet la caractérisation des déchets solides dans la ville de BENI MELLAL.

La synthèse bibliographique a dévoilé une carence et un manque d'études de recherche au niveau national concernant la fraction recyclable, le tri sélectif et la caractérisation approfondies et détaillée de la nature des déchets solides et la fraction recyclable, en dépit de la mise en place d'un arsenal juridique bien développé et de la dynamique nationale en matière de l'environnement et développement durable.

Concernant la classification des déchets, la revue bibliographique a mis en évidence les méthodes de caractérisation des déchets et le tri sélectif des déchets ménagers par taille et par catégorie. Dans notre étude, nous avons réalisé la caractérisation de la fraction recyclable de la zone villa de la ville de BENI MELLAL selon deux campagnes : entre le mois Février et Décembre 2014 et entre le mois Janvier et Décembre 2015. Et ce, à travers la classification des déchets selon huit catégories et deux sous-catégories. Avec une production moyenne mensuelle des déchets en 2014 de 16,32 Tonnes répartie en 8,08 Tonnes de Carton, de 2,62 Tonnes de Papier, de 0,69 Tonne d'Emballage, 0,56 Tonne de PEHD, 0,50 Tonne de PET, 0,18 Tonne de Métal et 0,08 Tonne de Verre, cette composition montre que la fraction recyclable est importante en Carton (49,50%) et faible en verre (0,51%) et métal (1,09%). Ces résultats ont montré que la variation de la fraction recyclable ne tient pas compte des saisons et des périodes de vacances. Par ailleurs, l'habitant de la Zone villa de la ville de BENI MELLAL produit 14,86 kg/hab.an (9,79Kg/hab.an en 2014) de fraction recyclable. La moitié de la fraction produite en 2014 est caractérisée par le Carton (4,85 kg/hab.an). Le reste de la fraction varie entre 1,57 et 0,05 kg/hab.an. Tandis que la production de Refus qui ne sont pas valorisable est de 1,89 kg/hab.an. Or, L'habitant de la ville de BENI MELLAL produit 0,287 Tonne/hab/an (soit 0,785 kg/hab/j) des Ordures ménagères. La comparaison de la composition de la fraction recyclable déterminée de la zone villa de la zone d'étude avec d'autres zones a permis de conclure que la production de déchets recyclables est très faible dans la zone villa de la ville de BENI MELLAL.

Après l'interprétation de la composition de la fraction recyclable, nous avons donné la caractérisation des Ordures Ménagères de la ville de BENI MELLAL qui s'est déroulée durant 6 jours et 6 nuits consécutifs par séparation par taille ($[\geq 250\text{mm}]$, $[80-250\text{mm}]$ et $[\leq 80\text{ mm}]$) et par catégorie. Les résultats ont révélé que le secteur 9 est le plus générateur des déchets solides durant les 6 jours de la période d'étude avec un Tonnage globale de 66,59 Tonnes. Tandis que le secteur 3 est le moins générateur de déchets avec un tonnage 13,50 Tonnes. La classification des déchets de Ville BENI MELLAL par taille a montré que les Putrescibles sont les plus représentatifs (57,15%), suivi de Plastiques (15,18%), puis les textiles sanitaires (7,81%), Cartons (7,13%), Textiles (6,83%), les déchets dangereux (4,11%) et le reste des catégories ne dépassent pas 1%. Tandis que la classification par catégorie a indiqué que la composition journalière des déchets solides en fraction $[>250\text{mm}]$ est caractérisée par 58,20% des Putrescibles, 15,80% en Plastiques, 6,31% de Textiles, 6,75% de Cartons, 6,48% de textiles sanitaires et 4,38% de déchets dangereux. Le reste des catégories ne dépassent pas 1% chacune. Or, la composition en fraction $[80-250\text{mm}]$ est de 56,65% des Putrescibles, 14,87% de Plastiques, 8,46% de Textiles sanitaires, 7,31% de Cartons et 7,08% de Textiles. Les déchets dangereux enregistrent 3,98%.

Dans un autre sens, et afin de mettre en exergue l'impact de l'interdiction des Sacs en Plastique sur le tonnage des déchets solides de la ville BENI MELLAL, nous avons réalisé une comparaison de la variation du tonnage des déchets solides entre le premier semestre et le deuxième semestre de 2016 et une interprétation de la variation du tonnage des Ordures Ménagères entre 2014 et 2016. Les résultats ont montré qu'après l'interdiction le tonnage des déchets solides, de la ville de BENI MELLAL, a connu une augmentation de la fraction recyclable en deuxième semestre entre 2014 et 2016 tout en enregistrant un tonnage global de 153,02 Tonnes et un tonnage moyen mensuel de 25,50 Tonnes en deuxième semestre. Par ailleurs, les Ordures ménagères ont connues une décroissance entre le premier semestre et deuxième semestre de 2016 et qui a passé de 27241,85 à 26506,12 Tonnes avec un taux de décroissance de 2,7%. Et entre le deuxième semestre de 2014 et 2016 : qui a passé de 28429,86 en 2014 à 26506,12 Tonnes en 2016 avec un taux de décroissance entre 2015 et 2016 de l'ordre de 6,14%

PERSPECTIVES

Cette étude répond en partie aux objectifs fixés, et soulève des points qu'il serait nécessaire de quantifier afin d'ajuster au mieux la valorisation des déchets. On pourrait, ainsi, suggérer les approches suivantes à adopter et à approfondir :

- Suivre l'évolution du tonnage des déchets sur une période de cinq ans en vue de planifier et de définir les stratégies futures en matière de gestion et de traitement, pour bien dimensionner la nouvelle décharge contrôlée de la ville.
- Evaluer le potentiel de valorisation (compostage, recyclage des métaux et du carton, etc.) afin de l'exploiter au niveau du centre du tri et de couvrir les charges de la gestion déléguée des services de la collecte et de nettoyage de la Commune Territoriale BENI MELLAL ;
- Etude de la faisabilité du tri sélectif des déchets solides au niveau de tous les secteurs de la ville de BENI MELLAL ;
- Etude de la rentabilité du tri sélectif des déchets solides de la ville de BENI MELLAL et évaluer son impact sur le budget de la Commune Territoriale BENI MELLAL ;
- Optimiser le mode de traitement des déchets ;
- Déterminer l'impact du tri sélectif sur la qualité de la lixiviat engendrée par les ordures ménagères

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- (LPEE, 1999) Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes (LPEE), Comportement mécanique non linéaire du bloc de terre comprimée par couplage élasticité endommagement.1999
- (MI, 1998) Fennane, M., & Tattou, M. I. (1998). Catalogue des plantes vasculaires rares, menacées ou endémiques du Maroc. F. M. Raimondo, & B. Valdés (Eds.). Herbarium Mediterraneum Panormitanum.
- ABHOER, 2016. Des températures estivales très élevées (moyenne des maxima 37,7C) et hivernales basses (moyenne des minima 4,9C).- Une très forte évaporation.
- ABHOER, 2011. Agence deu Bassin Hydraulique Oum Er Rbia- inventaire du degré de pollution des eaux superficielles,
- Aboulam S. (2005). Recherche d'une méthode d'analyse du fonctionnement des usines de tri-compostage des déchets ménagers. Fiabilité des bilans matière ; Thèse de Doctorat; Institut National Polytechnique de Toulouse; Ecole Nationale supérieure Agronomique de Toulouse.
- Abu-Qudais M. et Abu-Qdais H.A. (2000).Energy content of municipal solid waste in Jordan an dits potential utilization; Energy Conversion & Management 41 (2000) 983 – 991.
- Achankeng E. (2003). Globalization, Urbanization and Municipal Solid Waste Management in Africa, African Studies Association of Australasia and the Pacific 2003 Conference Proceedings - African on a Global Stage;22 pages.
- ADEME- L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, Stratégies de gestion et filières de traitement, 2009
- ADEME (2005-a).Gestion des déchets ménagers ; Etude de préfiguration de la campagne nationale de caractérisation des ordures ménagères ; Rapport intermédiaire : les objectifs .
- ADEME, (2005-b). Mieux connaître les déchets produits à l'échelle du territoire d'une collectivité locale ; Guide Méthodologique ; Version Expérimentale ; 111 pages.

- ADEME 2004. AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE, FRANCE – Contamination des sols : transfert des sols vers les plantes - édité par EDP Sciences/ADEME, Juin 2004., 413p.
- ADEME (2004). La gestion des déchets dans les pays en développement, 3 pages ;
- ADEME (2000). Déchets municipaux 2ème édition. ADEME éditions, Paris, 11 pages.
- ADEME, 2000-b. ADEME (2000-b), Déchets Municipaux: des chiffres clés, 2ème éditions, 12 pages
- ADEME, (1999), Composition des ordures ménagères en France (données et référence), 60 pages.
- ADEME, 1999. AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE, FRANCE - La composition des ordures ménagères en France - édité par l'Ademe Centre d'Angers, (1ère édition) Janvier 1999 - Coll., « Données et Références », 59p.
- ADEME (1999). Composition des ordures ménagères en France (données et référence), 60 pages.
- ADEME, (1993), AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE, FRANCE – Méthode de caractérisation des ordures ménagères, MODECOMTM- Manuel de base – édité par l'Ademe Centre d'Angers, Septembre 1993 - Réf 1601 - Coll., « Connaître pour agir », 64p.
- AFNOR, (1996). Déchets : Caractérisation d'un échantillon de déchets ménagers et assimilés ; Eds AFNOR ; 24 pages.
- AFNOR, AFAV. "Qualité en conception: la rencontre Besoin-Produit-Ressources." *Editions AFNOR* (1996). (AFNOR, 1996)
- Aina, O. H., Liu, R., Sutcliffe, J. L., Marik, J., Pan, C. X., & Lam, K. S. (2007). From combinatorial chemistry to cancer-targeting peptides. *Molecular pharmaceuticals*, 4(5), 631-651.
- Aina, M. P. (2006). Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchets urbains dans les PED: contributions à l'élaboration d'un guide méthodologique et à sa validation expérimentale sur sites. Université de Limoges, Département de Chimie et Microbiologie de l'eau, 5-36.
- Ajir, A. (2002, January). Gestion des déchets solides au Maroc: Problématique et approche de développement. In *Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management* (pp. 740-747).

- Aloueimine, S., Matejka, G., Zurbrugg, C., & Sidi Mohamed, M. (2006). Caractérisation des ordures ménagères à Nouakchott Partie 1: Méthode d'échantillonnage. *Déchets sciences & techniques*, (44), 4-8.
- Aloueimine S., Matejka G., Zurbrugg C. et Sidi Mohamed M.E., (2005-b). Caractérisation des Ordures Ménagers à Nouakchott :Partie II : Résultats en Saison Sèche et en Saison Humide, article en Presse, 8 pages.
- ALOUÉIMINE, S., MATEJKA, G., ZURBRUGG, C., et al. Caractérisation des ordures ménagères à Nouakchott—Partie II: Résultats en saison sèche et en saison humide. *Revue francophone d'écologie industrielle* (44), 2006.
- André M. et Hubert S. (1997). Gestion des déchets hospitaliers, Projet DESS "TBH", UTC, pp 51.
- Anonyme, (2004-a). Recueil Activités Pédagogiques ; Québec-Cameroun, Mission 2003-2004 ; 74 pages.
- Arcens, M. T., DIARRE, A. Togola. S. La participation de la communauté à la gestion des déchets solides au Mali: collecte des ordures ménagères à Bamako. ENDA/WASTE copublication, Gouda (Pays-Bas), 1997.
- Arioua A. & Oujadi M. (2012): "Caractérisation climatologique de la région de Béni Mellal". Recueil des communications, 2^{ème} colloque international sur la gestion et la préservation des ressources en eau (CIGPRE2), Meknès 10-12 mai 2012, Fac. Sci. univ. Moulay Ismail - Maroc.
- ATTRASSI, Benaissa, MRABET, L., DOUIRA, A., et al. Etude de la valorisation agronomique des composts des déchets ménagers. UFR eaux usées et santé», Université Ibn Tofail, Faculté des sciences BP. 133 Kenitra 14000 Maroc, 2005.
- Aye, Lu, and E. R. Widjaya. "Environmental and economic analyses of waste disposal options for traditional markets in Indonesia." *Waste Management* 26.10 (2006), 1180-1191.
- Aziz OUATMANE, DRAFT - Expériences pilotes de Tri à la source des déchets ménagers et déchets assimilés au Maroc Bilan, orientations générales et recommandations pratiques, Etude réalisée pour le compte du programme CoMun Villes et municipalités-GIZ, Novembre, 2013.
- Barlaz et al. Barlaz M.A. et Reinhart D.R., Bioreactor landfills: progress continues, *Waste Management* 24 (2004) 859 – 860.
- Bellamy C., 1997. *The State of the World's Children*, United Nations Children Fund (UNICEF), 109 pages Bellamy, 1997.

- Bellenfant, G. (2001). Modélisation de la production de lixiviat en centre de stockage de déchets ménagers (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine-INPL).
- BELLENFANT, Gaël. Modélisation de la production de lixiviat en centre de stockage de déchets ménagers. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine-INPL, École Nationale Supérieure de Géologie de Nancy Laboratoire Environnement, Géomécanique & Ouvrages, 2001.
- Ben Ammar, 2006. Les enjeux de la caractérisation des déchets ménagers pour le choix de traitements adaptés dans les pays en développement résultats de la caractérisation dans le grand Tunis mise au point d'une méthode adaptée, discipline : géosciences, thèse institut national polytechnique de lorraine école nationale supérieure de géologie de Nancy Laboratoire Environnement et Minéralurgie.
- BENASSILA, Nawal et EL MAGUIRI, Dikra. Le Knowledge Risk Management «KRM», une approche de gestion des connaissances basée sur le risque: une synthèse des concepts et cadres d'analyse [The Risk Management Knowledge" KRM" an approach to knowledge management based on risk: a review of concepts and analytical frameworks]. 2014.
- Bernard Caron. Le luri. Quelques notes sur une langue tchadique du Nigéria. Pascal Boyeldieu et Pierre Nougayrol. Langues et cultures: terrains d'Afrique. Hommage à France Cloarec-Heiss, Peeters, Louvain, pp.193-201, 2004, Afrique et Langage
- BERTHE, Céline. Étude de la matière organique contenue dans des lixiviats issus de différentes filières de traitement des déchets ménagers et assimilés. France: Thèse de doctorat, Université de Limoges, 2006.
- Beylot, A., & Villeneuve, J. (2013). Environmental impacts of residual Municipal Solid Waste incineration: A comparison of 110 French incinerators using a life cycle approach. *Waste management*, 33(12), 2781-2788.
- Bilan sur la gestion des déchets au Québec, 2002 ;
- Borm, J. (2015). L'hymnologie morave ou le cantique comme témoignage de la foi. *Études théologiques et religieuses*, 90(2), 221-231.
- BOTA, MEDRANO, Hipólito, Josefina, ABADÍA, Anunciacion, et al. Effects of drought on light-energy dissipation mechanisms in high-light-acclimated, field-grown grapevines. *Functional Plant Biology*, 2002, vol. 29, no 10, p. 1197-1207..

- Buenrostro O. et Bocco G. (2003). Solid waste management in municipalities in Mexico: Goal and perspectives, *Resources, Conservation and Recycling* 39 (2003) 251 – 263.
- Charnay, C., Bégu, S., Tourné-Péteilh, C., Nicole, L., Lerner, D. A., & Devoisselle, J. M. (2004). Inclusion of ibuprofen in mesoporous templated silica: drug loading and release property. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 57(3), 533-540.
- CHARNAY, F. Compostage des déchets urbains dans les pays en développement: Elaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de Doctorat, école doctorale Science–Technique–Santé Faculté des Sciences et Techniques, UNIVERSITE DE LIMOGES 2005, no 56, p. 34-99.
- CHIAMPO, Fulvia, CONTI, Romualdo, et COMETTO, D. Morphological characterisation of MSW landfills. *Resources, conservation and recycling*, 1996, vol. 17, no 1, p. 37-45.
- Christensen, E., Curbera, F., Meredith, G., & Weerawarana, S. (2001). Web services description language (WSDL) 1.1.
- Christensen, Thomas H., and Peter Kjeldsen. "Basic biochemical processes in landfills." IN: *Sanitary Landfilling: Process, Technology, and Environmental Impact*. Academic Press, New York. 1989. p 29-49, 9 fig, 3 tab, 34 ref. (1989).
- CIEDE (1999). Informations techniques, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, Module 6 ; Maroc. www.ciede.org.ma/siedcc/siedcc/Infotechniques.htm
- Clark, J. (2006). The institutional limits to multifunctional agriculture: subnational governance and regional systems of innovation. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 24(3), 331-349.
- Cointreau-Levine S., (1997). "Occupational and Environmental Health Issues of Solid Waste Management". *International Occupational and Environmental Medicine*. St. Louis (USA); 25 pages.
- Cointreau. COINTREAU-LEVINE, Sandra - Privatisation de la gestion des déchets solides dans les pays en développement – Intervention au Séminaire Régional IAGU-GREA-AOPDM « Déchets solides en milieu urbain d'Afrique de l'ouest et centrale – vers une gestion durable », Abidjan, 14 au 16 février 1996, 16p.
- COINTREAU-LEVINE, Sandra - Privatisation de la gestion des déchets solides dans les pays en développement – Intervention au Séminaire Régional IAGU-GREA-AOPDM «

- Déchets solides en milieu urbain d'Afrique de l'ouest et centrale – vers une gestion durable », Abidjan, 14 au 16 février 1996, 16p.
- Dahir n° 1-06-153 du 30 chaoual 1427 (22 novembre 2006) ; BO n° 5480 du 7 décembre 2006.
- Daskalopoulos E., Badr O. et Probert S.D. (1998). Municipal solid waste : a prediction methodology for the generation rate and composition in the European Union countries and the United States of America, *Resources, conservation and Recycling* 24 (1998) 155 – 166.
- de Bertoldi, M. de, G. et Vallini, and A. Pera. "The biology of composting: a review." *Waste Management & Research* 1.2 (1983): 157-176.
- Desgrandchamps, M. L. (2011). Revenir sur le mythe fondateur de Médecins sans frontières: les relations entre les médecins français et le CICR pendant la guerre du Biafra (1967-1970). *Relations internationales*, (2), 95-108.
- DGCL, 1991. DIRECTION GENERALE DES COLLECTIVITES LOCALES - DIRECTION DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT, MAROC - Principes et pratiques pour la gestion rationnelle des déchets solides municipaux –Document réalisé pour le Ministère de l'Intérieur Marocain avec le soutien de l'Agence Américaine pour le Développement International (USAID), 1991, 82p.
- DGCL-DEA, 1995. DIRECTION GENERALE DES COLLECTIVITES LOCALES - DIRECTION DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT, MAROC - Collecte et traitement des ordures ménagères au Maroc – Document Technique réalisé pour le Ministère de l'Intérieur Marocain avec le soutien du Ministère français des Affaires Etrangères, 1995, 40p
- Diaz L.F. (1998).Resolving Institutional, Regulatory and Human Resource Issues in Municipal Solid Waste Management, presented at Atlas Economic Research Foundation Conference on Poverty and the Environment: Global Lessons – Local Solutions, Orlando, Florida.
- Diop, 1988. Contribution à l'Etude de la Gestion des Déchets Solides de Dakar : Analyse systémique et Aide à la Décision, thèse de doctorat N° 757, Département de Génie Rural et Géométrie, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, 292 pages.
- Dong, C., Jin B. et Li, D. (2003). Predicting the heating value of MSW with a feed forward, neural network, *Waste Management* 23 (2003) 103 – 106.

- Ehrig, H. J. (1989). Leachate quality. IN: Sanitary Landfilling: Process, Technology, and Environmental Impact. Academic Press, New York. 1989. p 213-229, 10 fig, 3 tab, 4 ref.;
- El-Fadel, M., Bou-Zeid, E., Chahine, W., & Alayli, B. (2002). Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. *Waste management*, 22(3), 269-282.
- ELMOUALDI, Laarousi, LABIOUI, Hicham, EL YACHIOUI, Mohammed, et al. Caractérisation, transformation et valorisation de déchets d'éviscération de volaille de Kénitra, Maroc. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 2006, vol. 2, no 1.
- Enda Maghreb, (2003). Projet de Protection de la biodiversité et des ressources en eau du Bassin Versant de la Moulouya (PBREM), Formation technique sur la gestion des déchets solides municipaux, 63 pages.
- EPA, (2000). Reducing Waste Can Make a World of Difference: The Link Between Solid Waste and Global Climate Change, Reusable News, EPA 530-N-00-06 Fall 2000, Environmental Protection Agency, Emergency Response (5305W), 12 pages.
- Estevez P., (2003). Management of Municipal Solid Waste in Santiago, Chile :Assessing Waste-to-Energy Possibilities, Department of Earth and Environmental Engineering Fu Foundation of School of Engineering and Applied Science, Earth Engineering Center, Columbia University; 32 pages
- Farquhar, Grahame J., and F. A. Rovers. "Gas production during refuse decomposition." *Water, Air, & Soil Pollution* 2.4 (1973): 483-495. Fraquar G.J.et al, 1973)
- FCQ, 1999. Front Commun Québécois. Mémoire du Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets sur la consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec, 33 pages.
- FERNANDES, J. C., *et al.* Notion de transfert Ville-Campagne: Possibilité d'un cercle vertueux entre la gestion des déchets organiques à Port-au-Prince (Haïti) et la production agricole de la campagne. *RED*, 2012, vol. 5, no 1, p. 6.
- Focus biosécurité (1999). Article « Compostage et santé », focus Biosécurité CH Nr.12 ; Programme prioritaire Biotechnologie du fonds national suisse de la recherche scientifique, 4 pages.

- François V. (2004): Détermination d'indicateurs d'accélération et déstabilisation de déchets ménagers enfouis. Etude de l'impact de la recirculation de lixiviats sur colonnes de déchets, thèse de doctorat N° 8-2004, Université de Limoges.
- Furedy, Christine, Virginia Maclaren, and Joseph Whitney. "Réutilisation des déchets organiques pour la production alimentaire dans les villes asiatiques: perspectives sanitaire et économique." *Armer les villes contre la faim: systèmes alimentaires urbains durables* (2000): 144
- Garcia A.J., Esteban M.B., Marquez M.C., Ramos P. (2005). Biodegradable municipal solid waste: Characterization and potential use as animal feedstuffs; *Waste Management* 25 (2005) 780–787.
- Giloux, P. "Les finalité du compostage: Le traitement biologique des déchets." *TSM. Techniques sciences méthodes, génie urbain génie rural* 2 (1995): 111-115.
- Graindorge, Philippe, and Francois X. Desforges, 1990. "Channelled light spectrum analysis measurement method and device, more especially for measuring a low amplitude movement of a mobile surface, which may be representative of a variation of a physical magnitude convertible into such a movement." U.S. Patent No. 4,932,782.
- Guibbert J. J. (1998). "Changer d'échelle pour un changement éco social significatif", annexes : Fiche technique Compostage et Gestion des ordures ménagères, www.globenet.org/preceup/pages/fr/chapitre/reflreco/reflex/autretem/e_b.htm.
- Hafid N. et Elhadek (2004). Compostage et mise en décharge des déchets urbains : bilan de l'expérience d'une région semi-aride ; *The First International Symposium on the Management OF Liquid and Solid Residues (MALISORE)*, 26 – 27, April 2004, Mohammedia – Morocco, 372 pages.
- Hassen A., Belguith K., Jedidi N., Cherif A., Cherif M. et Boudabous A., (2001). Microbial characterization during composting of municipal solid waste ; *Bioresource Technology* 80 (2001) 217 – 225.
- HCP, 2014. Haut-Commissariat au Plan. Recensement Général du MAROC. <http://www.hcp.ma>
- HCP, 2017. Haut-Commissariat au Plan. <http://www.hcp.ma>
- Hebette A., (1996). Guide pratique de la gestion Afrique sub-saharienne des déchets solides urbains , IAGU-GREA ISBN 2-919894-02-1 Banque Mondiale, page 14, 154 pages.
- Hoornweg D., Thomas L. et Otten L., (2000). *Composting and Its Applicability in Developing Countries, Urban Waste management*, Published for the Urban Development Division, The World Bank, Washington DC, 52 pages.

- Houot S., Rose J. (2002). « Déchets (agricoles, urbains, industriels) », Prospective SIC 2002 Synthèse de l'atelier n° 8 ; Division « Surfaces et Interfaces Continentales » ; INSU.
- Hwang, Ching-Lai, and Kwangsun Yoon. (2012), *Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey*. Vol. 186. Springer Science & Business Media.
- Identification of current SWM Practices and scope for ILO Support in Nairobi Kenya, 51pages.
- Iyer, Anjana, D. G. Poornima, and Manjula N. Rao. "Community Participation In Waste Management Experiences: of a Pilot Project in Bangalore, India." WASTE, September (2001).
- Jalila, Ghalloudi, Zahour Ghalem, and Talbi Mohamed. "EVALUATION DE LA PREMIERE EXPERIENCE DE GESTION DELEGUEE DES DECHETS MENAGERS A CASABLANCA, MAROC." *European Scientific Journal, ESJ* 11.2 (2015).
- Johannessen L.M., Barton C., Hanrahan D., Boyer M.G. et Chandra C., (2000). Healthcare Waste Management Guidance Note; Urban Development Division, Infrastructure Group Environment Department and Health, Nutrition and Population Team; The World Bank; 69 pages
- Kaal, M. B. T., Van Dijk, A. L., Beurskens, L. W. M., Boots, M. G., De Lange, T. J., Van Sambeek, E. J. W., & Uytterlinde, M. A. (2003). Renewable energy policies and market developments. *ECN, The Netherlands*.
- Kaibouchi S., (2004). Mâchefers d'incinération d'ordures ménagères : Contribution à l'étude des mécanismes de stabilisation par carbonatation et influence de la collecte sélective ; thèse.
- Karkouri M.,(2016), Introduction du tri sélectif commune de Béni Mellal. Rapport de la commune urbain.
- Karkouri, M., Zafad, S., Khattab, M., Benjaafar, N., El Kacemi, H., Sefiani, S., ... & Soliman, A. S. (2010). Epidemiologic profile of pediatric brain tumors in Morocco. *Child's Nervous System*, 26(8), 1021-102
- Kölsch, F. (1995, October). Material values for some mechanical properties of domestic waste. In *Proceedings sardinia* (Vol. 95, p. 20).
- Lanini, S. (1998). Analyse et modélisation des transferts de masse et de chaleur au sein des décharges d'ordures ménagères (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Toulouse).

- LOI, N. 11-03 relative à «la protection et à la mise en valeur de l'environnement», promulguée par dahir n 1-03-59 du 12 mai 2003. Bulletin officiel, (5118). (Loi n° 11-03,2003)
- M.T. (1997). La Collecte des Ordures Ménagères au Secteur 15 de Ouagadougou ; Programme UWEP Waste Enda Tiers-Monde/CREPA.
- MASCLET, Olivier et SCHWARTZ, Olivier. La gauche et les cités: enquête sur un rendez-vous manqué. Paris : La dispute, 2003.
- MBM, 2015. Municipalité de BENI MELLAL- Caractérisation des Ordures ménagères de la Ville de BENI MELLAL, Juin 2015. Rapport Final réalisé par ARCO ENVIRONNEMENT.
- MBT, (2003). Mechanical Biological Treatment, Cool Waste Management, a Stateof-the-Art Alternative to Incineration for ResidualMunicipal Waste, February 2003 Published by the Greenpeace Environmental Trust Canonbury Villas, London N1 2PN, United Kingdom, 58 pages.
- Mbuligwe, S. E. (2004). Comparative effectiveness of engineered wetland systems in the treatment of anaerobically pre-treated domestic wastewater. *Ecological engineering*, 23(4), 269-284.
- Mbulugwe S.E et Kassenga G.R. (2004). Feasibility and strategies for anaerobic digestion of solid waste for energy production in Dar Es Salaam city, Tanzania, *Resources, Conservation and Recycling* 42 (2004) 183 – 203.
- Medina M. (2000). Scavenger Cooperatives in Asia and Latin America, *Resources, Conservation and Recycling*. 31(2000) 51-69. (Medina, 2000).
- Medina M., 1997. Informal recycling and collection of solid wastes in developing countries: Issues and opportunities; UNU/IAS working paper N° 24, 39 pages.
- Medina M. (a).Waste Picker Cooperatives in Developing Countries;El Colegio de la Frontera Norte, Mexico ; 36 pages.
- Medina M. (b).Scavenger Cooperatives in Asia and Latin America; El Colegio de la Frontera Norte, Mexico ; 42 pages.
- Ministère du Maroc, Royaume. "Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement." Département de l'Environnement. "Oasis Au Maroc: L'adaptation Au Changement Climatique." Oasis Résilientes: L'adaptation Au Changement Climatique, nd <http://www.oasisadaptation.com> (2008).
- MODECOM (1993). Méthode de Caractérisation des Ordures Ménagères/ 2ème édition, ADEME éditions, Paris, 64 pages.

- Mohee R. (2002). Assessing the recovery potential of solid waste in Mauritius; Resources, conservation and Recycling 36 (2002) 33 – 43.
- Morvan B. (2000). Méthode de caractérisation des déchets ménagers : analyse sur produit sec. Déchets Sciences et Techniques, 20, 9-11.
- Moyen-Orient, Bureau Régional, and Afrique du Nord. "ROYAUME DU MAROC EVALUATION DU COUT DE LA DEGRADATION DE L'ENVIRONNEMENT." (2003).
- Mustin M. (1987). Le compost ; gestion de la matière organique ; Editions François DUBUSC, Paris ; 955 pages.
- Ngnikam E., (2002). La maîtrise de la collecte et de traitement des déchets solides dans les pays en développement et réduction des émissions de gaz à effet de serre, rencontre de la coopération technologique nord-sud pour le développement durable et le climat organisées dans le cadre de POLLUTEC, Lyon 25 et 26 Novembre 2002, 22 pages.
- Ngnikam E., Vermande P., Tanawa M. et Wethe J., (1997). "Une Démarche Intégrée pour la Maîtrise de la Gestion des Déchets Solides Urbains au Cameroun", Revue Déchets Sciences et Techniques n°5, 1er trimestre 1997.
- Nordtest method, (1995). Solid Waste, Municipal: Sampling and Characterisation; NT ENVIR 001, Tekniikantie, FIN-02150 ESPOO Finland; ISSN 0238-4445 ; 12 pages.
- Norme Afnor NFX 30-466, 2005, ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION – Norme NF XP X30-466 – Déchets ménagers et assimilés – Méthodes de caractérisation- Analyse sur produit sec, norme expérimentale, Mars 2005.
- Ojeda-Benitez S., Armijo de Vega C. et Ramirez-Barreto M.E. (2003). Characterization and quantification of household solid waste in Mexican city, Resources, Conservation and Recycling 39 (2003) 211 - 222.
- Okpala, D. C. (1992). Housing production systems and technologies in developing countries: a review of the experiences and possible future trends/prospects. Habitat International, 16(3), 9-32
- ONEP, Caractérisation. "quantitative et qualitative des eaux usées." Guide de bonne Pratique, Direction Laboratoire de la Qualité des Eaux, ONEP, Rabat (1999).
- Patpem-Prgds, 2005) METAP-PRGDS-Maroc, 2004 Programme d'Assistance Technique pour l'Environnement Méditerranéen - Projet Régional de Gestion des Déchets Solides, Rapport Pays – Maroc, préparé par le consortium international GTZ-ERMKGW, mai 2004

- Paul H. Brunner et Walter R. Ernst (1986). *Alternative Methods for the Analysis of Municipal Solid Waste*, *Waste Management & research* (1986) 4, 147-160.
- Peter J.M. Nas et Jaffe R., (2003). *Informal Waste Management, Shifting the focus from problem to potential*; CNWS Research School, Leiden University, The Netherlands; 17 pages.
- Peters, T. A. (1999). *Computerized monitoring and online privacy*. McFarland.
- PÉTRY, François. *En Guise de Conclusion. Le Parti Québécois. Bilan Des Engagements Électoraux, 1994-2000, 2002*, p. 208..
- Pineau et al, 1996 PINEAU J.L., KAMARI N., MENAD N. – Representativeness of an automobile shredder residue sample for a verification analysis. *Rev. Waste Management & Research*, 1996, 7, pp 737-746.
- Politique Nationale, (2004). *Projet de Politique Nationale pour le Développement de la Nutrition*, pages 6-7, 35 pages.
- PRGDS- METAP -Egypte, (2004). PROGRAMME D'ASSISTANCE TECHNIQUE POUR L'ENVIRONNEMENT MEDITERRANEEN – PROJET REGIONAL DE GESTION DES DECHETS SOLIDES, Rapport Pays- Egypte, préparé par le consortium international GTZ-ERMGKW, janvier 2004, 55p
- SWA- Tool, 2004, Project Development of a Methodological Tool to Enhance the Precision & Comparability of Solid Waste Analysis Data, Methodology for the Analysis of Solid Waste (SWA-Tool), European Commission, User Version, 57 pages.
- CCA (2002). *Rapport Nations Unies La Mauritanie à l'aube du 21ème siècle Bilan commun de pays (CCA) Nouakchott*, 118 pages.
- OMS, 1997. *Rapport du Directeur Général de l'OMS, Questions relatives à l'environnement, Stratégie d'assainissement pour les communautés à haut risque, Conseil exécutif, cent unième session, EB1001/19*, 8 pages, 1997. .
- CCA (2001) *Rapport, La Mauritanie à la croisée des chemins-Bilan commun de pays (CCA), Coordination du Système des Nations Unies en Mauritanie, Document de travail 2ème draft*, 86 pages.
- Cascadia Consulting Group, Inc (2004), *Rapport, Statewide Waste Characterization Study, Contractor's Report to the Board*, 124 pages
- Rassam, M., Bulley, S., Wright, M., Rommens, C., Yan, H., Lin-Wang, K., ... & Laing, W. A. (2012). *Enhancing ascorbate in fruits and tubers through over-expression of the*

- l-galactose pathway gene GDP-l-galactose phosphorylase. *Plant biotechnology journal*, 10(4), 390-397.
- Reinhart D.R. et McCauley-Bell P. (1996). Methodology for Conducting Composition Study for Discarded Solid Waste; Florida Center for Solid and Hazardous Waste Management, 82 pages.
- Reinhart et al. (1996) Reinhart KM, Talati R, White CM, Coleman CI, 1996. Assessing the effect of biodegradable and degradable plastics on the composting of green wastes and compost quality Bioresource.
- Kenya (2001). Report Employment Creation through Privatized Waste Collection, Identification of current SWM Practices and scope for ILO Support in Nairobi Kenya, 51 pages.
- European Commission DG ENV (2002). Report, Heavy Metals in Waste, . (Final report) E3, Project ENV.E.3/ETU/2000/0058, 2002, 86 pages.
- RMHC, Lo, M., & Lucas, S. M. (2006). Evolving waste sequences with based trainable fitness functions. In *Evolutionary Computation, 2006. CEC 2006. IEEE Congress on* (pp. 601-608). IEEE.
- RMSEM performance of the models obtained by parameter estimation from artificial data. Boxplots of the performance distributions of the waste, Combined measurements—A way to improve the measurement accuracy of an additive quantity. *Measurement*, 45(5), 1165-1169. 2012
- Sancho P., Pinacho A., Ramos P. et Tejedor C., (2004). Microbiological Characterization of food residues for animal feeding ; *Waste Management* 24 (2004) 919 – 926.
- Sané Y. (2002). La gestion des déchets à Abidjan : un problème récurrent et apparemment sans solution ; *AJEAM/RAGEE* 2002 ; Vol.4 N°1 ; 13-22
- Sehnke, F., Osendorfer, C., Rückstieß, T., Graves, A., Peters, J., & Schmidhuber, J. (2008). Policy gradients with parameter-based exploration for control. *Artificial Neural Networks-ICANN 2008*, 387-396.
- SGDSN, (2003). Stratégie de gestion des déchets solides de Nouakchott, organisation de la filière d'enlèvement des ordures ménagères, volume I, Rapport final, Ministère des Affaires Economiques et du Développement, Programme de Développement Urbain, 2003, 130 pages
- Sidi Ould Alouimine, 2006, méthodologie de caractérisation des déchets ménagers à Nouakchott (Mauritanie) : contribution à la gestion des déchets et outils d'aide à la

- décision, discipline : Chimie et Microbiologie de l'Eau, thèse, Université de Nouakchott, Mauritanie
- Soclo H. H., Aguewe M., Adjahossou B.C. et Houngue Th (1999). Recherche de compost type et toxicité résiduelle au Bénin, TSM N° 9 – septembre 1999 – 94^{ème}année, 9 pages.
- Ta T. T., (1998). Pour une gestion efficiente des déchets dans les villes africaines : les mutations à conduire, les cahiers du PDM, N°1 janvier 1998, 65 pages.
- Tchobanoglous G., Theisen H. et Vigil Samuel A., (1993). Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues ; McGraw-Hill International Editions; Civil Engineering Services; 978 pages.
- Thogersen J., (1999). Wasteful Food Consumption: Trends In Food And Packaging Waste, Scandinavian Journal of Management, Volume 12, Issue 3, Pages 291-304. Thogersen, 1999 et
- UNDAF (2005). Mauritanie :Revue à mi-parcours du plan cadre des Nations Unies pour le développement, MAED/PNUD, Nouakchott septembre 2005, page 6 – 9, 36 pages.
- Von Blottnitz H., Pehlken A. et Pretz T. (2001). The description of solid wastes by particle mass instead of particle size distributions. Resources, Conservation and Recycling, 34, 193-207.
- Warith et al., 2005 ; Warith M., Li X. and Jin H., (2005). Bioreactor Landfills: State-of-the-Art Review; Emirates Journal for Engineering Research, 10 (1), 1-14 (2005).
- Wei Y-S , Fan Y.B., Wang M-J et Wang J-S (2000). Composting and compost application in China, Resources, Conservation and Recycling 30 (2000) 277 – 300.
- Wicker A. (2000). Chapitre 22: Gestion des Déchets dans « Statistiques pour la politique de l'environnement », 27-28 novembre, Munich ; 12 pages.
- Wincker Wincker, Crollius, H. R., Jaillon, O., Bernot 2000 ; Planning for sustainable and Integrated Solid Waste Management”, Manila, du 18 au 21 Septembre 2000, 9 p
- Youcai Z., Lijie S. et Guojian L., (2002). Chemical stabilization of MSW incinerator fly ashes; Journal of Hazardous Materials B95 (2002) 47–63. Zairi et al., 2004 ; ⁽⁴⁾