



ROYAUME DU MAROC
Université Sultan Moulay Slimane
Faculté des Sciences et Techniques
Béni Mellal



N° d'ordre : 73/2015

Centre d'Etudes Doctorales « Sciences et Techniques »
Formation Doctorale « Ressources Naturelles, Environnement et Santé »

THESE

Présentée par

AMINA NAJIH

Pour l'obtention du grade de

Docteur

Spécialité : Génie de l'Environnement

Analyse du système et proposition d'un modèle de gestion des déchets ménagers à Khouribga. Application de la technique d'analyse multicritère.

Soutenue publiquement le 12 Juin 2015
devant les membres de jury :

Pr. ABDELMAJID HADDIOUI	Faculté des Sciences et Techniques Beni Mellal	Président
Pr. ABDERRAHIM JAOUAD	Faculté des Sciences Semlalia Marrakech	Rapporteur
Pr. ABDELKRIM ARIOUA	Faculté des Sciences et Techniques Beni Mellal	Rapporteur
Pr. AZIZ HASIB	Faculté des Sciences et Techniques Beni Mellal	Rapporteur
Pr. SOUMAYA HAMMADA	Faculté des Sciences et Techniques Beni Mellal	Examinatrice
Pr. KHALID HABBARI	Faculté des Sciences et Techniques Beni Mellal	Directeur de thèse
Pr. SOUMIA AMIR	Faculté Polydisciplinaire de Béni Mellal	Co-directrice de thèse

TABLE DES MATIERES

DEDICACES

REMERCIEMENTS

AVANT PROPOS

RESUME

ملخص

ABSTRAT

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION GENERALE	1
PARTIE I : Synthèse Bibliographique	5
<i>Chapitre I : GENERALITES SUR LES ORDURES MENAGERES</i>	6
I.1-Historique des déchets	6
I.2-Notions de déchets	7
I.3-Définition des concepts liés aux déchets	8
I.4-Classification des déchets	9
I.5-Les ordures ménagères	10
I.6-Les effets des déchets	11
<i>Chapitre II : LA GESTION DES ORDURES MENAGERES</i>	13
II.1-La gestion des déchets ménagers est un service public	13
II.2-Etapes de la gestion des déchets ménagers	14
II.3-Coût de la gestion des déchets ménagers	16
II.4-Enjeux liés à la gestion des déchets ménagers	17
II.5-La gestion durable des déchets ménagers	18
<i>Chapitre III : LA GESTION DES DECHETS MENAGERS AU MAROC</i>	21
III.1-Production et caractérisation des déchets ménagers au Maroc	21
III.2-Traitement des déchets au Maroc	23
III.3-Diagnostic de la gouvernance environnementale au Maroc.....	24
III.4-Programme national des déchets Ménagers.....	27
PARTIE II : Analyse du système de gestion des déchets ménagers dans la ville de Khouribga	31
<i>Chapitre I : L'ANALYSE DU SUSTEME DE GESTION DES DECHETS MENAGERS A KHOURIBGA</i>	32
I.1-Introduction	32
I.2- Présentation de la zone d'étude	32

INTRODUCTION GENERALE

La croissance régulière de la population et le changement des modes de production et de consommation entraînent une production de plus en plus importante de déchets de nature très variée tels que les déchets des ménages, des unités industrielles, des commerçants, des activités de soins, du bâtiment, des services de nettoyage, des espaces verts, et ceux provenant de l'agriculture, etc. D'autre part, malgré que les pays du développés ont réalisé beaucoup de progrès dans le domaine de la gestion des déchets, l'élimination total des effets engendrés par les déchets et leurs gestion n'est jamais aboutie, d'où les recherches et les efforts déployés constamment par tous les pays pour améliorer et protéger l'environnement.

Parmi ces déchets, les déchets ménagers et les déchets assimilés sont considérés le type de déchets le plus fréquent. C'est le déchet produit principalement par les ménages, et que chacun d'entre nous génère quotidiennement, d'où l'intérêt de l'implication de tout le monde dans le processus de sa gestion pour la protection de notre environnement.

Le Maroc, considéré comme pays en voie de développement, dispose d'une grande richesse écologique, menacée par différents types de pollutions et nuisances. L'environnement dans notre pays est en dégradation constante et les ressources naturelles s'amenuisent régulièrement : pollution de l'air et des eaux, déforestation, érosion éolienne et hydrique des sols, désertification, menace de la biodiversité, etc. Déjà en 2000, le coût de la dégradation de l'environnement dans notre pays a été estimé à 3,7% du PIB (**Chebani, 2011**).

Pour la grande majorité des collectivités locales marocaines, la gestion de ses déchets reste très problématique car la croissance urbaine s'est réalisée à une vitesse telle qu'elle a souvent dépassé leur capacité à assumer cette situation. Aussi, le développement socio- économique du pays ne s'est pas accompagné de mesures de protection de l'environnement, notamment en ce qui concerne le secteur de gestion des déchets solides. Les pressions sur l'environnement comme sur la qualité du cadre de vie des populations et les conditions sanitaires deviennent de plus en plus alarmantes.

En effet, au Maroc la population urbaine constitue 56% de la population totale, chaque commune assure le service de nettoyage et de collecte des déchets à l'intérieur de son périmètre et elle se charge aussi de l'élimination finale de ces déchets. D'après le département de l'environnement au Maroc, la production des déchets par habitant et par jour est très variable d'une région à une autre, et elle est en moyenne de 0,76Kg/habitant/jour (**SECE, 2010**). Le taux de collecte n'est pas totale et toujours non bien déterminé pour toutes les communes et il est également très variable. Cette situation engendre souvent l'apparition de points noirs dans les quartiers périphériques et les terrains vagues de la plus part des villes, en plus de l'apparition des autres problèmes parfois implicites (pollution des eaux, problèmes de santé,...).

Cependant, une dynamique a été démarrée au niveau national relative à l'amélioration des services en rapport avec la gestion des déchets mais nécessite de l'appui et de l'accompagnement. Les ministères de l'aménagement du territoire, de l'eau et de l'environnement et celle de l'intérieur ont entrepris plusieurs projets et programmes visant l'optimisation de la gestion de ce secteur sur le plan technique, écologique et législatif et organisationnel, et ce en concertation



I.3- Matériels et méthode	40
I.4-Etat du lieu de la gestion des déchets ménagers à Khouribga.....	40
I.5-Conclusion.....	57

<i>Chapitre II : L'IMPACT DE LA GESTION DES DECHETS MENAGERS DANS LA VILLE DE KHOURIBGA</i>	59
II.1-Contraintes et problèmes de la gestion des déchets dans la ville de Khouribga.....	59
II.1.1-Introduction.....	59
II.1.2-Matériels et méthode	59
II.1.3-Résultats et discussion	59
II.1.4-Conclusion	68
II.2-Analyse de l'impact de la décharge de Khouribga.....	68
II.2.1-Le concept de décharge.....	69
II.2.2-Présentation de la décharge étudiée	70
II.2.3-Etude de l'impact de la décharge sur les eaux souterraines	74
II.2.3.1-Introduction à la problématique	74
II.2.3.2-Matériels et méthodes.....	75
II.2.3.3-Résultats et discussions	76
II.2.3.4-Conclusion.....	85

PARTIE III : Proposition d'un modèle de gestion des déchets ménagers à la ville de Khouribga

87

<i>Chapitre I : SYSTEME DE VALORISATION DES DECHETS MENAGERS</i>	88
I.1-Introduction.....	88
I.2-Implication des citoyens dans un système de gestion durable des déchets	88
I.2.1-Présentation	88
I.2.2-Matériels et Méthodes	90
I.2.3-Résultats et discussions	90
I.2.4-Conclusion	103
I.3-Implication des chiffonniers	104
I.3.1-Présentation	104
I.3.2-Matériels et Méthodes	105
I.3.3-Résultats et discussions	106
I.3.4 Conclusion	117
I.4-Valorisation des flux directs des déchets ménagers.....	118
I.4.1- Présentation	118
I.4.2- Matériels et Méthodes	118
I.4.3- Résultats et discussions	118
I.4.3.1-Valorisation des déchets des marchés de poissons	118
I.4.3.2-Valorisation des déchets des marchés de volailles	120
I.4.3.3-Valorisation des déchets de l'abattoir	120
I.4.3.4-Valorisation énergétique	121
I.4.4-Conclusion	121
I.5-Projet du centre d'enfouissement intercommunal	122

<i>Chapitre II : APPLICATION DE LA TECHNIQUE D'ANALYSE MULTICRITERE AU CHOIX DU SYSTEME LE PLUS APPROPRIE DE GESTION DES DECHES MENAGERS A KHOURIBGA</i>	125
---	-----

avec les départements ministériels concernés, les Collectivités Locales et la société civile. Toutefois, la concrétisation des objectifs escomptés, des efforts complémentaires doivent être déployés pour appuyer et accompagner les acteurs locaux.

La ville de Khouribga est une ville de taille moyenne avec une population de 172.000 habitants, située dans la région centre du Maroc. Elle ressemble à la majorité des villes marocaines dont la taille est moyenne du point de vue superficie et population malgré que dernièrement, le phénomène d'accélération de l'urbanisation a touché toutes les villes.

La commune urbaine de Khouribga (comme toute autre commune du Maroc) s'est affrontée au problème de gestion des déchets ménagers et assimilés. Ainsi, elle doit faire face aujourd'hui à cette situation par la mise en place d'une gestion des déchets solides appréhendée d'une façon écologique, économique et globale intégrant toute la chaîne depuis la collecte des déchets, le transport, les centres de transfert puis l'élimination des déchets.

Dans cette optique, ce travail a été réalisé afin de répondre à certaines questions et problématiques qu'englobe le domaine de la gestion des déchets ménagers. Nous proposons des solutions pour une gestion adaptable à la nature des déchets au Maroc et convenable au contexte des communes marocaines, car la gestion des déchets ménagers est un domaine complexe dont les facteurs géographiques et locaux doivent être prises en considération.

Le travail de recherche, présenté dans ce document, est réparti comme suit :

La première partie consiste à une revue de littérature sur le domaine de la gestion des déchets et une présentation de ce domaine dans le contexte marocain. Elle est divisée en deux chapitres :

Le premier chapitre est une synthèse bibliographique sur le domaine de déchet et en particulier les déchets ménagers, aussi sur leur gestion. Il donne une présentation des concepts et des différentes techniques en vigueur dans ce domaine.

Dans le deuxième chapitre de la partie bibliographique on s'approche du contexte marocain relatif à la gestion des déchets ménagers, l'arsenal juridique et réglementaire régissant le secteur ainsi que les efforts déployés par le gouvernement Marocain pour l'amélioration de la situation relative à la gestion des déchets ménagers. Cette partie présente aussi les projets et les expériences déjà mises en place dans ce domaine.

La deuxième partie est réservée à notre étude de cas, la ville de Khouribga, cette partie est divisée en deux chapitres :

Le premier chapitre présente la problématique en considérant le modèle de la ville de Khouribga. Il est consacré à la présentation du système de gestion des déchets ménagers dans cette ville en mettant le point sur les différents problèmes dont elle souffre à cause de son mode de gestion des déchets ménagers.

Le deuxième chapitre analyse les différentes sections du circuit des déchets ménagers afin de détecter les contraintes entravant l'amélioration de leur gestion. Il étudie l'impact de la situation actuelle sur les différents composants de l'environnement afin de démontrer le besoin impératif à un mode nouveau de gestion. La partie suivante présente une vision sur les solutions et les propositions adéquates au contexte de la ville en tenant en considération ces facteurs sociaux, économiques et financiers.

II.1-Introduction	125
II.2-Présentation des techniques AMC	126
II.3-La méthode PROMETHEE	128
II.4-Application de la méthode PROMETHEE à Khouribga	139
II.4.1-Description des systèmes de gestion des déchets ménagers	139
II.4.2-Choix des systèmes à étudiés pour Khouribga.....	155
II.4.3-Evaluation et exécution des données	158
II.5-Conclusion	171

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	175
--	------------

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXE

La troisième partie consacrée à l'étude des solutions pour la valorisation des déchets ménagers de la ville, à partir de deux visions présentés dans deux chapitres :

Le premier chapitre développe des techniques de traitement et de valorisation de déchets en tenant en considération la nature de ces déchets et les caractéristiques de la ville.

Le deuxième chapitre utilise la méthode des techniques d'analyse multicritères dans la gestion des déchets ménagers. En appliquant le logiciel Lab pour la comparaison d'un nombre de scénarios que nous proposons les plus adaptés à notre contexte. On a défini le scénario le plus favorable à la gestion des déchets dans la ville de Khouribga et confirmé ainsi les solutions apportés dans le chapitre précédent.

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

L'Éternel Dieu, pour son grand amour et sa grâce.

Mon très cher père Monsieur Najih Mhamed, qui avait toujours souhaité ma réussite, Que Dieu bénisse son âme.

Ma chère mère Madame Najih Saadia, la lumière de mon chemin.

Mon mari Mr Agbalou Abdelali l'homme de ma vie et mon âme sœur.

Mes enfants Med Reda, Rend et le petit Imad Eddine ; Le trésor de ma vie. Que Ce modeste travail doit vous servir d'exemple pour réussir et faire mieux que votre maman.

Mes chers frères, ma très chère sœur et mon beau-frère Abdeslam chekal.

Mon oncle Rahal, pour son soutien.

Ma famille entière.

Que Dieu le tout puissant soit à vos côtés et vous accorde une meilleure santé.

REMERCIEMENT

Ce projet de thèse a été réalisé dans le Laboratoire Environnement et Gestion des Ressources Naturelles, de la Faculté des Sciences et Techniques de Béni Mellal de l'Université Sultan Moulay Soulaymen de Béni Mellal.

Remercier c'est simple, mais exprimer en si peu de mots toutes la reconnaissance aux personnes qui mon aider et encourager à la réalisation de ce travail, qui a duré cinq années ce n'est pas évident, si par les mots je ne le traduisais pas correctement je fais appel à votre indulgence et je vous assure que mes remerciements viennent du fond du cœur.

J'exprime ma reconnaissance à Mr le Président de l'Université et à Mr le Doyen de la Faculté pour la confiance qu'ils m'ont témoignée en m'accueillant au sein de leur établissement pendant ces années de recherche.

Je remercie profondément le Professeur **KHALID HABBARI** Directeur du laboratoire LEGRN pour avoir dirigé ce travail et pour l'intérêt constant qu'il a porté à ce sujet de recherche, 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 au Professeur **SOUMIA AMIR**, Directrice du laboratoire Polyvalent de Recherche et Développement de la faculté Polydisciplinaire de Béni Mellal, qui a accepté de co-encadrer cette recherche, je tiens à la remercier pour son encadrement et ses conseils et son suivi systématique de mes travaux.

J'exprime ma reconnaissance aux Professeurs **ABDELKRIM ARIOUA**, **ABDERRAHIM JAOUAD**, **AZIZ HASIB**, pour m'avoir honoré en acceptant d'être les rapporteurs de ce travail, de le juger, pour avoir apporté leurs contributions et pour l'intérêt qu'ils portent au sujet.

Mes plus vifs remerciements vont au Professeur **ABDELMAJID HADDIOUI** pour avoir bien voulu me faire l'honneur en acceptant de présider mon jury de thèse.

Mes remerciements s'adressent également au Professeur **SOUMAYA HAMMADA** pour sa disponibilité, ses orientations, ses remarques fructueuses et l'intérêt qu'elle a accordé à ce travail en acceptant de l'examiner.

Je tiens également à remercier les responsables de la Commune de Khouribga et les cadres de la société TECMED.

Je ne pourrai terminer ces remerciements sans y associer ma famille et mes amis qui m'ont toujours apporté tout leur soutien et leur appui afin d'arriver au terme de cette aventure, et tous ceux rencontrés durant ces 5 années sans le soutien desquels je n'aurais pu entreprendre ces études. A toutes et à tous je leur dis un grand merci !

Que DIEU soit honoré à tous égards !

PARTIE I :

SYNTHESE

BIBLIOGRAPHIQUE

AVANT PROPOS

Nom et Prénom : NAJIH AMINA

Formation initiale : Génie des Procédés de l'Ecole Mohammadia des Ingénieurs

Directeur de thèse : Professeur Khalid Habbari Directeur de laboratoire Environnement et Gestion des ressources naturelles, FST Béni Mellal, Maroc.

Co-directeur de thèse : Professeur Soumia Amir, Directrice du Laboratoire Polyvalent de Recherche et Développement, Faculté Poly disciplinaire Béni Mellal, Maroc.

Spécialité : Chimie et Environnement.

Laboratoires de recherche : Gestion et Valorisation des Ressources Naturelles, FST Béni Mellal, & Laboratoire Polyvalent de Recherche et Développement, Faculté Poly disciplinaire Béni Mellal.

Sujet de thèse : Caractérisation et valorisation des déchets ménagers en vue d'une gestion durable : cas de la ville de Khouribga.

Communications :

- 2014 : Journées doctorales de la FST Béni Mellal, communication sur : « la gestion des déchets ménagers contraintes et défis ».
- 2014 : Meeting International sur la valorisation des ressources en eau dans les zones arides et semi-arides, communication sur « L'impact de la décharges et la station d'épuration des eaux usées da la ville de Khouribga sur les eaux de puits avoisinantes ». à FST de Béni Mellal
- 2014 : Journée Nationale sur Biologie, Santé et Environnement organisé par Université Hassan Premier et FST de Settat et la société Marocaine de Biochimie et de biologie moléculaire, communication sur « Le problème de gestion des déchets et l'environnement ».
- 2013 : 4^{ème} édition du congrès international sur l'Eau, Déchets et Environnement, organisé par l'Université Ibnou Zohr et la Faculté des Sciences d'Agadir, communication sur « la Gestion des déchets Ménagers dans la ville de Khouribga »
- 2013 : 7^{ème} Edition des Journées Internationales des Géosciences de l'Environnement JIGE7 organisé par Université Sultan Moulay Slimane et Faculté des Sciences et Techniques Béni Mellal, communication sur « le comportement du citoyen vis-à-vis de la gestion des déchets ménagers »
- 2013 : 7^{ème} Edition des Journées Internationales des Géosciences de l'Environnement JIGE7 organisé par Université Sultan Moulay Slimane et Faculté des Sciences et Techniques Béni Mellal, communication sur « la gestion des déchets ménagers à Khouribga- Maroc »

Publications Internationales:

- Impact of the household solid waste discharge and the sewage waste water plant of the city of Khouribga (MOROCCO) on the physico-chemical properties of water in nearby wells. Life Sci J 2014;11(10):188-198]. (ISSN:1097-8135).
- Gestion des déchets ménagers dans la ville de Khouribga (MAROC) : Etude du comportement du citoyen. A.Najih, K.Habbari ,S.Amir ,A.Agbalou ; ScienceLib Editions Mersenne : Volume 6 , N ° 140607 ISSN 2111-4706.

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES DECHETS MENAGERS

I.1-Histoire des déchets :

Longtemps les hommes ont confié à la nature le soin de digérer leurs déchets. Ce qui ne pouvait être récupéré ou utilisé pour nourrir les animaux était enfoui, brûlé ou servait d'engrais. Cependant avec le développement technique et la découverte de l'agriculture qui ont permis la sédentarisation des habitants pour former des villes d'où le développement de l'urbanisation, le cycle naturel des déchets a été rompu. Avec l'accroissement de l'urbanisation et l'entassement des ordures sur la voie publique, le déchet est progressivement devenu une nuisance avant de devenir une source de pollution. De ce fait nous sommes passés de l'insouciance collective jusqu'à la prise de conscience individuelle, et si on regarde l'histoire de l'homme avec les déchets à travers le temps, on peut distinguer quatre principales époques :

- PRÉHISTOIRE

Dans cette période, on ne sentait pas de problèmes de gestion des déchets. Les hommes préhistoriques jettent les restes de nourriture sur le sol et la nature se charge de les faire disparaître.

- L'ANTIQUITÉ

C'est dans l'Antiquité que le phénomène des immondices prend une importance telle que des mesures s'imposent. On invente alors les latrines, les égouts et les décharges en des lieux isolés.

À Athènes : invention par les grecs des toilettes publiques. Les gens emportent les déchets hors de la ville.

À Rome : installation de toilettes publiques ainsi que de fosses en dehors de la ville où les habitants déposent leurs ordures et les restes d'animaux sacrifiés.

- MOYEN-ÂGE

XIe et XIIe siècles : développement des villes dont les habitants jettent leurs déchets dans la rue ou les rivières. Les villes sont envahies par la présence des déchets et, aussi, leur odeur. Ce sont donc les villes, principalement, qui se trouvent à l'origine des plus grandes productions d'immondices. Parfois, le nombre de leurs habitants, même au Moyen-âge, peut atteindre plus d'un million.

En 1185, sur ordre de Philippe Auguste, il y avait la création de canaux et de fossés centraux pour nettoyer certains quartiers.

Au XIIIe siècle, création de règlements: obligation de paver les rues, nettoyer une fois par semaine devant sa maison et ne pas laisser trainer les ordures et les déchets. Après, suite au non-respect des règlements, de nombreuses épidémies dévastatrices ont été développées et qui sont liées aux bactéries présentes dans les ordures telles que la peste noire (1346 à 1353) qui fait 25 millions de morts en Europe.

RÉSUMÉ

Les principaux défis liés à l'environnement se présentent en trois thèmes : le premier concerne la santé et l'environnement, le deuxième la gestion des déchets, le troisième porte sur la problématique de l'eau. Notre recherche traite la problématique de la gestion des déchets au Maroc et plus spécifiquement la gestion des déchets ménagers à la ville de Khouribga. Cette ville connaît plusieurs changements et regroupe de nombreux points de ressemblance avec la majorité des villes marocaines.

En effet, malgré les efforts déployés dans ce domaine, le coût pour éviter la dégradation de l'environnement reste encore élevé et la gestion des déchets ménagers dans les collectivités marocaines reste modeste par rapport aux niveaux constatés dans d'autres pays. Les communes marocaines trouvent encore beaucoup de difficultés à gérer les services de gestion des déchets ménagers qui leurs sont attribués à cause de multiples contraintes (financières, techniques, humaines,...). Les expériences de transfert des techniques étrangères qui ont été essayé dans certaines communes n'ont pas abouti à des résultats positifs. Ils ont démontré la nécessité de résoudre les problèmes locaux par une vision locale en s'inspirant des technologies et des progrès reconnus dans ce domaine.

L'analyse du système de gestion de déchets ménagers dans la ville de Khouribga a démontré que, comme toutes les villes marocaines, la croissance démographique, l'amélioration du niveau de revenu par tête et du niveau de l'activité économique, ont eu pour conséquence l'augmentation de la production des déchets solides qui constitue une menace pour la qualité de l'environnement et du cadre de vie. Dans la partie évaluation de l'impact du système de gestion des déchets ménagers dans la ville on a procédé à une analyse qualitative et quantitative de la gestion des déchets générés. Et en suivant le circuit normal des déchets nous avons essayé de détecter les sources des problèmes et par la suite les créneaux pouvant apporter une amélioration à la situation actuelle. Par la suite, en se basant sur les possibilités d'amélioration qui paraîtraient adéquates, on a proposé un modèle de gestion de déchets ménagers dans la ville de Khouribga. Après, un système de valorisation convenable au contexte des collectivités marocaines a été suggéré dans une perspective d'un développement durable.

Mots clés : gestion déchets, déchets ménagers, environnement, Khouribga, décharge, comportement citoyens, Analyse multicritères, PROMETHEE.

- **RENAISSANCE**

D'autres épidémies ont eu lieu en 1531, on obligeait les gens à installer une fosse dans chaque maison. Au XVII^e siècle, un nouveau métier est créé : celui de chiffonnier. Ce sont les premiers recycleurs. Sous Louis XIV, la situation commence à s'améliorer parce que la police taxe lourdement les gens qui ne respectent pas la loi !

- **XIX^e SIÈCLE**

Début d'une réelle gestion des déchets : C'est un tournant dans l'histoire des déchets. Les découvertes de la science sur le danger des bactéries rendent les gens sensibles à l'importance d'une meilleure hygiène. On crée des réseaux d'eau potable et d'égouts. En 1884, le préfet de Paris, **Eugène Poubelle**, ordonne le dépôt des déchets dans des récipients spéciaux ramassés par les services municipaux. D'où le nom de nos « poubelles » !

Dans ces premiers centres de traitement des déchets, ces derniers y sont amenés dans des voitures tirées par des chevaux. Des chiffonniers récupèrent tous les matériaux afin de ne laisser que les matières organiques avec lesquelles on fera du compost.

- **AUJOURD'HUI**

Ce n'est que dans les années 60 / 70 que l'on prend conscience de l'ampleur du problème. La question de l'environnement devient un problème mondial, en particulier en matière de déchet. Il aura fallu attendre près d'un siècle entre l'invention de la poubelle et la mise en place d'une véritable collecte et des lieux de stockage des déchets. En 1975, la première grande loi-cadre française sur la gestion des déchets est promulguée. La loi confie aux collectivités locales la responsabilité d'organiser la collecte des déchets ainsi que leur traitement ou leur stockage dans un lieu agréé. Devant le développement des décharges et les problèmes de pollution (essentiellement des sols), la loi est modifiée en juillet 1992, les collectivités locales doivent s'organiser pour supprimer les décharges sauvages et valoriser les déchets par le recyclage, le compostage ou l'incinération avec récupération d'énergie.

Aujourd'hui, l'état de l'environnement reflète fidèlement les conséquences de l'évolution humaine et de ses progrès technologiques.

I.2-Notions de déchets :

Étymologiquement, le terme déchet vient de déchoir, du latin (tomber), traduisant l'éloignement et la séparation. La notion de déchets peut être définie de différentes manières selon le domaine et l'intérêt d'étude, elle peut être abordée de façon économique, sociale, en fonction de sa nature chimique, de son origine, de l'état du déchet, etc.

Parmi les nombreuses définitions existantes, nous pouvons mentionner celles qui nous paraissent les plus intéressantes :

« **Déchets** : tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer. » (**PNUD-MATE, 2008**).

ملخص

من بين التحديات العديدة المتعلقة بالبيئة الموضوعات الثلاث : الأول يتعلق بالصحة والبيئة، والثاني عن إدارة النفايات، أما الباب الثالث فحول قضية المياه. يتناول بحثنا الشق الثاني و هو مسألة إدارة النفايات بالمغرب وبشكل أكثر تحديدا إدارة النفايات المنزلية في مدينة خريبكة، هذه المدينة التي تعرف العديد من التغيرات وتتضمن العديد من نقاط التشابه مع غالبية المدن المغربية.

على الرغم من الجهود المبذولة في هذا المجال ، فإن تكلفة التدهور البيئي لا تزال مرتفعة، وإدارة النفايات المنزلية في الجماعات المغربية تظل متواضعة مقارنة بالمستويات السائدة في البلدان الأخرى. إن الجماعات المغربية لا تزال تواجه صعوبات عديدة في مجال إدارة النفايات المنزلية المنتجة في مجالها نظرا لعدة معيقات ترجع بالأساس الى مجموعة من الأسباب تخص جوانب متعددة منها: المالية، التقنية، البشرية، ...). وحيث لم تسفر معظم التجارب التي قامت بها بعض المدن المغربية بنقل تكنولوجيايات أجنبية من دول متقدمة و محاولة ملائمتها لمجالها عن نتائج إيجابية مما أثبت ضرورة معالجة إشكالية النفايات الصلبة المحلية من خلال رؤية محلية مع الاستفادة من التكنولوجيا والتقدم المعترف بهما في هذا المجال و تكتيف البحث المحلي.

أظهر تحليل نظام إدارة النفايات المنزلية في مدينة خريبكة ، وككل المدن المغربية ، أن النمو السكاني، وتحسين الدخل الفردي وتطور مستوى النشاط الاقتصادي، كلها عوامل أدت الى زيادة إنتاج النفايات المنزلية وهو ما يشكل خطرا على البيئة والحياة.

في الجزء المخصص لتقييم أثر نظام إدارة النفايات المنزلية في المدينة ثم إجراء تحليل نوعي وكمي لإدارة النفايات المتولدة ودراسة مدى مساهمة الوضع الحالي في التلوث البيئي. ومن خلال تتبع المسار الطبيعي للنفايات المنزلية حاول البحث الكشف عن مصادر المشاكل التي تعوق التقدم في هذا المجال و التنقيب عن مقترحات و حلول من شأنها تحسين الوضع الحالي. بعد ذلك ، وانطلاقا من حلول تبدو ملائمة تم اقتراح نموذجا لنظام إدارة النفايات المنزلية لمدينة خريبكة ، تم نظاما لتثمين النفايات يتناسب وظروف الجماعات المغربية من خلال منظور يعتمد أسس التنمية المستدامة.

الكلمات الرئيسية: النفايات المنزلية؛ تدبير النفايات؛ البيئة؛ المطرح؛ تأثير النفايات؛ السلوك البيئي؛ تقنية PROMETHEE.

L'**ADEME** (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) définit le déchet 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 destine à l'abandon ».

Bertolini (1990) quant à lui définit le déchet comme un produit dont la valeur d'usage et la valeur d'échange sont nulles pour son détenteur ou propriétaire. Ce déficit en valeur économique tient du fait que le déchet n'est pas un produit rare, contrairement à l'air par exemple.

Selon le dictionnaire **LAROUSSE**, un déchet est un débris ou tous les restes sans valeur de quelque chose ou encore tout ce qui tombe d'une matière qu'on travaille (exemple : un déchet radioactif). C'est donc toute matière ou objet indésirable abandonné sur la voie publique, même les cadavres d'animaux, bref une réunion de résidus hétérogènes.

Au Maroc, les déchets sont définis par la loi 28-00 comme : tous résidus résultant d'un processus d'extraction, exploitation, transformation, production, consommation, utilisation, contrôle ou filtration et d'une manière générale, tout objet et matière abandonnés ou que le détenteur doit éliminer pour ne pas porter atteinte à la santé, à la salubrité publique et à l'environnement.

I.3-Définition des concepts liés aux déchets :

Gestion des déchets : toute opération de pré-collecte, de collecte, de stockage, de tri, de transport, de mise en décharge, de traitement, de valorisation, de recyclage et d'élimination des déchets y compris le contrôle de ces opérations ainsi que la surveillance des sites de décharge pendant la période de leur exploitation ou après leur fermeture.

Générateur de déchets : toute personne physique ou morale dont l'activité de production, de distribution, d'importation ou d'exportation génère des déchets.

Détenteur de déchets : toute personne physique ou morale ayant la possession de fait des déchets.

Exploitant : toute personne physique ou morale responsable de l'exploitation d'une décharge, d'une installation de tri, de traitement, de stockage, de valorisation ou d'incinération des déchets.

Pré collecte des déchets : ensemble des opérations organisant l'évacuation des déchets depuis le lieu de leur production jusqu'à leur prise en charge par le service de collecte de la commune ou de tout autre organisme habilité à cet effet.

Collecte des déchets : toute action de ramassage des déchets par la commune, par un groupement de communes ou par tout autre organisme habilité à cet effet.

Décharge contrôlée : installation ou site, répondant aux caractéristiques et prescriptions techniques réglementaires où sont déposés d'une façon permanente les déchets.

ABSTRAT

Among the multiples challenges linked to the environment, there are three themes to take into consideration: the first one is concerned with the health and the environment; the second about the waste management and the third section gravitates around the issue of water. In our research, we have dealt the problem of waste management in Morocco and more specifically the management of household waste in the city of Khouribga, this city knows several changes and it shares many points of resemblance to the majority of the Moroccan cities.

Indeed, despite efforts in this area, the cost of degradation of the environment remains still high, and the management of the household waste in the Moroccan communities stays far from the levels noticed in the other countries. The Moroccan towns find difficulties to manage household waste management services granted to them because of multiple stresses (financial, technical, human...). As well as, the experiments transfer of foreign technologies that have been tried in some municipalities have not yielded positive results. They demonstrated the need to solve local problems through local vision by drawing on technology and recognized progress in this area.

The analysis of household waste management system in the city of Khouribga demonstrated that, like all Moroccan cities, the population growth, the improving the level of per capita income and the level of economic activity, have had the effect of increasing the production of solid waste what constitutes a threat to the quality of the environment and the living environment. In the part of the evaluation of the impact of household waste management system in the city, we conducted a qualitative and quantitative analysis of the management of waste generated. And, by following the normal circuit of household waste, we tried to detect the sources of problems and the crenels which can drive to an improvement of the current situation. Thereafter, based on improvement opportunities, seem adequate, we proposed a model of municipal waste management in the city of Khouribga. After, we suggested a suitable recovery system to the context of the Moroccan communities according to the point of view of a sustainable development in order to get to the most adequate management system with the Moroccan communities context.

Key-words: waste management, environment, Khouribga, discharge, citizen behavior, technique PROMETHEE, pollution.

Traitement des déchets : toute opération physique, thermique, chimique ou biologique conduisant à un changement dans la nature ou la composition des déchets en vue de réduire dans des conditions contrôlées, le potentiel polluant ou le volume et la quantité des déchets, ou d'en extraire la partie recyclable.

Elimination des déchets : toute opération d'incinération, de traitement, de mise en décharge contrôlée ou tout procédé similaire permettant de stocker ou de se débarrasser des déchets conformément aux conditions assurant la prévention des risques pour la santé de l'homme et de l'environnement.

Valorisation des déchets : toute opération de recyclage, de réemploi, de récupération, d'utilisation des déchets comme source d'énergie ou toute autre action visant à obtenir des matières premières ou des produits réutilisables provenant de la récupération des déchets, et ce, afin de réduire ou d'éliminer l'impact négatif de ces déchets sur l'environnement.

I.4-Classification des déchets :

Plusieurs classifications ont été proposées. L'une d'entre elles, basée sur le périmètre de collecte, permet de faire un tour d'horizon complet, en distinguant les origines municipales, industrielles et agricoles. Les limites de cette classification résident dans les nombreuses interférences existant entre ces différentes origines (**Balet, 2005**).

On distingue globalement trois grandes classes de déchets solides : Les déchets inertes, les déchets fermentescibles ou biodégradables et enfin les déchets toxiques.

Les déchets inertes sont des déchets qui ne se décomposent pas, ne brûlent pas, et ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique avec l'environnement. Ils ne sont pas biodégradables et ne se décomposent pas en contact avec d'autres matières. C'est déchets sont très encombrants. Ce sont en général, les débris de chantiers plus ou moins volumineux (gravats, terre, sable, stériles, ...), les carcasses d'automobiles, les avions abattus, les péniches de débarquement, etc.

Les déchets fermentescibles ou biodégradables sont essentiellement constitués par la matière organique animale ou végétale. Ce sont des déchets moins encombrants du fait de leur rapide fermentation aérobie ou anaérobie. Mais par contre, ils sont très polluants et peuvent provoquer des maladies à travers certains animaux, les mouches, les moustiques et autres insectes vecteurs ou transmetteurs de plusieurs maladies. Cette catégorie de déchets est susceptible d'être utile à l'agriculture après un traitement adéquat.

Les déchets toxiques sont ceux qui contiennent un poison chimique ou radioactif issus des industries, des laboratoires et des particuliers. Il s'agit des flacons de médicaments, des piles électroniques, etc.

Les déchets ménagers Les déchets ménagers font partie de la catégorie de déchets communément appelée déchets urbains qui représentent l'ensemble des déchets de la collectivité dont la gestion incombe aux municipalités. On appelle ordures ménagères, les déchets produits quotidiennement par les ménages pour le besoin de la vie. Ce concept inclut : les ordures

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1 : Teneur de production des déchets au Maroc et dans d'autres pays
- Tableau 2 : Propriété physico-chimique des déchets au Maroc
- Tableau 3 : Répartition des coûts du PNDM par composante
- Tableau 4 : Evolution démographique de la ville de Khouribga
- Tableau 5 : les secteurs des activités économiques à Khouribga
- Tableau 6 : Evolution des principales grandeurs économiques
- Tableau 7 : Données sur le secteur de l'artisanat à Khouribga
- Tableau 8 : Les différentes composantes du secteur de la santé à Khouribga
- Tableau 9 : Matériel de collecte dont disposait la commune
- Tableau 10 : Répartition du personnel de la société délégué dans la ville de Khouribga
- Tableau 11 : Jours non travaillés pour une année de service pour le personnel de Tecmed
- Tableau 12 : Affectation des moyens humains et matériels pour la collecte des déchets ménagers dans la ville de Khouribga
- Tableau 13 : Affectation des moyens humains et matériels pour le nettoyage dans la ville de Khouribga
- Tableau 14 : Affectation des moyens humains et matériels pour les interventions à caractère d'urgence « brigades »
- Tableau 15 : Affectation des moyens humains et matériels pour l'entretien des véhicules d'exploitation
- Tableau 16 : Affectation des moyens humains et matériels pour la maintenance des équipements et des véhicules
- Tableau 17 : Matériels roulants utilisés par la société Tecmed pour la collecte des déchets dans la ville de Khouribga
- Tableau 18 : Matériels de conteneurisation utilisés par la société Tecmed pour la collecte des déchets
- Tableau 19 : Autres Matériels utilisés par la société Tecmed pour la collecte des déchets
- Tableau 20 : Matériel acquis par la société Tecmed durant la 7ème année d'exploitation
- Tableau 21 : Evolution de la production des déchets ménagers à la ville de Khouribga
- Tableau 22 : La production des déchets ménagers dans la ville de Khouribga selon les mois de l'année
- Tableau 23 : Compte rendu financier d'exploitation par la société Tecmed
- Tableau 24 : Propriétés physico-chimiques des eaux prélevées de différentes stations.
- Tableau 25 : Propriétés physico-chimiques des eaux prélevées d'un puits à la station S1 et S1' .
- Tableau 26 : Propriétés physico-chimiques des lixiviats L1 récupéré directement de l'engin de collecte et L2 prélevé après un an de dépôt de déchets ménagers
- Tableau 27 : Evolution de la population et du nombre de ménages dans la ville de Khouribga
- Tableau 28 : Caractéristique de la population de la ville de Khouribga
- Tableau 29 : Prix de vente des produits recyclables dans la ville de Khouribga
- Tableau 30 : Quantités récupérés des matières recyclables dans la ville de Khouribga
- Tableau 31 : Vente de poisson dans la ville de Khouribga
- Tableau 32 : Quantité des déchets collectés au niveau des marchés poissons et volailles et de l'abattoir dans la ville de Khouribga
- Tableau 33 : Fonctions de préférence de PROMETHEE
- Tableau 34 : Table d'évaluation de PROMETHEE
- Tableau 35 : Table des poids par PROMETHEE
- Tableau 36 : Coefficients de poids du groupe de critères, poids de chaque critère dans le groupe pour les systèmes de gestion des déchets ménagers sélectionnés
- Tableau 37 : Calibrage des systèmes de gestion des déchets ménagers en fonction des critères sociaux

ménagères proprement dites, les débris de verre ou de vaisselle, les feuilles mortes, les balayures, les cendres, les mâchefers, les carcasses d'animaux, les ordures en provenance des écoles, etc. (Sané, 1999). Selon la législation marocaine les déchets ménagers : tout déchet issu des activités des ménages.

Déchets assimilés aux déchets ménagers: tout déchet provenant des activités économiques, commerciales ou artisanales et qui par leur nature, leur composition et leurs caractéristiques, sont similaires aux déchets ménagers.

Déchets industriels : tout déchet résultant d'une activité industrielle, agro-industrielle, artisanale ou d'une activité similaire.

Déchets médicaux et pharmaceutiques : tout déchet issu des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif, palliatif ou curatif dans les domaines de la médecine humaine ou vétérinaire et tous les déchets résultant des activités des hôpitaux publics, des cliniques, des établissements de la recherche scientifique, des laboratoires d'analyses opérant dans ces domaines et de tous établissements similaires.

Déchets dangereux : toutes formes de déchets qui, par leur nature dangereuse, toxique, réactive, explosive, inflammable, biologique ou bactérienne, constituent un danger pour l'équilibre écologique tel que fixé par les normes internationales dans ce domaine ou contenu dans des annexes complémentaires.

Déchets agricoles : tout déchet organique généré directement par des activités agricoles ou par des activités d'élevage ou de jardinage.

Déchets ultimes : tout résidu résultant de déchets traités ou ceux qui ne sont pas traités selon les conditions techniques et économiques actuelles.

Déchets biodégradables : tout déchet pouvant subir une décomposition biologique naturelle, anaérobie ou aérobie, comme les déchets alimentaires, les déchets de jardins, de papiers et de cartons ainsi que les cadavres d'animaux.

I.5-Les ordures ménagères :

Tel ils ont été définis dans la partie supérieure, les ordures ménagères restent le type le plus dominant vu que sa production est en augmentation continu.

Les paramètres qui caractérisent les déchets ménagers varient d'un pays à un autre. Selon **Ngnikam (2006)** les déchets sont caractérisés par quatre paramètres essentiels : la densité, le degré d'humidité, le pouvoir calorifique, et le rapport des teneurs en carbone et azote (C/N) :

- **La densité :** La connaissance de la densité est d'une grande importance pour le choix des moyens de collecte et de stockage. Toutefois comme les déchets sont compressibles, la densité n'a un sens que si on définit les conditions dans lesquelles on la détermine. C'est pourquoi on peut avoir une densité en poubelle, une densité en benne, une densité en décharge, une densité en

- Tableau 38 :** Calibrage des systèmes de gestion des déchets ménagers en rapport aux critères environnementaux
- Tableau 39 :** Calibrage des systèmes de gestion des déchets ménagers en fonction des critères financiers
- Tableau 40 :** Calibrage des systèmes de gestion des déchets ménagers en fonction des critères techniques
- Tableau 41 :** Résultats des seuils d'indifférence et de préférence de tous les types de critères influençant le choix du système de gestion des déchets ménagers
- Tableau 42 :** Classement des systèmes de gestion de déchets ménagers dans la ville de Khouribga
- Tableau 43 :** Résultats des informations analytiques concernant la modification du classement complet des systèmes de gestion appropriés des déchets ménagers par la variation du poids des critères sélectionnées.

fosse, etc. La densité en poubelle est mesurée en remplissant les ordures fraîches dans un récipient de capacité connue sans tassement.

- **Le degré d'humidité** : Les ordures renferment une suffisante quantité d'eau variant en fonction des saisons et du milieu environnemental. Cette eau a une grande influence sur la rapidité de la décomposition des matières qu'elles renferment et sur le pouvoir calorifique utile des déchets.

- **Le pouvoir calorifique** : Le pouvoir calorifique est défini comme la quantité de chaleur dégagée par la combustion de l'unité de poids en ordures brutes. Il s'exprime en millithermie par kilogramme d'ordures (mth/kg). Le pouvoir calorifique supérieur suppose que la vapeur d'eau formée pendant la combustion est revenue à l'état liquide. Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) quant à lui, s'obtient si l'eau est formée à l'état vapeur. C'est donc la vapeur du PCI qui permet de proposer ou de refuser l'incinération des ordures. Il varie dans les régions équatoriales entre 800 et 2500 mth /kg.

- **Le rapport des teneurs en Carbone et Azote** : Le rapport C/N a été choisi comme critère de qualité des produits obtenus pour le compostage des déchets (**Amir, 2010**). Il est d'une grande importance pour le traitement biologique des déchets, car l'évolution des déchets en fermentation peut être suivie par la détermination régulière de ce rapport. Le rapport C/N dans les ordures fraîches se situe généralement entre 25 et 40 et dans le compost mûr entre 12 et 20.

I.6-Les effets des déchets :

Effets des déchets sur l'environnement :

Selon **Vermand (1992)**, les déchets ménagers provoquent de multiples nuisances sur l'environnement urbain et portent une atteinte profonde à la santé des habitants de la ville. Les principaux impacts sur l'environnement sont les suivants :

- **Dégagement des gaz toxiques** : L'incinération ou les feux incontrôlés des dépôts de déchets ménagers provoquent le dégagement de volumes importants d'acide chlorhydrique gazeux. L'incinération des mousses de polyuréthane provoque l'émanation d'un gaz assez toxique: le phosgène. Il faut aussi noter que la mise en décharge occasionne la production de volumes importants de méthane: ce gaz peut donner naissance à des explosions et provoquer des incendies. De plus, le méthane et le gaz carbonique libérés contribuent tous les deux à accentuer l'effet de serre, cause de réchauffement de la planète.

- **Encombrement** : Lorsque les déchets ne sont pas régulièrement enlevés, ils encombrer les trottoirs et les chaussées, ternissant ainsi l'image de la ville. L'obstruction des caniveaux et ouvrages d'évacuation des eaux usées sont source d'inondation en saison de pluie.

Effets sur la santé de l'Homme :

- **Prolifération des germes pathogènes** : Les tas de déchets ménagers abandonnés sur les trottoirs favorisent la prolifération et la transmission des germes pathogènes par les insectes, vecteurs de transmission des maladies. La transformation chimique de ces déchets dégage de très

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 :** la zone d'étude «ville de Khouribga»
- Figure 2 :** Schéma géologique simplifié de la région de Khouribga
- Figure 3 :** Présentation de la zone urbaine de la ville de Khouribga
- Figure 4 :** Photo sur la ville de Khouribga
- Figure 5 :** Organigramme des ressources humaines de la société Tecmed Maroc par catégorie de poste de travail
- Figure 6 :** Effectif du personnel occasionnel dans la société Tecmed «ville de Khouribga »
- Figure 7 :** Evolution des heures supplémentaires de travail dans la société TECMED « ville de Khouribga », année : 2012- 2013
- Figure 8 :** Matériels roulants de la société Tédmed
- Figure 9 :** Matériels de conteneurisation utilisés par la société Tédmed pour la collecte des déchets
- Figure 10 :** Evolution de la quantité des déchets ménagers à la ville de Khouribga
- Figure 11 :** Evolution de la production des déchets ménagers par mois et années dans la ville de Khouribga
- Figure 12 :** Limites des secteurs de collecte des déchets ménagers dans la ville de Khouribga
- Figure 13 :** Nombre de bac de collecte des déchets affectés selon les quartiers
- Figure 14 :** photo sur les conteneurs débordés
- Figure 15 :** Actes de vandalismes
- Figure 16 :** Déchets de construction
- Figure 17 :** Emplacement correcte des conteneurs
- Figure 18 :** Les déchets verts
- Figure 19 :** Pratique d'élevage dans les quartiers.
- Figure 20 :** Les récupérateurs ambulants
- Figure 21 :** Quantités des points noirs concernant la collecte des déchets ménagers dans la ville de Khouribga
- Figure 22 :** Vue aérienne du lieu de la décharge de Khouribga
- Figure 23 :** Vue aérienne de la décharge de Khouribga
- Figure 24 :** Evolution spatiale de différents composés azotés de la station d'amont S0 vers la station d'aval S3
- Figure 25 :** Complexe aquifère du Tadla
- Figure 26 :** Membre de la famille qui s'occupe de l'élimination de déchets dans les ménages à la ville de Khouribga
- Figure 27 :** Moyen de ramassage des déchets dans les ménages de la ville de Khouribga
- Figure 28 :** Horaire de sortie des ordures des ménages de la ville de Khouribga
- Figure 29 :** Fréquence de sortie des poubelles des ménages de la ville de Khouribga
- Figure 30 :** Distance entre les bacs et les maisons dans les quartiers de la ville de Khouribga
- Figure 31 :** Lieu où les ménages posent leurs poubelles dans les quartiers de la ville de Khouribga
- Figure 32 :** Ménages déclarants ayants des problèmes pour éliminer leurs déchets dans les quartiers de la ville de Khouribga
- Figure 33 :** Classification des problèmes des quartiers pour se débarrasser de leurs déchets dans de la ville de Khouribga
- Figure 34 :** Les habitants de la ville de Khouribga qui savent où vont les déchets
- Figure 35 :** Les habitants de la ville de Khouribga qui savent où vont les déchets selon leur niveau d'étude
- Figure 36 :** Les habitants de la ville de Khouribga qui pensent être informé sur le recyclage
- Figure 37 :** Définition du tri pour les habitants de la ville de Khouribga
- Figure 38 :** Information sur le recyclage des habitants de la ville de Khouribga selon le niveau

fortes odeurs, dénaturant ainsi la qualité de l'air que l'on respire et mettant en danger la santé des populations.

- Pollution des eaux : La présence des déchets toxiques tels que les piles électriques augmente la concentration des ions métalliques et des métaux lourds dont la présence, même à dose infimes peut s'avérer catastrophique pour les sols, l'eau potable et par conséquent pour l'Homme. Les produits de droguerie, les peintures et les huiles de vidange rendent toute eau impropre à la consommation. La mise en décharge du déchet produit des eaux de percolation, des lixivias qui polluent les eaux souterraines et les cours d'eau, lorsqu'elles ne sont pas traitées avant le rejet dans la nature.

Fort de tous ces effets aussi bien sur l'Homme que sur l'environnement, diverses politiques de gestion des déchets ménagers sont mises sur pied par les Etats afin de les endiguer, le chapitre suivant explique les différents volets de cette gestion.

des études

- Figure 39 : Les ménages de la ville de Khouribga qui acceptent de faire le tri
- Figure 40 : Les ménages de la ville de Khouribga qui sont prêts à payer
- Figure 41 : Ménages de la ville de Khouribga qui sont prêts à payer selon type d'habitat
- Figure 42 : Les manières dont les ménages de la ville de Khouribga exploitent leurs déchets
- Figure 43 : Réparation des chiffonniers de la ville de Khouribga selon le sexe
- Figure 44 : Réparation des chiffonniers de la ville de Khouribga selon l'âge
- Figure 45 : Réparation des chiffonniers de la ville de Khouribga selon la situation familiale
- Figure 46 : Le niveau d'étude des chiffonniers de la ville de Khouribga
- Figure 47 : Milieu d'habitat des chiffonniers de la ville de Khouribga
- Figure 48 : Type de logement de l'habitat des chiffonniers de la ville de Khouribga
- Figure 49 : Eloignement du logement des chiffonniers de la ville de Khouribga à leur lieu du travail
- Figure 50 : Ancienneté des chiffonniers de la ville de Khouribga dans le travail
- Figure 51 : Durée de travail des chiffonniers de la ville de Khouribga
- Figure 52 : Type de maladies fréquentes chez les chiffonniers de la ville de Khouribga
- Figure 53 : Utilisation des outils de protection par les chiffonniers de la ville de Khouribga
- Figure 54 : Pratique d'autre travail par les chiffonniers de la ville de Khouribga
- Figure 55 : Lieu de stockage des déchets triés par les chiffonniers de la ville de Khouribga
- Figure 56 : Zones de la bonne récupération des déchets de la ville de Khouribga
- Figure 57 : Gain journalier des chiffonniers de la ville de Khouribga
- Figure 58 : Méthodes d'organisation des récupérateurs dans la ville de Khouribga
- Figure 59 : Acceptation du travail par les chiffonniers dans la ville de Khouribga
- Figure 60 : Méthode AMC en environnement
- Figure 61 : Hiérarchie des critères pour les schémas de gestion Des déchets solides au Maroc
- Figure 62 : Fenêtre des résultats du logiciel Lab
- Figure 63 : Présentation des résultats par logiciel Lab
- Figure 64 : Représentation du système 2 de gestion des déchets ménagers
- Figure 65 : Représentation du système 3 de gestion des déchets ménagers
- Figure 66 : Représentation du système 4 de gestion des déchets ménagers
- Figure 67 : Représentation du système 5a de gestion des déchets ménagers
- Figure 68 : Représentation du système 6a de gestion des déchets ménagers
- Figure 69 : Représentation du système 7a de gestion des déchets ménagers
- Figure 70 : Représentation du système 8a de gestion des déchets ménagers
- Figure 71 : Représentation du système 10 de gestion des déchets ménagers
- Figure 72 : Représentation du système 11 de gestion des déchets ménagers
- Figure 73 : Représentation du système 12 de gestion des déchets ménagers
- Figure 74 : Représentation du système 13 de gestion des déchets ménagers
- Figure 75 : Représentation du système 14 de gestion des déchets ménagers
- Figure 76 : Résultats de la méthode PROMETHEE pour les systèmes de gestion des déchets ménagers à Khouribga
- Figure 77 : Résultats des flux des systèmes de gestion de déchets ménagers par le logiciel de décision Lab.
- Figure 78 : Classement partiel PROMETHEE I des systèmes de alternatifs de gestion des déchets ménagers à Khouribga avec le l'utilisation de la fonction linéaire
- Figure 79 : Classement complet PROMETHEE II des systèmes de gestion des déchets des déchets ménagers à Khouribga avec l'utilisation de la fonction linéaire (les schémas sont classés du plus préféré à gauche au moins préféré à droite)
- Figure 80 : Effet de chaque critère sur le système alternatif de gestion 1 de déchets ménagers dans la ville de Khouribga

CHAPITRE II : LA GESTION DES ORDURES MENAGERES

II.1-La gestion des déchets ménagers est un service public :

Dans tous les pays, également au niveau du Maroc, la gestion des déchets, et principalement des déchets ménagers, relève des services publics.

Le concept de bien public / service public

Un service public est une activité considérée comme étant d'intérêt général, qui s'exerce sous le contrôle des pouvoirs publics (l'État ou une collectivité locale). Généralement la notion de service public se rapporte à celle de bien public qui, selon **Semedo (2001)**, est un bien dont deux agents peuvent bénéficier simultanément de l'usage.

Comme grands principes régissant le service public, nous pouvons citer entre autre :

- La continuité du service: ce principe, qui a une valeur constitutionnelle, paraît évident. En effet, la puissance publique lui reconnaît une importance particulière, sur le plan social. Il répond à un besoin essentiel qui doit être satisfait en permanence.
- L'adaptation du service: condition nécessaire pour suivre l'évolution des besoins d'intérêt général. Cette condition justifie les mutations qui interviennent régulièrement dans les services publics, qui doivent s'adapter tant aux progrès de la technique qu'à l'évolution de la demande sociale.
- L'égalité de traitement: toute discrimination entre usagers est exclue tant dans l'accès au service que dans l'usage. C'est une extension du principe d'égalité devant la loi établi dans la déclaration universelle des droits de l'homme. De ce principe découle la péréquation qui fait que les secteurs les moins rentables sont financés par les plus rentables.
- La neutralité : c'est la condition de l'universalité du service, qui implique notamment le principe d'aménagement du territoire.
- La gratuité n'est pas un principe. C'est même une exception rare, même si la subvention du service par d'autres sources de financement est généralisée : les services ne sont pas gratuits, même une partie ne peut être payée directement par le bénéficiaire, mais par les impôts et taxes.

Comme bon nombre d'auteurs, **Salanié (1998)** estime que la fourniture d'un bien public par un mécanisme de marché, conduit à une production de biens publics (ou service public) sous-optimale.

- Figure 81 :** Effet de chaque critère sur le système alternatif de gestion 2 de déchets ménagers dans la ville de Khouribga
- Figure 82 :** Effet de chaque critère sur le système alternatif de gestion 3 de déchets ménagers dans la ville de Khouribga
- Figure 83 :** Effet de chaque critère sur le système alternatif de gestion 4 de déchets ménagers dans la ville de Khouribga
- Figure 84 :** Effet de chaque critère sur le système alternatif de gestion 5 de déchets ménagers dans la ville de Khouribga
- Figure 85 :** Effet de chaque critère sur le système alternatif de gestion 6
- Figure 86 :** Effet de chaque critère sur le système alternatif de gestion 7
- Figure 87 :** Sensibilité des résultats pour le choix d'un modèle de gestion de déchets ménagers aux variations des entrées
- Figure 88 :** Intervalles de stabilité pour la fonction linéaire utilisée dans l'analyse Promethee pour le choix d'un système de gestion approprié de déchets ménagers

II.2-Etapes de la gestion des déchets ménagers :

La gestion des ordures désigne l'ensemble des opérations et moyens mis en œuvre pour limiter, recycler, valoriser ou éliminer les déchets (**Navarro 1992**). C'est-à-dire des opérations de prévention, de pré-collecte, collecte, transport et toute opération de tri et de traitement, afin de réduire leurs effets sur la santé humaine et sur l'environnement.

II.2.1-Collecte des déchets :

La collecte est l'ensemble des opérations qui consistent en l'enlèvement des déchets de points de regroupement pour les acheminer vers un lieu de tri, de regroupement, de valorisation, de traitement ou de stockage (**Paradis et al., 1983**). On distingue plusieurs types des collectes dont:

- **Collecte classique** : se rapporte à la collecte en mélange, c'est une collecte traditionnelle, sans triage.
- **Collecte sélective** : c'est une collecte de certains flux de déchets (recyclables, secs et fermentescibles), préalablement séparés par les producteurs, en vue d'une valorisation ou d'un traitement spécifique. La collecte sélective s'applique autant aux déchets ménagers qu'aux déchets industriels.
- **Collecte en porte à porte** : mode d'organisation de la collecte dans lequel le contenant est affecté à un groupe d'usagers nommément identifiables, et le point d'enlèvement est situé à proximité immédiate du domicile de l'utilisateur ou du lieu de production des déchets. Ce mode de collecte s'applique plus aux déchets ménagers qu'aux déchets industriels.

II.2.2-Transport des déchets ménagers :

Les déchets collectés devant être transportés vers un centre de traitement, celui-ci peut être une décharge contrôlée ou un centre d'enfouissement technique classe II. Il est possible que chaque véhicule de collecte transporte directement les déchets qu'il a ramassés vers le site de traitement, comme il est parfois nécessaire de passer par une station (ou centre) de transfert, qui est une étape intermédiaire entre les points de collecte et les sites de traitement.

II.2.3-Traitement des déchets ménagers :

Le dictionnaire encyclopédique en environnement et développement durable explicite le traitement des déchets en terme d'un processus visant à :

- Valoriser au maximum les déchets.
- Transformer les déchets en rejet éco-compatible (retour acceptable des déchets dans le milieu naturel).
- Stocker les résidus ultimes.

Le remblayage :

Le remblai est une méthode qui consiste à étaler les déchets de façon à minimiser leurs effets sur l'environnement. L'opération de remblai peut se faire de deux façons possibles. La première consiste à étaler les déchets sur le sol et de les couvrir d'une couche de terre compacte. La seconde alternative, plus commode, est d'identifier ou de creuser des fosses qui seront bouchées ensuite avec les déchets. Les remblais réalisés exigent généralement d'être entretenus afin de minimiser le risque d'infestation des eaux souterraines. Le remblayage est généralement l'alternative la plus économique pour la gestion des déchets solides ; ce qui justifiait son application fréquente. Mais ces dernières années, la pratique de remblai a perdu sa popularité comme option pour la gestion de rebut, car cette option est moins efficace en matière de réduction des impacts environnementaux tout comme l'incinération, contrairement au recyclage. (Saskatchewan et al., 1997).

Le recyclage :

Parmi les différentes options de gestion des déchets, le recyclage est celle qui offre la possibilité de réduire les coûts économiques et environnementaux (Jacobson et al., 2002). Le recyclage des déchets ménagers consiste à y récupérer de nouvelles matières premières. Le niveau du taux de recyclage dépendra : de l'effectif de la population, du nombre des centres de traitement ainsi que de la composition des déchets ménagers. A son niveau technologique le plus bas et le plus approprié, les matériaux sont triés par les consommateurs dès la source. Cette option permet de répartir ainsi le transport en plusieurs volets. Le transport, de la partie non recyclable, des déchets ménagers est assuré par les entreprises de collecte primaire et les ménages acheminent directement les déchets ménagers recyclables aux lieux de traitement. Cette option diminue les coûts de transport mais offre également une activité de revenu aux ménages.

La plupart des évaluations économiques, entreprises sur les activités de recyclage, ne prennent pas en compte leur impact sur l'environnement. Les bénéfices économiques et environnementaux du recyclage sont pourtant énormes. Les activités de recyclage permettent de protéger les ressources naturelles, de réduire les déchets et de créer des emplois.

Traitement thermique:

Une des méthodes les plus efficaces pour réduire le volume et le poids des déchets est de les brûler dans des centres conçus essentiellement à cet effet. Cette procédure est très coûteuse car elle nécessite des équipements capables de réduire la pollution environnementale ainsi qu'un niveau de surveillance technique très élevé. C'est un processus chimique qui combine la partie combustible des déchets et de l'oxygène, formant la plupart du temps du dioxyde de carbone et de l'eau. L'incinération peut réduire le volume de déchets dans les régions où il n'existe plus des possibilités de remblai. Combinée avec des coûts de transport raisonnables, l'incinération peut être une option économiquement raisonnable. L'incinération offre également la possibilité de production d'électricité à partir de la chaleur dégagée par la combustion.

Fabrication de compost :

Le compostage est un processus par lequel on permet à la partie organique des déchets ménagers de se décomposer. La transformation des déchets est faite par des micro-organismes (les bactéries, les champignons etc.). Le processus conduit à la production du compost ou l'humus qui est utilisé pour améliorer le rendement des sols agricoles. Appliqué sous une bonne condition d'humidité et de température, le compostage peut contribuer à réduire ces déchets ménagers à la seule limite qu'il ne concerne pas toutes les fractions des déchets ménagers (**Mohamadou, 1996**). Le compostage nécessite un traitement préalable des déchets ménagers pour séparer les déchets organiques des plastiques, du verre, du métal et autres substances non biodégradables. S'il est intégré dans un système bien organisé de gestion des déchets ménagers, il peut réduire de plus de 30% le volume des déchets ménagers concerné par le remblai et l'incinération (**Xiangyou et al., 1997**).

Lorsqu'ils sont traités par compostage, les matières organiques des déchets ménagers jouent un rôle important dans les exploitations agricoles. En effet, le compost est la forme décomposée de ces déchets ménagers et joue un rôle très important dans la fertilisation des sols (**Amir, 2005**).

En fait, depuis de longues dates, on utilise les déchets animaux et végétaux dans l'agriculture pour améliorer les terres arables. La récupération des déchets organiques ménagers et les composter se pratique actuellement dans tous les lieux de cultures pour l'amendement du sol : l'agriculture, les pâturages, l'horticulture, la floriculture et les pépinières, de même qu'en foresterie et en architecture paysagiste (**Ndoubè, 1994**).

II.3-Coûts de la gestion des déchets ménagers :

Une simple analyse complète des coûts de la gestion des déchets ménagers permet au responsable local de mieux saisir les coûts et l'efficacité relative de ses services de gestion des déchets ménagers.

Pour connaître ces coûts il faut d'abord avoir une vision claire sur le système de gestion des déchets ménagers. Savoir en premier lieu tout concernant le milieu d'évolution, la géographie, le type d'urbanisation, la population et les activités économiques, le nombre, la nature et la répartition spatiale des équipements, et l'organisation du réseau des infrastructures. En deuxième étapes, on doit saisir la manière de la production et la nature des ordures.

Le coût global du système de gestion des déchets ménagers doit contenir tous les frais engagés depuis l'amont à l'aval et on y inclut les coûts directs et indirects. Ainsi doivent être connus :

- Les coûts d'investissement en équipements de collecte et de traitement nécessaire pour la gestion quotidienne des déchets ménagers,
- les coûts de fonctionnement et les dépenses liés à tous les composants de la filière en terme de personnel et d'équipement (balayage, collecte, entretien, mise en décharge) (**Doucouré et al., 2003**).

Le coût de gestion des déchets ménagers se divise généralement en trois groupes de dépenses : la collecte, le transport et la revalorisation. Les coûts détaillés peuvent varier d'une méthode à une

autre mais on peut globalement identifier les salaires et les autres coûts liés au personnel (frais de formation), les dépenses d'investissement et d'entretien des équipements. L'unité d'analyse des coûts se ramène le plus souvent au coût par tonne de déchets ; de ce fait, les grands postes de dépenses comme l'investissement dans les équipements et les immobilisations doivent être annualisés étant donné que ces équipements ont une durée de vie de plus d'un an (**Hunt et al., 1997**).

La difficulté qui se pose est l'impossibilité de trouver la meilleure manière d'obtenir statistiquement des données précises sur tous les coûts réels liés à la gestion des déchets ménagers. La méthode la plus utilisée est la méthode du coût moyen. Elle consiste à diviser le coût total de gestion des déchets par le poids ou le volume total des déchets ménagers, par exemple, en Caroline de Nord au sud des Etats Unis, la gestion des déchets ménagers coûte 60\$/tonne (**Hunt et al., 1997**). Une fois qu'un gouvernement local saisit les coûts moyens de son système de gestion des déchets ménagers, il peut exécuter une analyse des coûts par amplification pour déterminer l'impact d'un investissement additionnel. L'analyse des coûts par amplification, permet de saisir les coûts additionnels au programme global en provenance de chaque activité en distinguant bien les coûts fixes et les coûts variables.

II.4-Enjeux liés à la gestion des déchets ménagers :

La multiplicité des dispositifs de gestion des déchets se traduit par une grande diversité des risques associés.

Enjeux des Coûts :

Les coûts de gestion des déchets ménagers pour les collectivités locales ne cessent d'augmenter, la gestion des flux des déchets produits par une population qui augmente en quantité et aussi en qualité vue la variation et l'amélioration des modes de consommation nécessite de plus en plus des budgets intéressants.

Enjeux sur la santé :

Le travail de **Gomez (2004)**, qui a effectué ses recherches sur la problématique de l'assainissement et de la santé dans les villes moyennes du Bénin, a testé l'hypothèse suivante : « le manque d'assainissement a des implications sur la santé des populations. ». Les données obtenus dans son travail confirme l'hypothèse, du fait qu'un environnement insalubre, c'est-à-dire dans lequel prolifèrent les déchets est particulièrement nuisible à la santé des populations.

En ce qui concerne le cas particulier des sacs plastiques, les Docteurs Guendehou et Agodokpessi, cités par (**Ahotondji, 2009**), précisent qu'ils peuvent être à l'origine de la stérilité, du cancer de la peau, de la gorge et des poumons.

Enjeux sur l'environnement :

Les émissions de gaz à effet de serre liées au traitement des déchets sont surtout composées de méthane CH₄ (85 %), émanant des décharges.

Les travaux de **Migan (1993)** ont été plus spécifiques, il s'intéressait aux nuisances résultant d'une mauvaise gestion des déchets ménagers. Il a répertorié les différentes catégories de déchets rencontrés dans la ville de Cotonou, capitale économique du Bénin, et énuméré les effets néfastes que provoque leur mauvaise gestion sur la nappe phréatique. Les déchets ménagers bouchent également les marécages et par conséquent favorisent l'inondation.

Enjeux de salubrité et d'esthétique des villes :

Outre les nuisances sanitaires qu'ils génèrent, les déchets ménagers dégradent l'aspect esthétique de la ville et influent négativement sur l'économie. En effet, selon **Diop (1989)**, une ville jonchée d'ordures, avec une décharge mal localisée, des caniveaux bouchés en permanence par les ordures, n'est agréable ni pour l'épanouissement de la population ni pour le cadre de vie. Par contre, une ville propre améliore le cadre de vie de ses habitants en les mettant à l'abri des effets nocifs des déchets sur la santé. Elle favorise également le développement de l'activité touristique - source de devises - et de l'activité agricole urbaine et périurbaine - source de revenus et d'approvisionnement de la ville comme le précise **Sotamenou, (2005)**.

II.5-La gestion durable des déchets ménagers :

La gestion durable est une expression interdépendante du développement durable. Elle consiste à l'utilisation rationnelle des ressources naturelles dans le souci de satisfaire les besoins actuels sans compromettre ceux des générations futures.

En d'autre terme, c'est l'utilisation par l'homme de la biosphère de manière à ce que les générations actuelles tirent le maximum d'avantages des ressources vivants tout en assurant leur pérennité pour pouvoir satisfaire aux besoins et aux aspirations des générations futures.

En effet, depuis Hiroshima, l'homme a pris conscience de sa capacité à s'autodétruire. Jusqu'aux années soixante, les questions d'environnement sont reléguées au second plan. Les politiques environnementales sont pour l'essentiel sectorielles. Elles visent à lutter contre les pollutions localisées dans l'espace et dans le temps et dont les acteurs sont facilement identifiables (déchets, eaux etc.). C'est au début des années soixante-dix que des changements vont s'opérer tant dans la prise de conscience que dans les débats de la médiatisation de grandes catastrophes écologiques occasionnées par les activités économiques. Cette prise de conscience à l'égard des problèmes environnementaux par la population s'inscrit au sein d'inquiétudes de plus en plus prononcées dans les sociétés du Nord vis-à-vis des impacts négatifs de l'industrialisation.

La Conférence sur l'Environnement et le Développement, appelée «Sommet de la planète Terre » en 1992 à RIO de Janeiro au Brésil, a constitué une étape décisive dans l'engagement des pays en faveur du développement durable et dans l'expression des finalités et principes fondateurs de ce concept. Elle a mis en valeur l'idée selon laquelle « le monde se localise en même temps qu'il se mondialise ». Dès 1992, la déclaration de Rio propose une version universelle du développement durable et met en place un plan d'action qui se nomme Action 21 ou Agenda 21. C'est un document opérationnel qui comprend 28 chapitres et 250 recommandations. Son chapitre 28 traite les collectivités locales et les invite à mettre en œuvre un Agenda 21 à leur niveau, d'où l'expression "Agenda 21 local".

La finalité du développement durable est d'organiser un équilibre cohérent et viable à long terme entre ses enjeux, à côté de cette définition méthodique du développement durable et aussi de poser une définition en terme d'objet décliné selon les trois dimensions : le social ; l'économique et l'environnemental.

Le développement durable n'est donc pas un concept figé. Il peut s'analyser comme une recherche permanente d'équilibres et de compromis entre :

- les intérêts des générations actuelles et ceux des générations futures, dans un contexte d'équité intergénérationnelle
- les intérêts des pays industrialisés du Nord et des pays en développement du Sud
- les besoins des êtres humains et la préservation des écosystèmes (habitats et espèces)
- les intérêts des différents groupes sociaux au sein même des pays
- l'urbain et le rural.

Qu'abrite la gestion durable des déchets ?

Elle intègre la problématique des déchets depuis l'amont, au moment où un produit peut potentiellement devenir un déchet, jusqu'à l'aval, soit le traitement du déchet proprement dit. Elle propose donc des outils qui permettent de jeter moins, de « jeter mieux », de diminuer l'impact écologique du traitement des déchets tout en répondant à un impératif de viabilité économique et en faisant appel à des circuits d'économie sociale et solidaires. Elle respecte ainsi les trois piliers fondamentaux du développement durable (environnement, économie et social). Une politique de gestion durable des déchets doit également répondre à deux principes, que sont les principes de proximité et de responsabilité. Les différents échelons territoriaux intervenant dans la gestion des déchets doivent faire en sorte, dans la mesure du possible, de traiter les déchets de leur territoire au plus près de leur lieu de production et de ne pas s'en décharger sur les voisins. Les professionnels producteurs de biens, de leur côté, doivent absolument assumer financièrement, voire opérationnellement, la gestion des déchets issus de leurs produits, comme par exemple les déchets d'équipement électrique et électronique, ou les emballages, (responsabilité élargie des producteurs (REP)). Les collectivités ne peuvent assurer à elles seules la gestion de ces déchets. Le principe de REP est fondamental dans la gestion durable des déchets.

Les principes généraux de la gestion durable des déchets :

Toute politique de gestion durable de déchets doit hiérarchiser d'abord les objectifs à atteindre par ordre de priorité selon les étapes suivantes :

- La prévention
- La réutilisation
- Le recyclage
- La valorisation énergétique
- L'élimination

La prévention des déchets : L'objectif de la prévention des déchets est de réduire la consommation du produits et dès lors de matières afin d'assurer une gestion durable des

ressources naturelles. En outre, la prévention des déchets vise à minimiser les impacts sur l'environnement qui résultent de la gestion des déchets. Les formes de cette prévention peuvent prendre plusieurs aspects comme : produits à usages multiples, produits à durée de vie prolongée, conception de produits en réduisant la masse des matières nécessaires, conception de produits en facilitant leurs réutilisation en tout ou en partie.

Le recyclage et le réemploi des déchets : Dans cette filière, l'objectif est de maintenir le plus longtemps que possible les matières dans le circuit économique et de réduire ainsi la consommation de matières premières. Ce principe prend fin quand les ressources énergétiques et financières à mettre en œuvre pour permettre cette opération dépassent les bénéfices qui en résultent.

La valorisation énergétique : c'est la destruction de la matière pour récupérer l'énergie qui y est contenu. Ces produits sont définitivement éliminés du circuit économique après cette valorisation. L'utilisation des déchets pour la valorisation énergétique présuppose qu'ils répondent à des critères de qualité déterminés en fonction des contraintes techniques et des conditions d'acceptation des installations de valorisation.

L'élimination : elle est l'étape la plus basse, elle est réservée aux déchets qui ne se prêtent plus à une des opérations précédentes. Elle doit être effectuée dans des installations qui répondent aux meilleures techniques disponibles en la matière.

D'un autre part, la gestion durable des déchets doit respecter certains principes généraux :

Les principes d'autosuffisance et de la proximité : dans la limite du possible chaque communauté doit atteindre l'autosuffisance en matière d'élimination des déchets en mettant en place des capacités suffisantes de traitement.

Le principe de la qualité : il est important d'assurer une meilleure qualité des déchets collectés de façon sélective si on veut avoir un taux de recyclage le plus élevé.

Le principe pollueur-payeur : Le principe pollueur-payeur est un principe d'inspiration économique. Il a été adopté par l'OCDE en 1972, en tant que principe économique visant l'imputation des coûts associés à la lutte contre la pollution (ADEME, 2005).

Ce principe exige que le coût d'élimination des déchets doit être supporté par le détenteur qui remet les déchets à un ramasseur autorisé ou à une entreprise chargée de l'élimination.

Le principe de la responsabilité du producteur : consiste à attribuer aux producteurs de certains produits la responsabilité en tout ou en partie la gestion des déchets résultants de leurs activités et produits.

CHAPITRE III : LA GESTION DES DECHETS MENAGERS AU MAROC

Il est à remarquer que ces dernières années la concentration urbaine est sans cesse croissante et s'est réalisée à une vitesse telle qu'elle a souvent dépassé la capacité des communes à assumer cette situation. En outre, le développement socio-économique du Maroc ne s'est pas accompagné de mesures de protection de l'environnement, notamment en ce qui concerne le secteur de gestion des déchets solides. En fait, les moyens limités de nombreuses communes associées à un service non optimisé font que cette gestion est rarement bien assurée.

Le Maroc produit 6,5 millions de tonnes par an de déchets ménagers, dont 5 millions de tonnes/an de déchets ménagers dans le milieu urbain, avec un moyen de 0,75 Kg/hab/j et une densité moyenne à la collecte de 0,5t/m³ (SECE, 2010).

La gestion actuelle des déchets ménagers au Maroc, service communal, est marquée par deux modes de gestion. Certaines communes, notamment les moyennes et les petites continuent à gérer par voie directe les services de propreté. Tandis que d'autres communes de différentes tailles ont opté pour la gestion déléguée par des opérateurs spécialisés aussi bien de la collecte que de la mise en décharge.

Ainsi, la gestion des déchets au Maroc est actuellement un service qui prend deux formes. Pendant qu'il y a des villes qui bénéficient d'une collecte appropriée, avec des moyens modernisés efficaces et de mise en décharge dans les règles de l'art, d'autres localités baignent encore dans des conditions insalubres, dues à une mauvaise gestion de leur service de déchets solides.

Les 391 centres urbains recensés en 2004 déposent leurs déchets collectés dans au moins 300 décharges (SECE, 2010). Mis à part les 10 décharges contrôlées, aménagées selon les règles de l'art, la majorité des décharges se caractérisent par leur anarchie générale, causant des impacts considérables à l'environnement et l'Homme.

Les décharges contrôlées, en nombre de 10, servent de centres d'enfouissement technique à 39 communes (soit une moyenne de 4 communes par décharge) pour une moyenne de population de 5.1 millions d'habitant (SECE, 2010).

III.1-Production et caractéristique des déchets ménagers au Maroc

Au Maroc 51.4% de la population vit en milieu urbain en 1994 (contre 30% en 1960). Cette urbanisation se caractérise par un déséquilibre entre les régions et les provinces (50% de la population est concentrée dans les régions côtières (HCP, 2004).

Ce rythme d'urbanisation accéléré, amplifié par un exode rural massif est responsable du développement d'un nombre d'aspects négatifs qui portent atteinte à l'environnement. La prolifération des bidonvilles, l'extension des quartiers périphériques et de l'habitat clandestin insalubre favorisant le développement des maladies, sont des conséquences de cette surcharge

démographique.

Par ailleurs, l'extension non maîtrisée des villes se fait au détriment des espaces naturels et des terres agricoles (3000 à 5000 ha par an de terres agricoles sont utilisés pour des fins d'urbanisation).

Le tableau 2 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.

Tableau 1 : Teneur de production des déchets au Maroc et dans d'autres pays (Karkouri, 2009)

Ville (Pays)	Teneur de production (Kg/hab/jour)
Maroc	0,75
Gaza (Palestine)	0,61
Tripolis Elmina (Liban)	0,81
Limassol (Chypre)	1,26
Etats Unis	1,80
Catalogne (Espagne)	1,26

Aussi, il faut noter que les indicateurs de production nationale des déchets ménagers montrent une variation de rapport de 0,54 kg à 1 kg avec une moyenne de 0,75 kg/hab./j.

Les chiffres de production en déchets solides au Maroc qui ont été dictés par la Direction Générale des Collectivités Locales et le Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Eau et de l'Environnement en 2010 sont :

- Gisement et composition des déchets ménagers au Maroc :

Urbain : 14 000t/j soit 0,76 Kg/Hab/j

Rural : 4 000 t/j soit 0,3 Kg/Hab/j

Total : 18 000 t/j

-Propriétés physico-chimique :

Tableau 2 : Propriété physico-chimique des déchets au Maroc (SECE, 2010)

caractéristique	valeur
humidité	65%
Teneur en matière organique	70%
densité	0,4
Pouvoir calorifique	< 1000 Kcal/Kg

La gestion actuelle des déchets au Maroc est loin de répondre aux normes et aux exigences environnementales parce qu'elle se caractérise encore par :

- Une collecte qui pose des problèmes de salubrité publique et entraîne des risques sanitaires importants.
- Une collecte insuffisante qui nuit aussi bien à la population qu'à l'esthétique et

- l'assainissement liquide des villes.
- La présence de dépotoirs au sein des zones urbaines et périurbaines qui entravent le développement des activités économiques et touristiques et dégradent la qualité de vie des populations.
- Des décharges sauvages qui polluent les nappes souterraines et les cours d'eau mitoyens ainsi que des nuisances olfactives et visuelles.

III.2-Traitement de déchets au Maroc :

Au Maroc, les systèmes de traitement des déchets ménagers les plus utilisés sont le compostage et l'incinération :

Le traitement des déchets par compostage

Ce mode de traitement a été choisi comme le procédé de valorisation le plus adapté à la nature des déchets produits au Maroc. Quelques villes ont disposé d'UTOM (Usines de Traitement des Ordures Ménagères) conçues pour fabriquer du compost. Le procédé du compostage, utilisé en Europe, consisté en un broyage des déchets bruts, la fermentation et ensuite le stockage. L'ensemble de ces UTOM ne fonctionne pas actuellement à cause de :

- la technique utilisée ressemble à celle appliquée en Europe, consisté en un broyage des déchets bruts, la fermentation et ensuite le stockage. Cette technique n'est pas adaptée à la nature des ordures ménagères du Maroc car les déchets produits au Maroc sont plus humides que ceux produits en Europe. Par conséquent un colmatage se produit à la phase de broyage.
- Problème de gestion et manque d'entretien de l'UTOM,
- Problèmes financiers : la filière de vente et d'utilisation du compost n'a souvent pas été bien mise en place

Six villes marocaines ont été dotés d'usines de compostage (Tetouan, Meknes, Casa Blanca, Marrakech, Rabat, Agadir) mais la majorité d'entre eux ne fonctionnent plus ou en arrêt temporaire.

Traitement par incinération :

Ces unités, en très faible nombre, traitent essentiellement des déchets médicaux et rarement des déchets industriels. Les pluparts sont classées comme étant des brûleurs plutôt que des incinérateurs.

Traitement par valorisation énergétique :

L'année 2014 a connu deux expériences pilote du Ministère délégué auprès du Ministre de l'énergie des mines de l'eau et de l'environnement chargé de l'environnement, au niveau des décharges des villes de Fès et Oujda :

A Fès la décharge reçoit 850 tonnes de déchets /jour produisant 2000m³ de gaz qui se transforme en 5MW d'énergie.

A Oujda la décharge reçoit 340 tonnes/jour de déchets, produit 2,3 MW, une partie s'exploite à la décharge et l'autre partie se vend à l'Office national d'eau et d'électricité.

Les deux expériences sont nouvelles et leur succès reste à confirmer dans le futur.

III.3-Diagnostic de la gouvernance environnementale au Maroc :

Le Maroc est classé parmi les pays qui avaient mobilisé l'outil politique environnemental par l'élaboration des plans d'action comme le programme national des déchets ménagers (PNDM) et l'adoption de la charte communale (SECE, 2010).

Cadre institutionnel :

Au niveau du Maroc, des avancées ont été enregistrées sur les plan institutionnel, réglementaire, technique et des incitations, permettant de doter le pays d'outils de gestion de l'environnement.

Néanmoins, Il convient de noter que dans le cadre institutionnel, le domaine de l'environnement relève d'une multitude de départements ministériels, d'établissements publics, semi-publics et privés. Ils représentent d'une manière directe ou indirecte des institutions de gestion, de coordination ou de consultation en matière de gestion de déchets.

Les différents intervenants dans le domaine des déchets solides sont les suivants :

Ministère de l'Intérieur : il assure la tutelle des communes. Leurs budgets et leurs investissements sont toutefois soumis au contrôle du ministère de l'intérieur. Le ministère encadre techniquement les collectivités locales du point de vue assistance technique à la gestion de déchets solides, cahier de charges des gestions déléguées.

Ministère de la santé : Il contrôle la qualité de l'eau potable en faisant des analyses dans ses laboratoires décentralisé. Il gère directement ses déchets solides surtout ceux des hôpitaux.

Ministère de l'Industrie et de Commerce : il a un rôle de sensibilisation pour l'élimination de déchets d'origine industriels ou commerciales et pour la mise en place de filières de valorisation.

Ministère délégué auprès du Ministère de l'énergie des mines de l'eau et de l'environnement, chargé de l'environnement : sa mission consiste à élaborer et à mettre en œuvre la politique nationale en matière d'environnement et de développement durable et ce, par la mise en place d'outils et de mesures, la mise en œuvre d'actions, la promotion d'une culture de coordination et une démarche favorisant une approche partenaire et programmatique.

Au niveau local, la loi 28/00 a responsabilisé également les présidents des communes, les gouverneurs des provinces et des préfectures et les Walis des régions.

les communes ou leurs groupements : selon l'article 16 de la loi 28/00, ils sont tenus d'établir, dans un délai fixé par voie réglementaire, un plan communal ou intercommunal de gestion des déchets ménagers et assimilés qui définit les opérations de pré-collecte, de collecte, de transport, de mise en décharge, d'élimination, de traitement et de valorisation et, le cas échéant, de tri de ces déchets.

Aussi, l'article 21 de la loi précité stipule que les communes, leurs groupements ou les exploitants prennent obligatoirement en charge les dépenses afférentes aux opérations de collecte,

de transport, de mise en décharge contrôlée, d'élimination, de valorisation des déchets ménagers et assimilés et, le cas échéant, de tri de ces déchets ainsi que les dépenses de contrôle de la propreté des zones où ce service est assuré directement par les générateurs de ces déchets.

Néanmoins, le transfert des compétences vers les collectivités locales n'a pas été assorti d'un transfert de ressources suffisantes à même de leur permettre d'assurer une gestion rationnelle et durable de l'environnement locale (SECE, 2010).

Les gouverneurs des provinces et des préfectures : l'article 12 de la loi 28/00 stipule que le plan directeur préfectoral ou provincial de la gestion des déchets ménagers et assimilés est établi à l'initiative et sous la responsabilité du gouverneur de la préfecture ou de la province en concertation avec une commission consultative.

De même, le gouverneur peut approuver par arrêté ledit plan après avis du conseil préfectoral.

Les Walis : selon le même article 21 de la loi 28/00, le wali approuve le plan directeur préfectoral ou provincial de la gestion des déchets ménagers et assimilés par arrêté après avis du conseil préfectoral ou provincial.

Autres intervenant :

Dans le cadre de l'élaboration des plans directeurs préfectoraux ou provinciaux, la loi 28 /00 a prévu l'implication d'autres acteurs de la société, ces acteurs sont les organismes professionnels concernés par la production et l'élimination de ces déchets et les associations de quartiers ainsi que des associations de protection de l'environnement opérant dans la préfecture ou la province concernée qui font partie de la commission consultative prévue par l'article 12 de la loi 28/00.

En fin, il est à signaler que la charte nationale de l'environnement et du développement durable publiée au bulletin officiel du 22/03/2014 avait parmi ses objectifs de mener les réformes d'ordre institutionnel, en matière de gouvernance environnementale. Ainsi le titre V de la charte est consacré à la gouvernance environnementale en responsabilisant le gouvernement pour la mise en place des structures, des institutions et des procédures nécessaires à la bonne gouvernance environnementale.

Cadre légal :

Le Maroc s'est engagé dans le processus de développement durable au niveau international et il a affirmé sa volonté d'œuvrer activement en faveur d'une meilleure gestion de l'environnement en signant et ratifiant les principaux traités et conventions internationaux. Il s'agit notamment de la Convention Cadre sur les Changements Climatiques, de la Convention sur la Diversité Biologique, de la Convention de lutte contre la Désertification, de la Convention Ramsar, etc. En interne, le cadre légal a été renforcé ces dernières années et plusieurs lois et règlements ont été adoptés permettant d'accompagner les actions des différents acteurs responsables de la gestion de l'environnement. Ces outils juridiques ont institué un ensemble de principes fondamentaux de développement durable (pollueur/payeur, responsabilité, prévention,...) et ont édicté des normes à observer pour une gestion environnementale viable. Il s'agit en l'occurrence de :

- a. La loi n° 99-12 portant charte nationale de l'environnement et du développement durable :**

La charte nationale fixe les grandes orientations et le cadre stratégique au sein duquel les politiques, les réformes, les plans et les programmes sectoriels seront définis, harmonisés, adaptés, voire révisés dans une perspective d'amélioration continue.

Ainsi l'article premier de la loi 99-12 a fixé comme but de la charte :

- ✓ Renforcer la protection et la préservation des ressources et des milieux naturels, de la biodiversité et du patrimoine culturel, de prévenir et de lutter contre les pollutions et les nuisances ;
- ✓ Intégrer le développement durable dans les politiques publiques sectorielles et adopter une stratégie nationale de développement durable ;
- ✓ Harmoniser le cadre juridique national avec les conventions et les normes internationales ayant trait à la protection de l'environnement et au développement durable ;
- ✓ Renforcer les mesures d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques et de lutte contre la désertification ;
- ✓ Décider les réformes d'ordre institutionnel, économique, financier et culturel en matière de gouvernance environnementale ;
- ✓ Définir les engagements de l'Etat, des collectivités territoriales, les établissements publics et Sociétés d'Etat, de l'entreprise privée, des associations de la société civile et des citoyens en matière de protection de l'environnement et de développement durable ;
- ✓ Etablir un régime de responsabilité environnementale et un système de contrôle environnemental en instituant la création d'une « police de l'environnement ».

b. La loi n°28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination qui a pour finalité de jeter les bases d'une politique « déchets ». Ainsi les apports majeurs de cette loi sont :

- ✓ Asseoir les bases d'une politique « déchets » qui s'articulent autour d'un double objectif : moderniser les processus de gestion en vigueur dans le secteur et réduire autant que possible les impacts négatifs des déchets sur la santé de l'homme et l'environnement.
- ✓ Poser les jalons d'un cadre général de gestion adapté aux réalités du pays.
- ✓ Honorer les engagements souscrits à de nombreuses conventions recommandant la mise en place d'une gestion rationnelle et écologique des déchets ;
- ✓ Définit les différents types de déchets, spécifie leur mode de gestion et précise le niveau de leur prise en charge.
- ✓ Pose les règles d'organisation des décharges existantes et appel à leur remplacement par les décharges contrôlées en les classant par catégories distinctes en fonction du type des déchets
- ✓ Fait de la planification un outil de système de gestion des déchets et prévoit les modalités de gestion des déchets et l'élaboration de trois sortes de plans directeurs dont un plan directeur préfectoral ou provincial pour la gestion des déchets ménagers et assimilés.
- ✓ Met en place un système de responsabilisation des générateurs des déchets : le principe pollueur-payeur.
- ✓ Établit un système de contrôle et de constatation des infractions, assorti de sanctions.
- ✓ La prévention de la nocivité des déchets et la réduction de leur production ;
- ✓ L'organisation de la collecte, du transport, du stockage, du traitement des déchets et de leur élimination de façon écologiquement rationnelle ;

- ✓ La valorisation des déchets par le réemploi, le recyclage ou toute autre opération visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie ;
- ✓ L'information du public sur les effets nocifs des déchets, sur la santé publique et l'environnement ainsi que sur les mesures de prévention ou de compensation de leurs effets préjudiciables ;

Champ d'application :

Les dispositions de la loi s'appliquent à tous les déchets à l'exception des :

- Déchets radioactifs ;
 - Epaves des navires et toutes autres épaves maritimes ;
 - Efflux gazeux ainsi que les déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects dans une eau superficielle ou une nappe souterraine prévus par l'article 52 de la loi n°10-95 sur l'eau.
- c. Décret n° 2-09-285 du 23 Rejeb 1431 (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 .**

Aussi la gestion des déchets ménagers est soumise à d'autres textes de lois (voir annexe).

En dépit de ces avancées notables, l'arsenal juridique environnemental national nécessite encore des efforts, tel:

- L'actualisation des textes régissant la gestion des déchets dans le but de renforcer les aspects liés à la réduction des déchets à la source, de l'instauration d'un système sélectif des déchets, la promotion des techniques de valorisation des déchets et l'intégration du principe de responsabilité élargie et à la gestion écologique des déchets dangereux.
- l'élaboration de textes d'application qui exigent des délais considérables pour leur adoption et publication. En effet, plusieurs lois demeurent dépourvues de l'essentiel des textes réglementaires qui rendraient leurs dispositions effectives. De même, l'efficacité et l'opérationnalité de ces textes sont fonction de la capacité de tous les acteurs à exercer pleinement et judicieusement leurs prérogatives et attributions en matière de police administrative de contrôle environnemental, un autre maillon faible du processus de protection de l'environnement.

III.4-Programme National des Déchets Ménagers (PNDM) :

Le Programme National des Déchets Ménagers et assimilés a été élaboré conjointement par le Département de l'Environnement et le Ministère de l'Intérieur. Ce Programme a pour objectifs :

- Renforcer le cadre législatif
- Assurer la collecte et le nettoyage des déchets ménagers dans les agglomérations et atteindre un taux de collecte de 90% au lieu de 70% actuellement ;
- Réaliser des décharges contrôlées des déchets ménagers et assimilés au profit de tous les centres urbains (100 %) ;
- Réhabiliter toutes les décharges existantes, après fermeture (100%) ;

- Professionnaliser la gestion de ce secteur dans les agglomérations présentant un intérêt économique pour les opérateurs privés et un coût supportable pour les Communes ;
- Développer la filière de « tri-recyclage-valorisation », avec des actions pilotes de tri, pour atteindre un taux de 20 % du recyclage avec des actions pilotes de tri à la source ;
- Former et sensibiliser les acteurs concernés sur la problématique des déchets

Au titre de ce Programme, 350 villes et centres urbains seront dotés de décharges contrôlées, 300 décharges non contrôlées seront réhabilitées et 300 communes bénéficieront de l'amélioration des services de collecte et de nettoyage à travers la délégation de la gestion de ces services à des opérateurs professionnels.

Le coût de ce programme est estimé à 40 Milliards de Dirhams réparti, sur 15 ans, réparti comme suit (tableau1):

Tableau 3 : Répartition des coûts du PNDM par composante
(DGCL, Ministère de l'intérieur et MATEE 2010)

Composantes	Coût (Milliards de dhs)	Pourcentage des Coûts
Amélioration des services de collecte et de nettoyage	26,5	66,42%
Création et exploitation des décharges contrôlées	7,5	18,55%
Réhabilitation des décharges existantes	3,3	8,27%
Etudes et maîtrise d'ouvrage, contrôle et suivi	1,3	3,26%
Développement de la filière : « Tri-Recyclage et Valorisation »	0,7	1,75%
Communication, sensibilisation et formation	0,7	1,75%

Résultats attendus du PNDM :

Le plan national des déchets ménagers a pour but de professionnaliser le secteur des déchets à travers une gestion intégrée et globale depuis leurs lieux de production jusqu'à la dernière étape d'enfouissement en passant par toutes les étapes intermédiaires. Ce PNDM vise plusieurs plans :

Sur le plan Environnemental : Réduction de coût de dégradation de l'environnement qui s'élève actuellement à 3,7 du PIB,

Sur le plan Social :

- Amélioration des conditions de vie des populations,
- Amélioration des conditions de travail des récupérateurs des matières valorisables ou recyclables,
- Création de 12 à 18 000 emplois sur 15 ans,

Sur le plan Economique :

- Création de supplémentaires (TVA, IR, taxes supplémentaires...)

- Transferts de technologies, développement du tourisme, développement des exportations agricoles (traçabilité des produits), etc....

La gestion déléguée :

Le gouvernement Marocain encourage la participation du secteur privé dans tous les aspects de la chaîne de gestion des déchets solides municipaux depuis la collecte jusqu'à la gestion des décharges.

Plusieurs communes ont délégué la gestion des déchets solides à des sociétés privées étrangères ou marocaines. Les compagnies privées desservent les 74% de la population urbaine dans la collecte et le nettoyage des déchets au niveau national ; 90 contrats au total ont été établis, évalués à 1,78 milliard de MAD. Le tonnage collecté sous ces contrats est estimé à 4,3 millions de T par an, ce qui représente les 80% de la collecte de déchets urbains. Les coûts des gestions déléguées des services de collecte et de nettoyage des municipalités urbaines ont augmenté passant de 807 millions MAD en 2007 à 1,78 milliard MAD jusqu'à la fin avril 2013. Le prix moyen du service de collecte est d'environ 411 MAD par T. le prix moyen du service de la décharge contrôlée est de 76 MAD par T (**GIZ, 2014**). Néanmoins, on constate que certains contractants ont rompu leurs contrats et ont quitté le marché.

PARTIE II :

**ANALYSE DU SYSTEME
DE GESTION DES
DECHETS MENAGERS
A KHOURIBGA**

CHAPITRE I: L'ANALYSE DU SYSTEME DE GESTION DES DECHETS MENAGERS A KHOURIBGA

I.1-Introduction :

La ville de Khouribga, comme toutes les villes marocaines, n'échappe pas à cette problématique. La gestion des déchets ménagers dans cette ville a connu plusieurs mutations, en premier temps, elle s'est lancée une collecte traditionnelle de porte à porte avec des simples moyens et qui n'atteint pas les 100%, par la suite, le système de gestion a évolué à travers la décision de délégation de ce service au secteur privé. Avec l'appui des programmes nationaux, cette collecte approche actuellement à la totalité. Des changements positifs constatés ces dernières années sur le système actuel de la gestion déléguée. Cependant, ce nouvel état présente encore des divergences et des problèmes sur plusieurs échelles (politique, économique, social et environnemental). La recherche sur le système de gestion des déchets ménagers à Khouribga ne peut commencer sans le traçage d'un tableau de bord décrivant sa situation réelle. Aussi la compréhension de l'état actuel du circuit des déchets ménagers est indispensable.

I.2-Présentation de la zone d'étude :

La ville de Khouribga fondée dans les années vingt suite à la découverte de gisement de phosphates sur le plateau des Ouardigha (tribus Ouled bhar Sghar et Ouled bhar Kbar) fait partie des villes nouvelles du Plateau Central du Maroc Atlantique. En 1960 la Municipalité a été instituée, et en juillet 1967, la ville devenait chef-lieu de la province, « elle se singularise par le fait qu'elle est la seule ville minière au Maroc créée dans une période, où l'industrie européenne avait besoin de matière première, la richesse de son sol était, des lors, un argument que le protectorat français utilisera pour encourager les hommes d'affaires à investir au Maroc » (Boulakjame, 1997), « l'image qui ne manque pas de frapper immédiatement l'esprit, est celle de la capitale des phosphates du Maroc, la première ville minière marocaine au niveau démographique et le plus grand centre phosphatier du Monde » (Boulakjam, 2010), jusqu'à présent, cette ville occupe une place très importante soit à l'échelle nationale ou même internationale puisqu'elle est considérée comme une des plus importantes zones de la production de phosphate au monde (3/5 des réserves mondiales, 16 millions de tonnes).

Situation géographique :

La ville de Khouribga est située à 120 Km au Sud-Est de la ville de Casablanca. Elle est limitée au nord par la Province de khemisset, au sud par la Province de Béni Mellal à l'est par la province de Khenifra, et à l'ouest par la Province de Settat, d'une superficie de 25km², la ville de Khouribga chef-lieu de la province de Khouribga fait partie de la région Chaouia Ourdiga, cette position géographique place la ville dans la région centrale du Maroc et favorise sa liaison avec d'autres grandes régions à savoir la région de Casablanca, la région de Tadla Azillal et la région de Marrakech.



Figure 1 : la zone d'étude «ville de Khouribga»

La géologie :

La géologie de la ville de Khouribga est dominée par les séries géologiques inhérentes à la meseta occidentale et au plateau des phosphates. La meseta occidentale supporte des formations schisto-gréseuses datant de l'ordovicien, des flyschs carbonifères, des quartzites et calcaires du silurien supérieur, des granites hercyniens du permotrias, des basaltes doléritiques et des dolérites. (Documents techniques du service juridique de l'OCP (DTSJO))

La stratigraphie et la lithologie de ce plateau sont assez bien connues grâce aux recherches phosphatiques.(Figure2).



Figure 2 : Schéma géologique simplifié de la région de Khouribga (service juridique de l'OCP)

Quant au plateau des phosphates, il est constitué de couche de calcaires lacustre, d'argiles et de sables de l'éocène inférieur phosphaté, de marnes sénoniennes et cénomaniennes et de calcaires turoniens. Outre ces formations, villafranchiennes et du quaternaire moyen et ancien qui se tiennent à l'état localisé ou épars.

La pédologie : La pédologie de la Province de Khouribga est représentée par :

- Des sols peu évolués colluviaux humifères peu profonds et des sols isohumiques bruns subarides plus au moins profonds, qui se développent sur des formations paléozoïques ;
- Et des sols calcimagnésiques bruns calcaires moyennement profonds développés sur les formations du plateau des phosphates. (DTSJO)

La topographie : La ville de Khouribga se situe à une altitude de 800m avec une légère pente du Nord-Est vers le Sud-Ouest (0.50%).

La structure du plateau des phosphates est simple dans l'ensemble. Elle montre un ensemble de plates-formes emboîtées, disséquées, qui correspondent à des niveaux calcaires plus résistants à

l'action de l'érosion. L'ensemble forme une structure tabulaire, avec un pendage général faible vers SSW. Le plateau des phosphates est redressé au nord par un accident et forme une falaise à la base de laquelle débute une structure type pénéplaine qui marque la transition vers la Chaouia côtière. (DTSJO)

Relief : La province de Khouribga se présente comme un plateau drainé. En effet, on constate la présence d'une pente généralisée vers le collecteur d'Oum Rbia. Cette tendance majeure, couplée à l'affleurement du turonien imperméable (sur une grande partie de la province de Khouribga), favorise les ruissellements vers Oum Rbia et contribue de peu dans la recharge des aquifères. En effet, le relief de la province se décline comme suit :

- Au Nord, la partie méridionale du plateau central se caractérise par un paysage de montagne à aspect varié (500 m à plus de 1000 m) ;
- A l'Ouest, le massif de Khatouat s'élève à 800 m (Gnadiz) ;
- Au sud-est, le relief plus monotone offre un paysage répétitif de collines à 750 m d'altitude ;
- Au Centre, une vallée évoluant entre 6 à 8 Km de longueur s'ouvre du côté Est sur les communes rurales de Béni Ikhlef /Ouled Abdoun et Béni Smir (Sidi Daoui) du côté Ouest ; (DTSJO)

Sols : En général, les sols les plus dominants dans la province sont peu profonds et en grande partie caillouteux, à l'exception des vallées, des dépressions où ils sont profonds et moins pierreux, résultant d'une érosion alluviale et colluviale.

Au sud, ils sont caractérisés par l'existence de dalles calcaire qui affleurent d'une façon sinusoïdale le sol et donne naissance à des terrains appelés localement "Makret" généralement de statut juridique collectif.

Au Nord, les sols sont squelettiques et schisteux peu évolués dans leur formation.

Les principales classes du sol sont comme suit:

- Calci-magnésique
- Isohumique, brunifiés sesquioxyde de fer. (DTSJO)

Climat : La province de Khouribga est caractérisée par un climat de type semi-aride à régime continental, ce type de climat est caractérisé par un été chaud et sec et un hiver froid relativement humide. La pluviométrie moyenne annuelle est de 373mm (période de 1985-1996) avec un nombre de jour de pluie de 62 j/an. (Délégation du ministère d'agriculture à Khouribga DMA)

L'analyse de la pluviométrie sur les 20 dernières années a montré que le mois de janvier est le plus arrosé, un glissement des précipitations vers l'automne a réduit le cycle de croissance de 18 jours dans les années soixante à 90-100 jours entre les années 1995-2005. Le gradient des précipitations progresse du sud-ouest vers l'Est de la province.

La moyenne des températures enregistrées est de 17°C. Toutefois, les amplitudes thermiques sont élevées, la moyenne des maxima est de 38°C en été (mois d'Aout) et celle des minima 3°C en hiver (de Décembre à Mars).

L'évapotranspiration potentielle, très importante, est pratiquement égale à légèrement supérieur aux précipitations annuelles cumulées soit 2.11 m³/m²/an (de l'ordre de 1324mm) accusant un déficit hydrique de 984mm. Dans cette zone, l'eau est rare et constitue la meilleure ressource par excellence à économiser et à préserver, son utilisation efficace permettrait des rendements meilleurs à travers une meilleure gestion et rationalisation de son utilisation.

Les vents sont relativement faibles dans la région. La vitesse annuelle est de 11Km/h avec un maximum de 25Km/h en Juillet. Les dominants soufflent du Nord en période sèche et Nord-Est en période humide.

Ressources en eau : Compte tenu des caractéristiques climatiques et géomorphologiques de la région, les ressources en eaux disponibles sont assez limitées. (DMA)

La faiblesse des disponibilités des ressources en eau souterraines s'explique par la nature hydrogéologique fait que les quantités d'eau infiltrées se trouvent pour leur majeure partie drainée vers la plaine du Tadla où elles alimentent la nappe profonde.

Les cours d'eau qui sillonnent Khouribga sont pour la plupart temporaires, alimentés en période de pluie. Compte tenu des variations d'altitude du territoire par rapport à celle des cours d'eau, les écoulements superficiels sont orientés vers les zones de dépression qui se situent hors de la zone d'action de Khouribga. En effet, le secteur Nord-st est drainé par l'Oued Grou, affluent du Bouregreg. Le secteur Nord-Ouest par l'Oued Melleh et le secteur Sud par l'Oued Oum Er R'bia.

Caractéristiques socio-économiques :

Population : Depuis sa création, la ville de Khouribga a subi un développement démographique très rapide, sa population n'a pas cessé d'augmenter. Le tableau 4 illustre bien la cadence accélérée du phénomène urbain qu'a connu la ville de Khouribga. Cette urbanisation est le fruit de deux principaux facteurs : la croissance naturelle et l'importance des flux migratoires, ces courants migratoires vers la ville se caractérisent par l'existence de deux types : une migration interurbaine (due principalement à son activité minière) et l'exode rural (effet de l'urbanisation). Cette croissance démographique a entraîné la transformation de Khouribga d'une ville proprement minière à une ville multifonctionnelle.

Tableau 4 : Evolution démographique de la ville de Khouribga (HCP, 2006)

	1933	1952	1960	1971	1982	1994	2004	2006
Nombre d'habitants (hab)	8135	20365	40 838	73 667	127 181	152090	166397	172 000

Cette ville est placée parmi les régions les plus peuplées du Royaume avec une densité de 117 habitants par Km² contre une moyenne nationale se situant autour de 44 habitants par Km².

Répartition de la population selon le sexe et les tranche d'âge :

- Le taux d'analphabétisme est de 30,5% (41,7% pour le sexe féminin et 17,6% pour le sexe masculin)
- Le taux de scolarisation est de 88% (83,8% féminin et 92,1% masculin)
(Selon les statistiques du HCP 2006)

Découpage administratif : La ville est composée d'un Bachaouia et 7 arrondissements.
(Services communaux de Khouribga)

Infrastructures :

► **Réseau routier :** Grace à sa position géographique, la ville de Khouribga est liée à un réseau routier qui assure sa connexion au reste du Maroc, ce réseau est composé de 70Km de routes principales (routes nationale RN11, routes régionales RR312 et RR403 et route provinciale RP3503), et d'environ 43Km en voie principales urbaines (avenues, boulevards, rues), ce réseau routier sera prochainement renforcé par la réalisation d'une autoroute reliant la ville de Berrchid à la ville de Béni Mellal via la ville de Khouribga.

► **Transport ferroviaire :** La ville profite de l'existence d'un réseau de voies ferrées pour le transport de voyageurs, des marchandises et des phosphates, composé d'une ligne à double voies électrifiée reliant Khouribga à Berchid et par la suite à Casablanca et un autre reliant Khouribga à Oued Zem à l'Est de la ville.

► **Port et aéroport :** Khouribga se situe à 1 heure 30 min du Grand port de Casablanca et à 3 heures du port Jorf Lasfar et à une heure de l'aéroport Mohammed V.

► **Télécommunications :** On marque la présence régulière des trois opérateurs de télécommunications. Une tendance de plus en plus affirmée des services aussi bien publics que privés opérant dans la région à se doter de moyens avancés de technologie de l'information et de la communication.

Secteurs économiques :

► **Industries :** La production des phosphates constitue la principale activité de la province, en effet, ce secteur assure plus de 10 000 postes d'emplois permanents. Il atteint une production annuelle de l'ordre de 11 millions de tonnes dont 6 destinés à l'exportation et aux unités industrielles nationales.

La ville dispose d'une zone industrielle d'une superficie globale de 20 ha dont 10ha affectés à l'activité purement industrielle tandis que les dix autres sont affectés à des activités de 3^{ème} catégorie avec habitation en étages supérieurs. En compte 51 lots de 1^{ère} et 2^{ème} catégorie, et 119 lots de 3^{ème} catégorie.

L'activité industrielle reste une activité secondaire, en effet, le tissu industriel comprend à peine 100 établissements industrielles de moyenne à petites tailles, leurs activités essentielles sont la fabrication de charpentes, de menuiseries et d'éléments en béton pour la construction, le textile, les opérations de mécaniques générales, etc....La répartition des unités entre les différents secteurs industriels est présentée dans le tableau 5.

Tableau 5 : les secteurs des activités économiques à Khouribga
(Délégation Provinciale de commerce et d'industrie de Khouribga, 2013)

Secteur d'activité	Nombre d'unités	%
Agro-alimentaire	39	38,61
Chimie et parachimie	44	43,57
Métallique et mécanique	15	14,85
Textile et cuire	3	2,97
total	101	100

L'évolution des principales grandeurs économiques durant les dernières années est exprimée par le tableau 6.

Tableau 6 : Evolution des principales grandeurs économiques
(Délégation Provinciale de commerce et d'industrie de Khouribga, 2013)

Année	Nombre d'unités	Nombre d'emplois	Chiffre d'affaire	Production	Valeur ajoutée	Investissement	Exportations
2007	73	948	564299	536688	83427	35310	7913
2008	78	983	523440	568493	69863	30039	300
2009	89	1046	525496	502537	69404	3877	7800
2010	97	909	542409	554336	52152	39904	8391
2011	101	898	695110	687372	66154	4356	2300

Les valeurs sont en milliers de DHS.

Néanmoins, la proximité de la capitale économique et la situation de la province comme carrefour Nord-Sud et Est-Ouest, le voisinage du port de Casablanca, le voisinage de l'aéroport Mohamed V, et l'existence d'une infrastructure routière ferroviaire, aussi l'existence de l'OCP avec ses offres en matière d'externalisation, sont tous des facteurs qui doivent favoriser l'attractivité de cette région pour l'implantation des unités industrielles.

► **Tourisme** : Le flux des touristes sur cette ville reste faible et se limite au tourisme d'affaires.

Les autres manifestations touristiques de la ville consistent en l'organisation des Moussems, festivités culturelles et artistiques.

La ville de Khouribga est connue également par son festival annuel du cinéma africain qui s'organise en mois d'Aout.

Les infrastructures d'accueil sont limitées à 8 hôtels dont deux sont bien classés.

► **Commerce**: Le secteur commercial joue un rôle important dans le développement de l'économie de la ville, et c'est le secteur le plus dominant. En fait, le nombre d'établissements commerciaux atteint plus de 10.000 unités. Ce secteur se présente sous trois formes d'occupation spatiale : le commerce fixe, le souk et le commerce ambulante. Le centre-ville est le lieu d'une forte concentration des points de ventes. Le commerce le plus dominant s'exerce d'une manière traditionnelle, à l'exception de certains commerces modernes qui commencent à s'implanter dans la ville.

Le souk hebdomadaire s'organise chaque dimanche dans la ville, c'est un lieu de regroupement de multiples branches de commerce.

On doit mentionner aussi le nombre important de marchands ambulants qui occupent le domaine public. Sans ignorer les différents problèmes que génèrent ce type de commerce (perturbation de la circulation, charrettes, génération de déchets...).

On peut résumer les données statistiques sur le secteur du commerce comme suit :

- Un marché de gros
- Un abattoir
- Deux marchés municipaux
- Une grande surface (Marjane)
- Quelques franchises
- 25 centres commerciaux nommément connus sous le nom de « Kissariats »

► **Artisanat** : Les métiers regroupés sous la dénomination artisanat appartiennent largement au secteur informel, d'un point de vue statistique, ils sont très mal connus. Khouribga est largement spécialisée dans l'artisanat du textile. On y trouve également l'artisanat du bois, des métaux et l'artisanat du tapis.

Par ailleurs, plus qu'une activité économique, l'artisanat est un élément clé de la structure sociale marocaine, dans le sens qu'elle constitue un puissant facteur d'intégration sociale locale. Ainsi, dynamiser le secteur artisanal, c'est aussi développer un secteur économique qui maintient une structure sociale et des emplois, particulièrement dans les zones sujettes à l'exode rural comme la ville de Khouribga.

Dans ce secteur on peut citer les données représentées par le tableau 7 :

Tableau 7 : Données sur le secteur de l'artisanat à Khouribga
(Délégation Ministère de l'Artisanat de Khouribgat, 2013)

Coopératives artisanales	09
Artisans, membres	284
Associations artisanales	11
Complexes artisanaux	1

► **Services** : Ce secteur présente une multiplication de services les plus dominant sont les banques et les agences de voyages.

Secteurs sociaux

► **Enseignement** : L'enseignement a connu une amélioration très importante dans les dernières années à travers l'implantation d'une faculté poly-disciplinaire et d'une école de formation des ingénieurs (Ecole Nationale des Sciences Appliqués) qui forment 1600 et 200 étudiants respectivement.

La ville dispose également d'un institut supérieur de technologies appliquées pour la formation professionnelle avec 700 étudiants et un centre de qualification professionnel. Concernant la formation privée, elle offre plus de 40 établissements.

Concernant la formation de base, elle présente :

Secteur public : 167 établissements, 4443 enseignants et 98925 élèves.

Secteur privé : 34 établissements, 808 enseignants et 8147 élèves.

► **Santé** : Le secteur de santé connaît aussi une évolution importante, que ce soit dans le secteur public ou privé. (voir tableau 8)

Tableau 8 : Les différentes composantes du secteur de la santé à Khouribga
(Délégation du Ministère de la santé, 2013)

Secteurs public/privé	Hôpitaux	Centre de santé	Cabinets médicaux	Cabinets chirurgicaux	Cliniques	Pharmacies
	03	34	59	04	05	134

I.3-Matériels et Méthodes :

Cette partie de la recherche est consacrée à la présentation du modèle d'analyse des données et de la démarche utilisée pour obtenir les informations nécessaires à la réalisation de l'étude. La méthode suivie dans cette étape se base sur les différentes techniques de la recherche de l'information, aussi sur la constatation visuelle et un prolongement dans l'historique et les statistiques s'est avéré également nécessaire.

La collecte des données a été effectuée suivant trois techniques: la recherche documentaire, les observations et les entretiens sur le terrain ainsi que les enquêtes d'opinion auprès des ONG et des ménages.

Le suivi a été réalisé depuis 2010 jusqu'à fin 2014. En effet, dès le commencement de cette recherche un archivage des données a été assurée afin de pouvoir traiter et analyser dans une seconde étape les informations et les constatations recueillis.

I.4-Etat du lieu de La gestion des déchets ménagers dans la ville de Khouribga :

La ville de Khouribga a connu plusieurs changements et mutations durant ces dernières années, soit sur le plan démographique, économique ou urbain. La commune doit assurer la gestion de tous les services qu'ils lui sont attribués. Cependant, la gestion des déchets ménagers est l'un des services les plus sensibles à gérer, et les progrès qu'a connus ce secteur dans le monde étaient difficiles pour une commune moyenne telle la ville de Khouribga d'être au diapason de ces évolutions.

L'étude de la gestion des déchets ménagers, au niveau de la ville de Khouribga, ne peut commencer sans une compréhension de la situation actuelle du système de gestion des déchets dans la ville. Pour ce but, ce chapitre donne d'une part un aperçu sur le cadre législatif et réglementaire de la gestion des déchets ménagers à Khouribga, et présente les acteurs qui

interviennent dans ce système et d'autre part, il expose le constat de l'état actuel de la gestion des déchets ménagers dans cette ville.

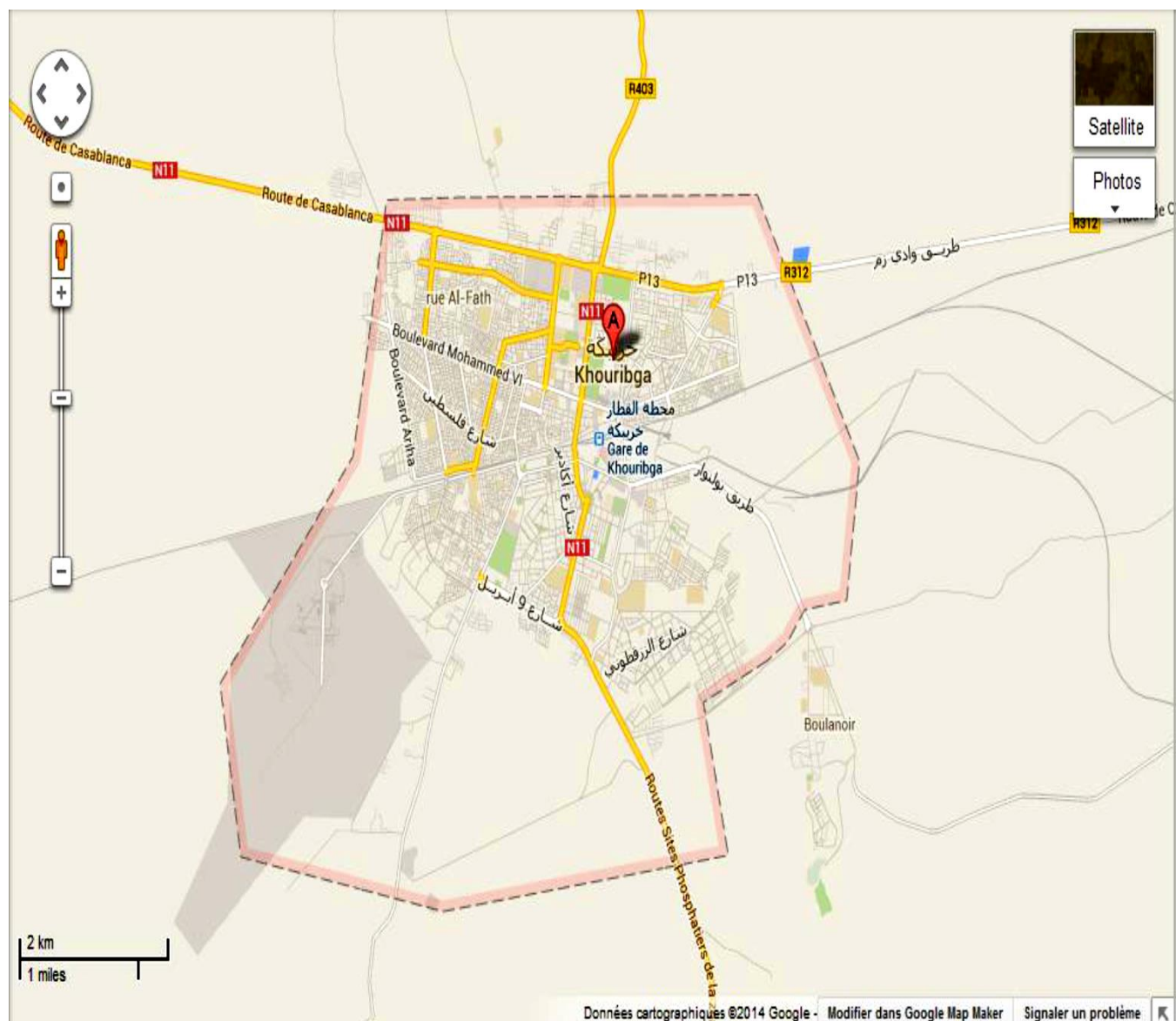


Figure 3 : Présentation de la zone urbaine de la ville de Khouribga

Les figures 3 et 4 présentent la zone urbaine de la ville concernée par la gestion des déchets ménagers et montrent la répartition et la concentration de l'urbanisation.

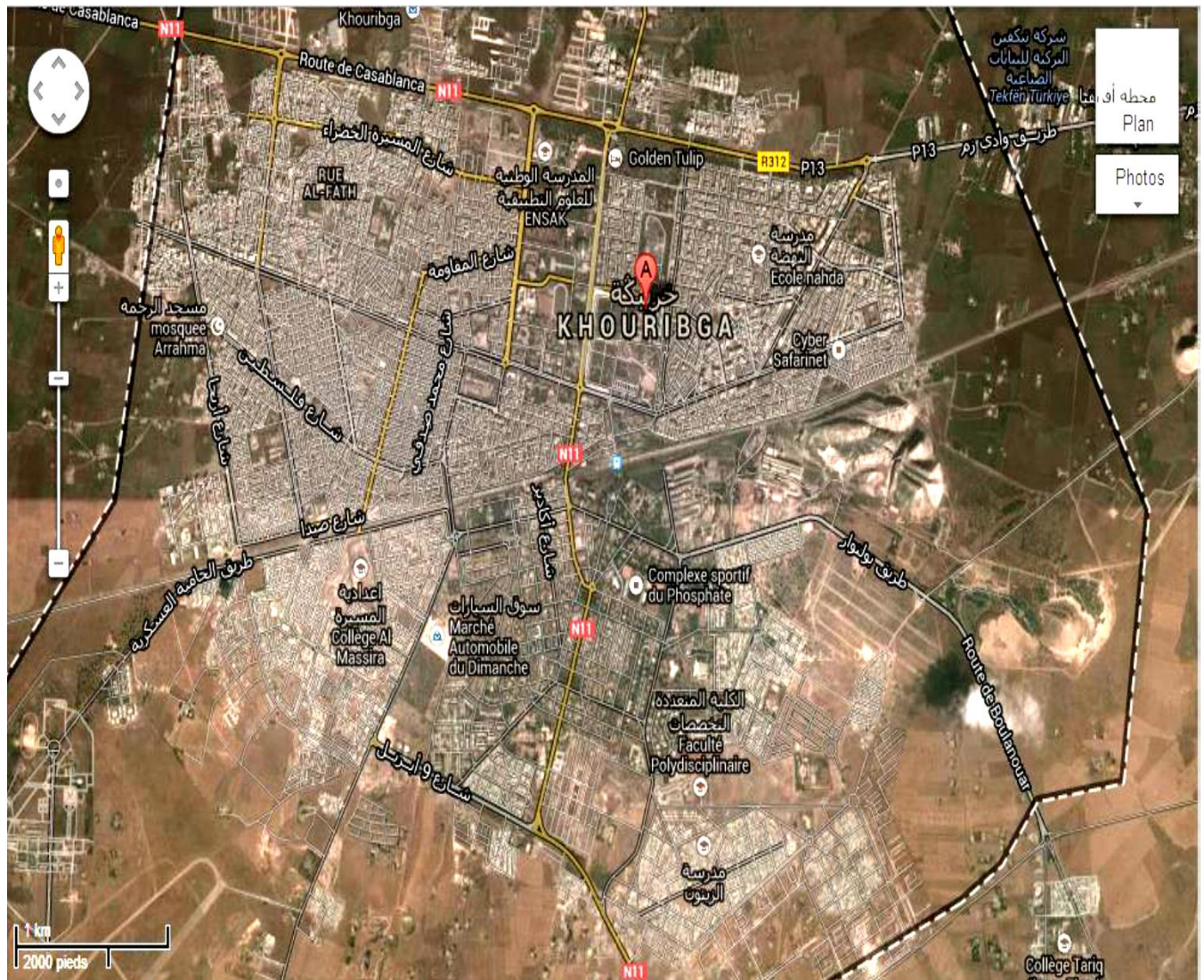


Figure 4 : Photo sur la ville de Khouribga (Google earth)

Historique de la gestion des déchets ménagers à Khouribga :

D'après la charte communale, chaque commune doit assurer le service de nettoyage et de collecte des déchets à l'intérieur de son périmètre et aussi l'élimination finale de ces déchets. Avant l'année 2006 la commune de Khouribga via son service de propreté assure la collecte et la mise en décharge des déchets ménagers et assimilés dans son périmètre urbain ainsi que le nettoyage et le balayage des rues.

La gestion par la commune des déchets ménagers de la ville était assurée d'une manière traditionnelle, le service disposait d'un matériel modeste et un effectif de 136 agents qui assuraient une collecte de porte à porte. La collecte se faisait par des camions, les éboueurs précédaient le chauffeur en faisant le porte à porte et en ramassant les ordures présentés par les ménages devant leurs maisons soit dans des seaux ou des sachets en plastiques et les versent dans les camions.(Municipalité de Khouribga).

Les engins utilisés pour la collecte étaient simple, ils sont présentés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Matériel de collecte dont disposait la commune (commune Khouribga)

Type	Modèle	Affectation
BOM		Collecte
BOM	M - 210 / 14 TONE	
BOM	M - 210 / 14 TONE	
Multi-benne	M - 210 / 14 TONE	
BTP		Décharge
BTP	8 TONE	
BTP	M - 210 / 14 TONE	Collecte
BTP	M - 210 / 14 TONE	
Mini Benne	1,5m3	
Mini Benne	2700	Balayage
Traxe		Décharge
Balayeuse		Balayage

La délégation du service de gestion des déchets ménagers :

Depuis le 10 Avril 2006, et suite à un appel d'offre de la commune de Khouribga, le service de propreté et toutes les opérations qui lui sont liées ont été délégué au secteur privé précisément à la société Tecmed. Ce mode de gestion qui s'est propagé dans quelques villes marocaines depuis les années 2000, était dans une vision d'aider les communes à faire face aux différents problèmes liés à ce service et qui dépassent leurs capacités de gestion.

La société privée « Tecmed Maroc », une société d'origine espagnole qui a pris en charge toutes les opérations liées aux déchets selon un cahier de charges sur une durée de 10 ans. Tecmed, issu du groupe Urbaser, présent au Maroc depuis plus de 10 ans, avec une part de marché en 2010 estimée à peu près à 40% et un chiffre d'affaires de 507 millions de dirhams. Cette société compte parmi les 3 principaux opérateurs internationaux du secteur de déchets implantés au Maroc. Tecmed Maroc dessert 16 communes, soit une population de 5,2 millions d'habitants, et collecte annuellement près de 1,8 millions de tonnes de déchets ménagers grâce à une flotte roulante de 900 véhicules et machines (Tecmed Maroc, 2013).

Cette société bénéficie de l'expertise de sa maison mère implantée en Espagne. Suite aux clauses du cahier de charges, des prestations contractuelles retiennent la mise en place et l'exécution d'un plan intégré de propreté pour la commune urbaine de Khouribga, ces prestations sont comme suit :

- La collecte des ordures ménagers et assimilées, des encombrants et des ordures des dépôts sauvages, ainsi que le transport des résidus collectés à la décharge publique et leurs déchargement.
- Le nettoyage de la voirie : chaussés, trottoirs, caniveaux et places publiques et du mobilier urbain installé par la commune ainsi que le transport des résidus collectés et leurs déchargement à la décharge publique.
- L'exploitation de la décharge publique.

Organisation administrative

La gestion de l'exploitation et l'exécution des travaux sont organisées en plusieurs services, l'effectif total des ressources humaines permanentes engagées pour l'exécution des services, pendant la septième année d'exploitation, s'élève à 183, contre 152 avancés sur l'offre technique de la société constituant complément du cahier des charges. L'effectif du personnel embauché directement par la société est de 78, alors que les agents communaux mis à la disposition du délégataire sont au nombre de 104, ses ressources humaines sont répartit selon l'organigramme présenté par la figure 5.(direction de Tcmed)

Tableau 10: Répartition du personnel de la société délégué dans la ville de Khouribga (Tecmed, 2013)

Catégorie du poste	Personnel embauché par la société	Personnel communal mis à la disposition de la société
Directeur d'Exploitation	1	
Ingénieur d'Exploitation	1	
Assistante administrative	1	
Chef du Service	1	
Chef de Collecte	1	
Chef de Balayage	1	
Chef d'achats	1	
Surveillants	5	
Chauffeurs	13	13
Agents de propreté permanents	42	91
Techniciens atelier	5	
Pointeur	1	
Contrôleurs pont bascule	1	
Femme de ménage	1	
Agents de sécurité	3	
Total	78	104

En plus des ressources humaines permanentes susmentionnées, la société faisait souvent appel au recrutement de personnel occasionnel ou à des heures de travail supplémentaires. Ceci est adopté pour combler les besoins ponctuels de services spécifiques. Aussi pour combler les lacunes résultantes des absences enregistrées au niveau du personnel communal mis à sa disposition. Ces absences ont connu un accroissement inquiétant, accroissement soutenu par les grèves répétitives enregistrées. Citons comme exemple, les jours non travaillés enregistrés durant l'année 2013, que la société a dû couvrir, ils sont détaillés dans le tableau 11.

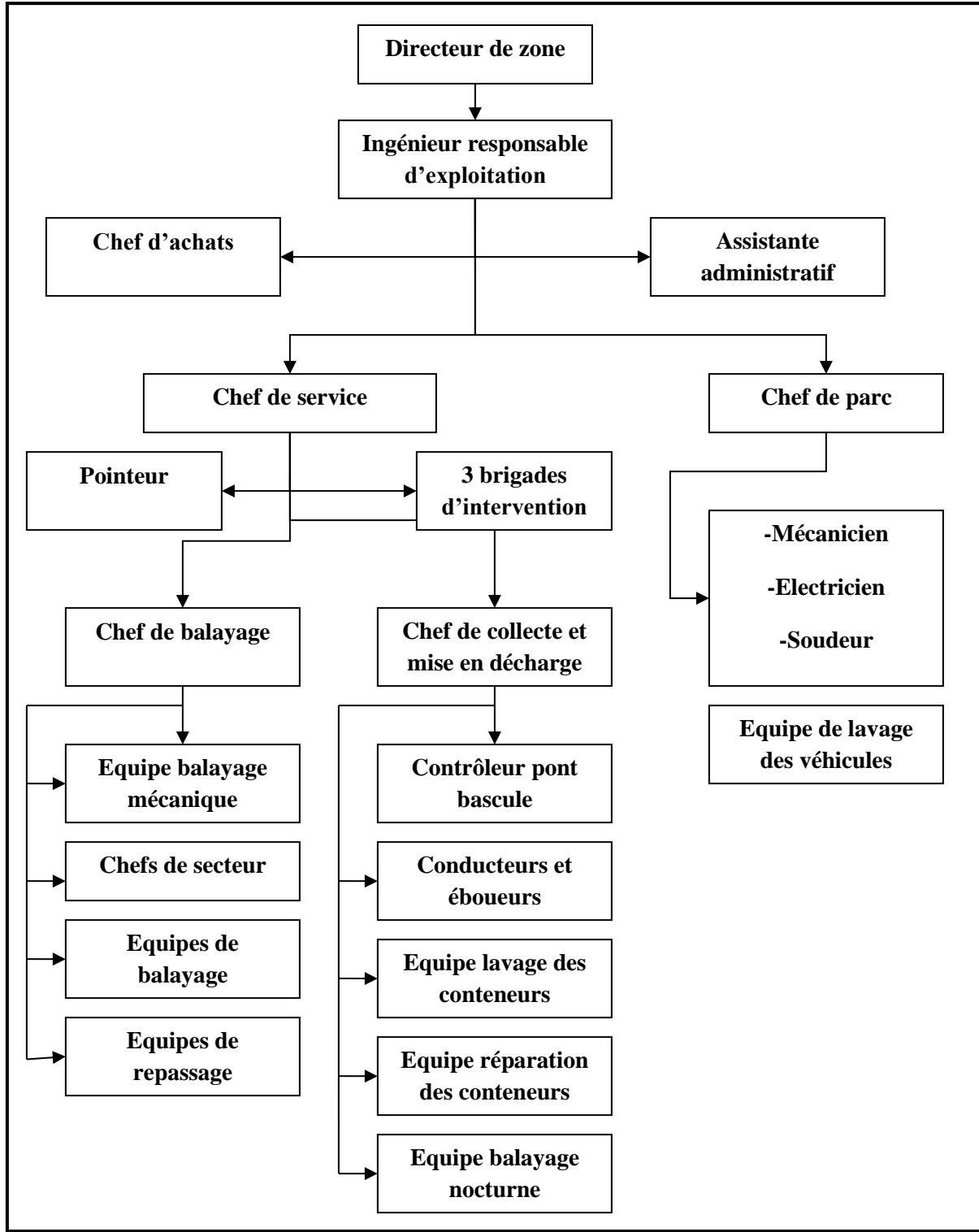


Figure 5 : Organigramme des ressources humaines de la société Tecmed Maroc par catégorie de poste de travail (Tecmed 2013)

Tableau 11 : Jours non travaillés pour une année de service pour le personnel de Tecmed

Mois	Nb de jours d'absence	Nb de jours de maladie	Nb de jours des grèves	Total
avril-12	48	131	449	628
mai-12	55	98	514	667
juin-12	20	82	405	507
juillet-12	45	101	168	314
août-12	41	108	148	297
Septembre-12	30	167	155	352
octobre-12	39	133	0	172
novembre-12	13	68	0	81
décembre-12	18	94	0	112
janvier-13	47	127	0	174
février-13	4	130	2	136
mars-13	6	225	71	302
TOTAL	366	1464	1912	3742

Les ressources occasionnelles, employées pour combler ces besoins, se sont élevées pendant la septième année d'exploitation :

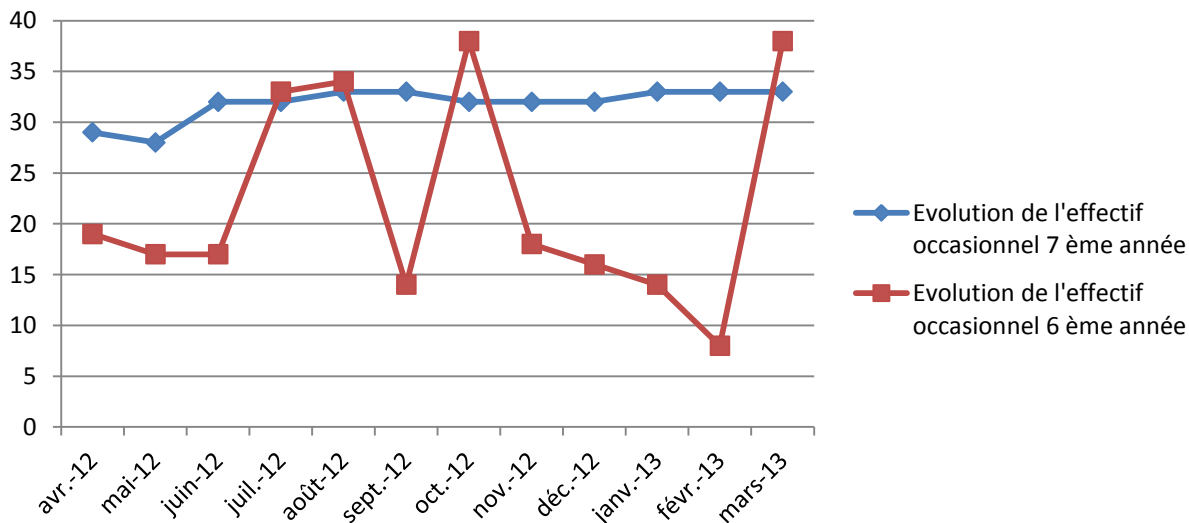


Figure 6 : Effectif du personnel occasionnel dans la société Tecmed «ville de Khouribga » (Tecmed 2013)

L'augmentation de l'effectif du personnel occasionnel peut être aussi exprimé par le nombre des heures supplémentaires que doit assurer la société cela induit des frais supplémentaires et des charges financières importantes Figure 7.

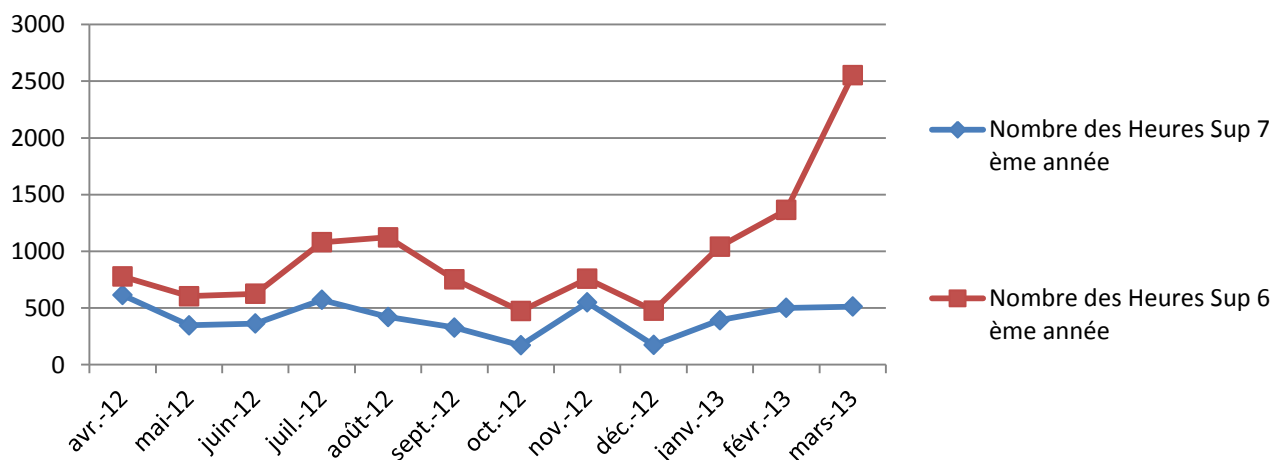


Figure 7 : Evolution des heures supplémentaires de travail dans la société TECMED « ville de Khouribga », année : 2012- 2013 (Tecmed 2013)

Service de collecte et mise en décharge :

La collecte est de type collectif et se fait à l'aide des conteneurs dans la quasi-totalité des quartiers de la ville, à l'exception de quelques agglomérations périphériques présentant des contraintes d'accessibilité. Dans ces derniers cas, l'usage des caissons métalliques (5m³) est adopté. La ville est subdivisée en cinq secteurs de collecte de nuit, la collecte de jour constitue principalement un renfort assurant le repassage dans les principales artères de la ville. Les éléments d'organisation et d'affectation des moyens humains et matériels sont rapportés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Affectation des moyens humains et matériels pour la collecte des déchets ménagers dans la ville de Khouribga (Tecmed, 2013)

Type de collecte	Collectif par conteneurisation (770/660 litres ou 360 litres)	Collectif par caissons (5 m3)	Porte à porte
Nombre de secteurs	5	25	Hôtels, marchés, unités industrielles, centres commerciaux, quelques zones dans les quartiers périphériques.
Nombre de surveillants	1		
Nombre de conducteurs	16	1	1
Nombre d'agents	28	1	2
Horaire de travail	Hiver : 20h00 à 03h30 Été : 21h00 à 04h30	06h00 à 13h30 13h30 à 21h00	08h00 à 15h30
Horaire de renfort	10h00 à 17h30		

Service de nettoyage :

Le tableau 13 illustre les éléments d'organisation et l'affectation des ressources humaines et matériels de ce service:

Tableau 13 : Affectation des moyens humains et matériels pour le nettoyage dans la ville de Khouribga (Tecmed, 2013)

Type de balayage	Manuel jour	Manuel nocturne	Mécanique
Nombre de secteurs	4	Marchés, places, et alentours de la gare routière	1
Nombre de sous-secteurs (districts)	60	-	1
Nombre des surveillants	5	1	1 conducteur et 1 agent
Nombre des agents	68	7	
Horaires de travail	06h00 à 13h30	21h00 à 04h00	06h00 à 13h30

Service des interventions (Brigades) :

L'objectif de ce service est répondre aux réclamations, apporter un appui transversal aux services de balayage et de collecte en cas d'interventions à caractère d'urgence (accident ; incendie ; festivités; etc.) Il est constitué de trois brigades qui relèvent directement de l'autorité du chef du service. Ce dernier coordonne leurs interventions en fonction des programmes journaliers.

Les éléments d'organisation et d'affectation des moyens sont rapportés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Affectation des moyens humains et matériels pour les interventions à caractère d'urgence « brigades » (Tecmed 2013)

	Brigade 1	Brigade 2	Brigade 3
Effectif des chauffeurs	1	1	1
Effectif des agents	3	3	3
Matériel	1 Mini benne + outillage de base	1 Mini benne + outillage de base	1 Mini benne + outillage de base
Horaires du service	06h00 à 13h30	06h00 à 13h30	13h30 à 21h00

Service de lavage :

Ce service concerne le lavage des bacs et des véhicules d'exploitation. Pour le lavage des véhicules, en principe, un lavage à l'eau, en jet sous pression et avec un détergent, est assuré quotidiennement au retour du service de chaque véhicule. Quant aux conteneurs, une moyenne de 50 bacs est lavée quotidiennement à l'eau savonnée. Cette fréquence assure un lavage par mois pour chaque conteneur installé sur le terrain. En période estivale, l'équipe de lavage est renforcée en moyens humains pour permettre de doubler la fréquence de lavage des bacs. Le tableau 15 présente les éléments d'organisation du service lavage.

Tableau 15 : Affectation des moyens humains et matériels pour l'entretien des véhicules d'exploitation (Tecmed, 2013)

	Lavage des bacs	Lavage des véhicules
Effectif	7 agents + 1 Chauffeur	2 agents
Horaires	20h00 à 03h00	06h00 à 13h30
Moyens matériels	1 camion à BTP ; 1 motopompe ; installation de lavage à pression ; petit outillage.	

Service de maintenance

Le service est doté d'un personnel qualifié pour assurer la maintenance et les réparations des équipements et des véhicules. L'organisation est orientée vers un système de prévention prédictif.

Le tableau 16 indique l'horaire et les moyens de ce service.

Tableau 16 : Affectation des moyens humains et matériels pour la maintenance des équipements et des véhicules (Tecmed, 2013)

Effectif	6 agents comprenant : mécaniciens, électricien, soudeur, tôlier, etc.
Horaire	08h00 à 12h00 et 13h00 à 16h30.
Moyens matériels	Outillages divers d'ateliers comprenant : Clés à griffes ; clés à pipe ; clés mixtes ; clés plates ; clés polygonale ; clés tork ; équerres ; étau ; douilles ; marteaux ; pinces ; tournevis professionnels ; compresseur ; gonfleurs ; souffleur ; etc.

Parc auto :

Un terrain communal a été mis à la disposition du délégataire dans le cadre de la mise en œuvre du contrat de gestion déléguée des services. Il a fait l'objet d'une étude pour l'établissement des plans d'exécution et prescriptions techniques de la mise en œuvre. Ce terrain a une superficie de 5 000 m² et sépare la décharge publique de la route Fokra, qui mène vers Marrakech.

La société a réalisé des travaux de constructions sur ce terrain :

- Dallage du sol du parc en béton armé;
- Construction et équipement d'une station de lavage des bacs à ordures et des véhicules de collecte;
- Aménagement du vestiaire pour le personnel;
- Aménagement des locaux pour bureau de l'administration, deux salles une de réunion et l'autre de consultation médicales;
- Construction d'une clôture,
- Aménagement paysager du parc;
- Aménagement des ateliers de maintenance, de la tôlerie et du magasin.

Service médecine de travail :

La société engage un médecin de travail, réside à la ville de Khouribga, pour assurer un accompagnement de l'exploitation, conformément à la législation.

Moyens matériels :**Matériel roulant :**

Tableau 17 : Matériels roulants utilisés par la société Tecmed pour la collecte des déchets dans la ville de Khouribga (Tecmed, 2013)

Type de véhicule	Date mise en circulation	Km parcourus pendant l'exercice	Consommation carburant (l)
Benne tasseuse	31/03/2006	9995	21072,75
Benne tasseuse	31/03/2006	13129	19446,26
Benne tasseuse	31/03/2006	22893	17963,09
Benne tasseuse	31/03/2006	6649	8551,18
Benne tasseuse	04/09/2003	35544	19542,4
Benne tasseuse	29/03/2006	27004	19344,23
Benne tasseuse	18/01/2010	1300	850,00
Multibenne	2005	61690	15992,41
Benne TP	29/03/2006	6187	2784,36
Benne TP	29/03/2006	14993	5265,29
Citerne d'irrigation sur Benne TP	15/03/1996	2608	913,13
Balayeuse Mécanique	2003	12388	8836,78
Benne TP	1990	6390	2872,36
Autobus de transport	15/03/1996	7190	2515,08
Benne satellite	31/03/2006	13724	2723,83
Benne satellite	31/03/2006	10464	2529,85
Mini Benne	31/03/2006	30852	4373,31
Mini Benne	04/09/2003	9538	1550,00
Trax 721 E	31/05/2011	630	17229,65
Trax L538	22/07/2002	200	1996,3
Voiture de service	10/04/2006	10460	971,75
Voiture de service	08/03/2004	23237	2335,57
Voiture de service	30/03/2004	19401	1610,55
Voiture de service	13/02/2010	20438	1865,79
Pick up	26/05/1999	9500	1757,08



Figure 8 : Matériels roulants de la société Tecom

Matériel de conteneurisation :

Tableau 18 : Matériels de conteneurisation utilisés par la société Tecom pour la collecte des déchets (Tecom, 2013)

Type de conteneurs	Nombre
Caisson 5 m3	25
Conteneurs en PE 770/660 litres	962
Conteneurs en PE 360 litres	163
Corbeilles à papier	210



Figure 9 : Matériels de conteneurisation utilisés par la société Tecom pour la collecte des déchets

Autres matériels :**Tableau 19** : Autres Matériels utilisés par la société Tecmed pour la collecte des déchets (Tecmed, 2013)

Matériel	Nombre
Motopompes	1
Souffleurs	1
Grand conteneurs de 40 m3 (Dépôt de balayage)	4
Pont bascule	1
Compresseur	1
Outillage divers : Chariots, seaux ; pelles ; râpeaux ; sapes ; balais industriels	

Le matériel acquis durant la 7ème année d'exploitation est représenté dans le tableau 20.

Tableau 20 : Matériel acquis par la société Tecmed durant la 7ème année d'exploitation (Tecmed, 2013)

Matériel	Nombre
Conteneurs 660 litres	400 Unités
Conteneurs 360	100 Unités
Motocycles	2
Motopompe	1

Organisation administrative au niveau de la commune :

A la commune de Khouribga, un service nommé « service propreté et environnement » assurent le suivi et le contrôle du travail de la société. Il reçoit les rapports de la société et assure les procédures de paiement.

Le service est composé de :

- un chef de service
- 2 secrétaires
- 2 techniciens

De point de vue hiérarchique le service est sous la hiérarchie du président de la commune.

Le mode de collecte des déchets :

Comme déjà cité, la collecte est de type collectif et se fait à l'aide des conteneurs, 953 conteneurs de 770 litres et 159 conteneurs de 360 litres répartis dans la quasi-totalité de la ville. Les 36 quartiers de la ville sont répartis en 5 secteurs de collecte, à l'exception de quelques agglomérations périphériques qui présentent des contraintes d'accessibilité. Dans ces régions on utilise des caissons métalliques de 5m3.

L'évacuation des déchets ménagers et assimilés est exécuté tous les jours de la semaine entre 20h et 2h30 suivant les itinéraires et selon un plan de tel sorte que les véhicule soit chargé complètement, les déchets chargés dans les véhicules sont évacués vers la décharge publique sans aucun stationnement intermédiaire.

Le taux de collecte est de 100% et couvre toute les zones urbaines appartenant à la ville de Khouribga.

Evolution de la production des déchets :

La production des déchets dans la ville ne cesse d'augmenter et connait une variation selon les mois de l'année.

Une production qui évolue annuellement et qui a nécessité un montant de plus de 18 196 834.00 DHS en 2010 à la commune pour assurer sa gestion.(municipalité de Khouribga).

Tableau 21 : Evolution de la production des déchets ménagers à la ville de Khouribga

Année	Tonnage	Quantité moyenne par jour(t)
2007	40 273,06	110,34
2008	41 928,17	114,56
2009	47 803,82	130,97
2010	51 165,94	139,8
2011	51 587,64	141,34
2012	49 842,85	136,18
2013	53 377,73	164,24

Les figures 10 et 11 montrent bien que la quantité des déchets dans la ville est en augmentation avec une variation moyenne de 7% annuelle, cette évolution est due à la croissance démographique que connait la ville, aussi au changement des modes de consommation.

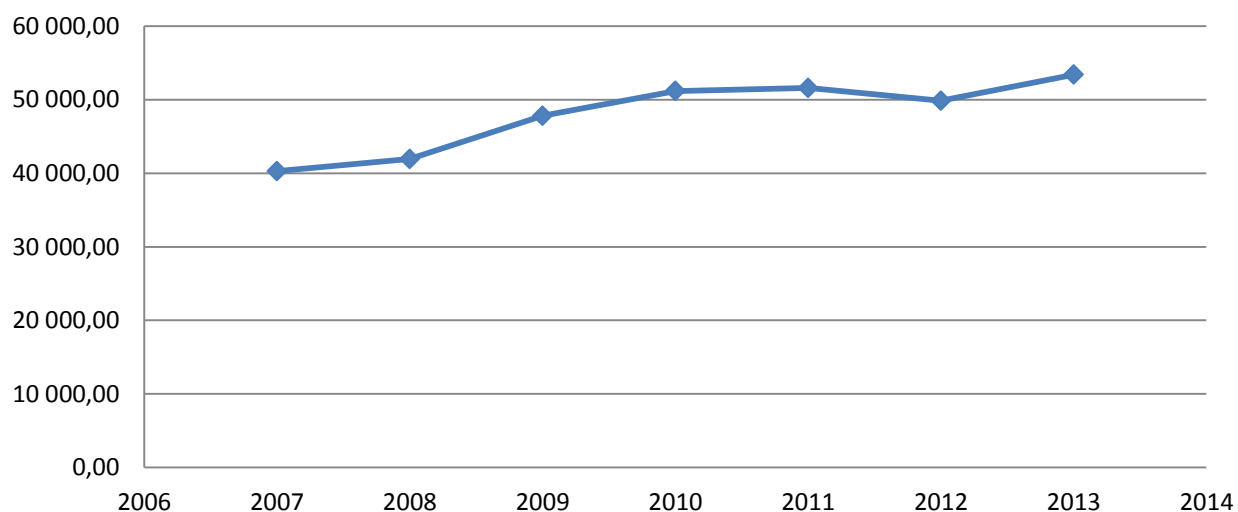


Figure 10 : Evolution de la quantité des déchets ménagers à la ville de Khouribga (en tonne)

La production des déchets selon les mois de l'année :

Le tableau 22 et les graphes 11 montrent que les mois d'été et les périodes des fêtes sont les mois où la production de déchets connaît une forte augmentation, aussi il est constaté une variation des quantités produites selon les saisons de l'année.

Cette augmentation constatée peut être expliquée par l'augmentation de l'effectif de la population qui connaît la ville et qui est dû surtout aux flux des habitants immigrés (Marocains résidents à l'étranger, MRE) qui rendent visite à leurs familles durant les occasions de fêtes ou pour passer les vacances dans leur ville d'origine. Il est à noter que la ville de Khouribga est connue par l'effectif important de ses MRE.

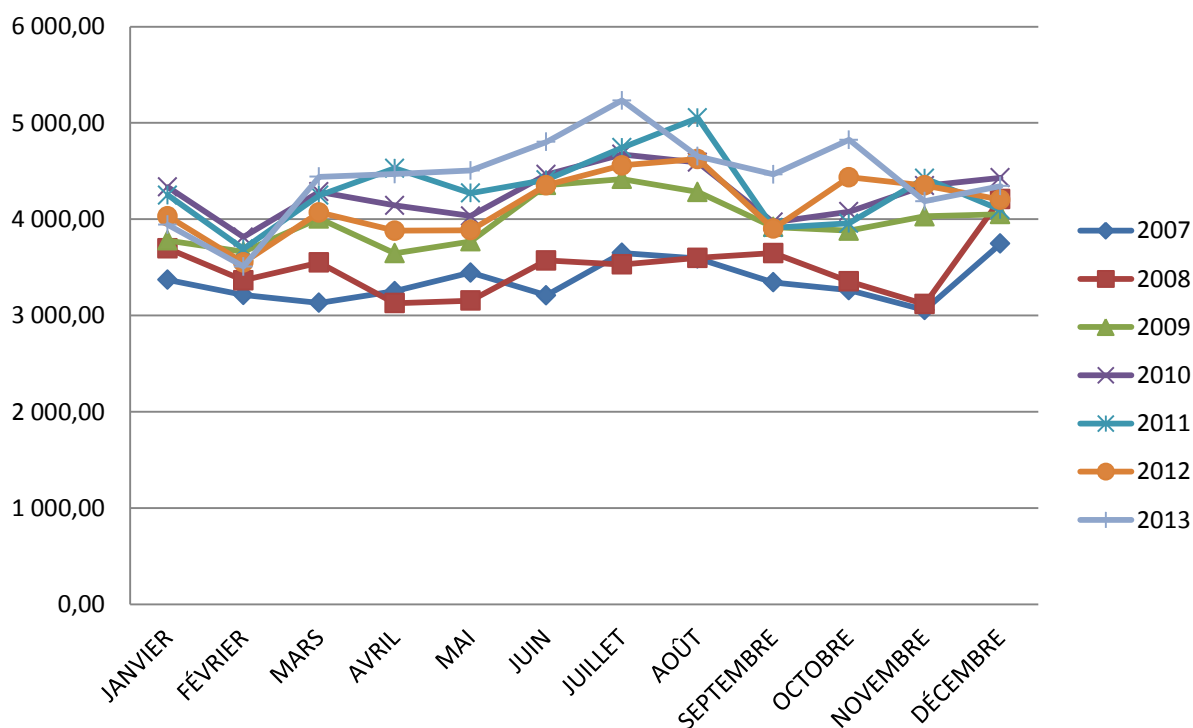


Figure 11 : Evolution de la production des déchets ménagers par mois et années dans la ville de Khouribga

Tableau 22 : La production des déchets ménagers dans la ville de Khouribga selon les mois de l'année (tonne)

MOIS	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
JANVIER	3 370,50	3 696,40	3 780,30	4 333,70	4 250,40	4 030,04	3 942,69	4 229,54
FÉVRIER	3 212,20	3 366,34	3 662,02	3 814,30	3 691,94	3 549,52	3 508,96	4 177,92
MARS	3 132,34	3 550,28	4 006,62	4 285,30	4 247,90	4 069,57	4 440,08	4 441,01
AVRIL	3 252,76	3 128,15	3 646,04	4 143,70	4 528,72	3 880,18	4 469,03	4 470,10
MAI	3 444,88	3 155,56	3 770,24	4 033,32	4 272,12	3 885,61	4 505,67	4 540,34
JUIN	3 209,04	3 572,02	4 354,06	4 464,04	4 408,58	4 352,18	4 803,34	
JUILLET	3 650,38	3 530,40	4 417,92	4 673,98	4 743,21	4 558,47	5 233,84	
AOÛT	3 591,08	3 598,00	4 283,48	4 590,90	5 051,74	4 624,56	4 653,14	
SEPTEMBRE	3 344,10	3 648,74	3 918,86	3 968,22	3 912,58	3 902,22	4 466,17	
OCTOBRE	3 262,60	3 354,54	3 881,60	4 078,94	3 956,52	4 435,03	4 824,17	
NOVEMBRE	3 056,32	3 117,88	4 029,86	4 348,42	4 425,98	4 351,57	4 186,38	
DÉCEMBRE	3 746,86	4 209,86	4 052,82	4 431,12	4 097,95	4 203,90	4 344,26	
TOTAL	40 273,06	41 928,17	47 803,82	51 165,94	51 587,64	49 842,85	53 377,73	

Cette augmentation occasionnelle de la production des déchets ménagers est due aussi au changement des habitudes de consommation durant ces périodes de l'année (période de la production agricole importante). Ces périodes sont marqués par la forte consommation des fruits de saisons et des légumes à cause de l'élévation de la température dans la ville ce qui pousse à consommer ces types d'aliments en grandes quantités.

Le changement constaté durant ces périodes contraigne la société à faire appel au recrutement de personnel occasionnel ou à assurer des heures de travail supplémentaires, pour combler les besoins ponctuels de services spécifiques. La figure n°7, illustre le nombre des jours travaillés des occasionnels.

Coût de la gestion des déchets :

Les recettes de la municipalité de Khouribga sont principalement perçues sous formes d'impôts et de subventions.

Selon la loi sur les impôts, deux types de taxes sont liés aux ménages à savoir la taxe urbaine et la taxe d'édilité.

Cependant, la Municipalité fonctionne sur le principe de non affectation des recettes, aucune taxe ne concerne précisément les déchets solides.

Le coût annuel du service de collecte et nettoyage était de l'ordre de 19 789 177,62 Dhs pour l'année 2013. (Municipalité de Khouribga).

Compte rendu financier d'exploitation :

Le tableau 23 présente la répartition des frais de gestion des déchets par la société déléguée durant sa 7^{ème} et 8^{ème} année d'exercice.

**Tableau 23 : Compte rendu financier d'exploitation par la société Tecmed
(Tecmed)**

		7ème année	8ème année
ORDRE	FRAIS D'EXPLOITATION	19 789 177,62	20 082 759,68
1	FRAIS PERSONNEL COMMUNAL	4 345 582,29	4 270 192,52
2	FRAIS DU PERSONNEL D'ENCADREMENT PAR LE DELEGATAIRE	3 799 032,37	3 212 059,42
3	COMPLEMENTS DE REMUNERATION A ASSURER PAR LE GERANT	1 562 742,61	1 685 737,83
4	FRAIS DE CARBURANT ET LUBRIFIANT	1 599 917,98	1 442 497,92
5	D'HABILLEMENT	445 909,04	434 242,89
6	FRAIS D'ENTRETIEN ET REPARATIONS DES VEHICULES	221 190,99	60 528,92
7	FRAIS D'ASSURANCES DES VEHICULES	115 345,04	116 344,07
8	FRAIS D'AMORTISSEMENT DES INVESTISSEMENT APPORTES PAR LE DELEGATAIRE (CAPITAL)	2 541 492,03	2 406 774,41
9	FRAIS FINANCIERS CORESPONDANT A CES INVESTISSEMENT APPORTES PAR LE DELEGATAIRE	643 234,37	669 988,27
11	FRAIS DE RENOUVELLEMENT DU MATERIEL COMMUNAL	-	-
12	REMBOURSEMENT A LA COMMUNE DES FRAIS D'ACQUISITION DU MATERIEL COMMUNAL	-	-
13	COUT DE MAITRISE, CHARGE ET FRAIS DE STRUCTURE	899 125,70	2 189 754,80
14	FRAIS DIVERS DE GESTION,	1 629 719,77	1 650 859,59
	PNEUS	333 828,78	308 116,32
	TRAVAILLES REALISES PAR AUTRES ENTERPRISES	115 164,76	88 899,98
	LOYERS	32 974,08	31 842,36
	HONORAIRES	24 000,00	24 480,00
	AUTRES ASSURANCES	68 961,17	91 168,50
	FRAIS BANCAIRES	7 792,26	9 596,24
	PUBLICITE	11 524,00	13 739,40
	EAU ELECTRICITE	83 105,13	101 897,35
	TELEPHONE	56 205,69	66 876,28
	FRAIS ADMINISTRATION	23 377,65	20 518,58
	VOYAGES	22 804,02	16 271,81
	TRANSPORTS	-	-
	AUTRES ACHATS	800 938,11	866 833,30
	AUTRES SERVICES EXTERNES	49 044,12	10 619,49
15	IMPOTS ET TAXES,	628 645,54	618 907,66
	Divers	32 879,91	35 773,94
	IS	595 765,63	583 133,72
16	FRAIS GENERAUX ET MARGES DU DELEGATAIRE	1 357 239,89	1 324 871,40
	TOTAL	19 789 177,62	20 082 759,68

I.5-Conclusion :

Sur la base de la revue des données recueillies et des informations présentés précédemment, nous avons pu constater que l'évolution qu'a connue la ville de Khouribga a été très rapide ces dernières années. En effet, la ville de Khouribga présente des axes d'attraction et de concentration de la population. Cela assure que le devenir de la ville de Khouribga est vers l'expansion.

Cependant, cette évolution rapide n'a pas été accompagnée par l'évolution des moyens et des méthodes assurant la bonne marche des services sociaux au niveau de la ville. En effet, les difficultés liées à la gestion des déchets au niveau de la ville de Khouribga reposent sur plusieurs divergences. En conséquence, la ville malgré la décision prise par les décideurs relative au recours à la délégation du service de collecte et de gestion des déchets ménagers à un organisme spécialisé, on constate que le service présente, encore, des limites pour la commune sur le volet financier voir même technique.

Il est a constaté également, que la quantité des déchets produites au niveau de la ville de Khouribga ainsi que les coûts relatives à sa gestion et les efforts déployés sont en accroissement continu.

Aussi, malgré que l'amélioration du taux de collecte a pu atteindre durant ces dernières années les 100% et l'enrichissement des moyens utilisés par les services de collecte des déchets, la gestion des déchets au niveau de la ville n'a pas connu une grande amélioration comme il n'a pas connu l'exploitation de nouveaux concepts techniques reconnus dans ce domaine.

CHAPITRE II: IMPACT DE LA GESTION DES DECHETS MENAGERS DANS LA VILLE DE KHOURIBGA

II.1-Contraintes et problème de la gestion des déchets ménagers dans la ville de Khouribga:

II.1.1- Introduction:

Le recours des décideurs de la Municipalité de Khouribga à la gestion déléguée des services liés aux déchets ménagers et assimilés et le nettoyage a été dans le but d'améliorer ce secteur et faire face aux différents problèmes et charges dont souffre la Municipalité. Cette nouvelle approche a apporté des résultats encourageants vu le changement positif que connaît l'état de propreté de la ville.

Cependant, ce nouveau mode de gestion n'a pas pu résoudre d'énormes contraintes et problèmes dont souffre encore la commune de Khouribga. Cette première partie du chapitre II identifie les dysfonctionnements du système actuel en détectant les différents problèmes dont souffre encore la ville et les principales contraintes pour l'amélioration, c'est ainsi qu'à travers un suivi rigoureux durant les années de la réalisation de la présente recherche que des constatations ont été relevées et qui peuvent être résumés dans les points cités ci-après.

II.1.2- Matériels et Méthodes :

La méthode suivie dans cette partie repose sur les mêmes principes que celle précitée auparavant. En effet, sur la base de l'observation directe de la zone d'étude, à travers des tournés périodiques effectuées durant la période de la recherche, En assurant la collecte des informations et le relevé des observations, aussi l'identification de nombreuses constatations sur le système actuel de gestion des déchets ménagers.

Aussi, dans le même objectif, des interviews ont été programmées avec plusieurs acteurs locaux : les citoyens, les responsables de la commune, les responsables et agents de la société privée et les associations dont le but est la protection de l'environnement. Les données collectées sont présentées dans la section des résultats et discussions.

II.1.3- Résultats et discussions :

Répartition des conteneurs :

Au niveau de la collecte, la ville est répartie en 5 zones de collecte, à chaque zone est destiné un camion assurant la collecte des bacs de déchets qui sont répartis dans les différents quartiers et rues de la zone, la figure14 présente les limites des secteurs de collecte.

Les volumes des bacs varient entre 50litres et 360litres et quelque bac de 660litres, leur répartition est en fonction de la densité du quartier et sa nature.



Figure 12 : Limites des secteurs de collecte des déchets ménagers dans la ville de Khouribga

La figure 13 montre la variation du nombre de bacs affectés à chaque zone de collecte.

D'après cette image, le nombre des bacs dans les quartiers n'est pas stable, le centre-ville et le quartier d'habitat des agents OCP (village OCP) sont les zones qui bénéficient du grand nombre de bacs à cause de la densité de la population. En fait, la première zone est une zone à activité commerciale, et la deuxième zone est située sur une superficie importante, donc une concentration du mouvement dans ces deux zones.

Aussi, 8 autres quartiers disposent d'un nombre important de bacs, à cause de la densité élevée, et au type de logement dominant dans ces quartiers. Par contre, 9 autres quartiers disposent d'un nombre inférieur de bacs malgré l'existence des mêmes caractéristiques. D'après les entretiens avec les responsables de la société de collecte, ce nombre est dû aux actes de vandalisme enregistrés dans ces quartiers aussi dans le cas où le quartier est nouvellement créé.

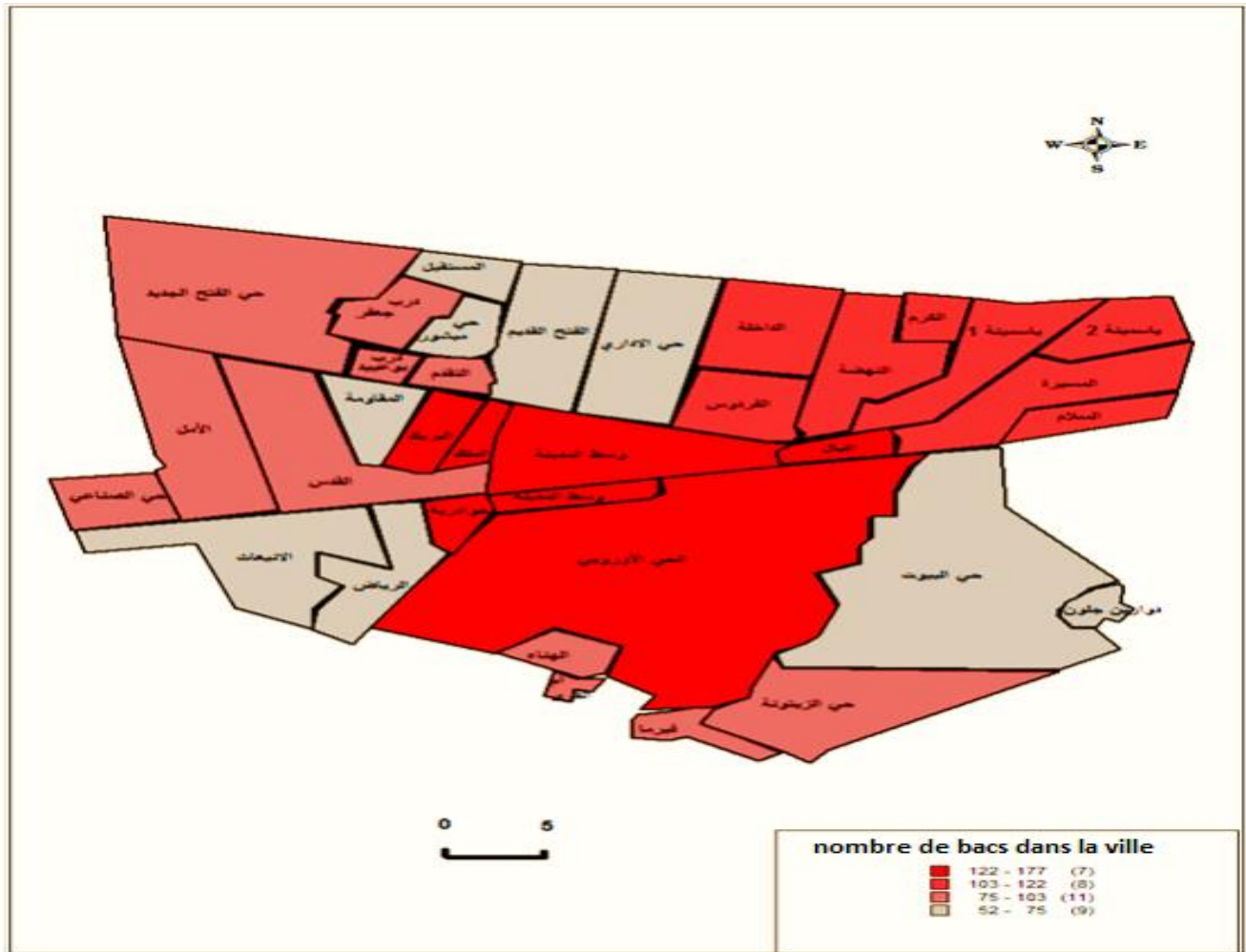


Figure 13 : Nombre de bac de collecte des déchets affectés selon les quartiers

Insuffisance de la conteneurisation :

La ville de Khouribga est parmi les villes marocaines qui présentent une densité d’habitat la plus élevée, on constate cette forte densité dans les anciens quartiers et le centre de la ville.

Dans certaines rues et quartiers de la ville, où la densité de la population est importante, les conteneurs mis en place par la société restent insuffisants, et les déchets débordent des conteneurs, ce qui peut transformer leurs places en points noirs qui nécessite un traitement ultérieure (figure14).



Figure 14 : photos sur les conteneurs débordés

Etat des conteneurs :

D'après les tournées effectuées dans les différents quartiers de la ville, on a constaté que l'état de propreté de certains conteneurs n'est pas convenable malgré l'existence d'un service de lavage et de désinfection des bacs assuré par la société délégué. Aussi, certains conteneurs ont perdu leurs couvercles ou sont dégradés. Cet état touche à la salubrité des quartiers et peut avoir un impact négatif sur la santé des habitants.

Les conteneurs de 5m³

Dans les quartiers périphériques de la ville, des conteneurs de 5m³ sont mis à la disposition des habitants pour vider leurs poubelles. Ces conteneurs sont transportés vers la décharge pour les vider, cette opération se fait approximativement une à deux fois par semaine. Mais, on remarque que des sachets en plastiques remplis de la poubelle des ménages et d'autres déchets sont déposés aux alentours de ces conteneurs ce qui peut les transformer en points noirs assimilés à des petites décharges.

Ecoulement de Lixiviats :

Dans certains emplacements des conteneurs, on constate que le lixiviats issu des déchets mis dans le conteneur s'écoule aux alentours du bac. Ce liquide noir attire les insectes et engendre des effets négatifs sur l'entourage du conteneur, cet état s'aggrave pendant la période d'été vu le taux d'humidité élevé des déchets.

Actes de vandalismes :

D'après la société déléguée, plusieurs actes de vandalismes ont été enregistrés durant ces années de gestion, ces actes concernent particulièrement les vols et la brulure des bacs.

La détérioration des bacs induit des frais supplémentaires faisant augmenter ainsi les coûts de gestion de service des déchets. Figure 15.

Le Commerce informel :

Le phénomène du commerce informel dont souffrent plusieurs villes du Maroc, se présente également dans la ville de Khouribga. En effet, ce type de commerce nommé informel occupe plusieurs lieux dans les quartiers de la ville. Ces commerçants qui préfèrent se déplacer entre les rues ou se regrouper dans des places fixes pendant une durée de la journée laissent derrière eux des déchets. Ce phénomène induit la perturbation de la qualité du service de collecte des déchets et l'éparpillement des déchets pendant des horaires de fin de services de ramassage.



Figure 15 : Actes de vandalisme

Les moyens de transport traditionnel :

L'utilisation des charrettes comme moyen de transport génère des quantités non négligeables de déchets d'animaux sous forme de fumier à tout moment, étalés sur les voies et les rues. Ce fumier se transforme en poussière en laissant des traces difficiles à nettoyer.

Aussi, les animaux utilisés par ces moyens de transport sont gardés dans les maisons de leurs propriétaires généralement dans les quartiers périphériques de la ville ce qui produit des déchets et des odeurs touchant ainsi la salubrité des quartiers.

Déchets de construction :

Les terrains non bâtissables, dans les périmètres urbains de la ville, se transforment en sites habituels de points noirs à cause du déchargement des gravats des travaux de construction. Aussi le déversement des déchets par certains ménagers dans ces lieux rend l'enlèvement des ordures ménagères qui se trouvent mélangées avec des gravats plus difficile. Sachant que la collecte de gravats ne fait pas partie des prestations de la société déléguée (Figure 16).



Figure 16 : Déchets de construction

Le manque des endroits aménagés pour les contenants:

L'état actuel des emplacements des contenants engendre des problèmes, en effet les bacs sont placés généralement sur le bord de la chaussée ce qui constitue un encombrement pour la circulation et le stationnement des véhicules, et met ces bacs en état de danger. Aussi le déplacement des bacs par certains habitants et le non-respect du choix des sites de leur emplacement initial, causent des désaccords et des réclamations des ménages sur ces changements. Il est recommandé de loger correctement les contenants, donc des endroits spécifiques qui doivent être prévus dans la voirie de la commune comme illustré dans la figure 17, ceci permettra d'éviter ces problèmes et en présence de cet aménagement le temps de vidage des bacs dans les bennes se réduira vu que l'entourage de cette zone sera réservé au stationnement de la benne.



Figure 17 : Emplacement correcte des conteneurs

Les déchets verts :

Certaines maisons possèdent des jardins surtout dans les zones d'habitat de type villa, les déchets verts de ces jardins sont jeté soit à côté des bacs soit dans les terrains non bâtis les plus proches ce qui rend l'opération de collecte délicate. Figure 18.



Figure 18 : Les déchets verts

La pratique de l'élevage dans le périmètre urbain :

Le phénomène de la pratique de l'élevage dans le périmètre urbain s'observe dans les quartiers populaires limitrophes de la ville, les herbagers procèdent au vidage des bacs et l'épandage de la matière organique sur le sol, pour approvisionner leur bétail, ceci occasionne l'apparition à nouveau des points noirs et l'envol des sacs en plastique. (Figure 19).



Figure 19 : Pratique d'élevage dans les quartiers

Le souk hebdomadaire :

Le souk de « Dimanche » est un souk hebdomadaire s'organise chaque dimanche dans la zone Est de la ville. Il occupe une superficie importante qui dépasse 2ha, ce souk est un espace qui présente plusieurs types de commerce. Ce lieu de commerce présente un aspect rural et des pratiques traditionnelles du commerce, laisse à sa fin des ordures de toutes natures qui sont dispersés dans cet espace et dans son entourage.

Aussi la forte activité journalière que connaît la ville pendant cette journée et le non civisme des marchands du souk favorisent l'envol et l'éparpillement des déchets malgré l'existence des caissons métalliques de 5m³ que la société à installer à côté du souk.

Les récupérateurs ambulants :

Des récupérateurs ambulants fouillent dans les conteneurs avant le passage des camions de collecte pour récupérer les matériaux recyclables (plastique, verre, carton, papier, cuivre,...). Ces actes provoquent l'éparpillement des déchets aux alentours des bacs par ces chiffonniers.(figure 20).



Figure 20 : Les récupérateurs ambulants

Les établissements de soins :

On constate le déversement des déchets médicaux et pharmaceutiques par les établissements de soins dans les bacs destinés aux déchets ménagers. Ceci pourrait entraîner des accidents de travail au moment du vidage des conteneurs pendant l'opération de collecte, et par conséquent expose le personnel aux risques de maladies contagieuses.

II.1.4-Conclusion :

Avant l'année 2006 la gestion des déchets ménagers dans la ville de Khouribga a été assurée par les services de la commune, ce modèle qui existe jusqu'à présent dans certaines villes marocaines. Cette gestion traditionnelle de ce secteur présente une grande sensibilité et a constitué depuis des années une charge très lourde pour la commune, à cause du manque de moyens et de professionnalisme. Elle a été également, l'origine de plusieurs problèmes. L'insalubrité des quartiers a été un souci majeur pour les responsables et les habitants. Depuis 2006 le recours de la commune à la délégation du service de collecte et nettoyage des déchets a apporté un changement positif à l'état de salubrité de la ville. Cependant et d'après les constatations faites ultérieurement, on peut déduire que le service de gestion des déchets et principalement la phase de la collecte souffre encore de problèmes. Le service n'a pas pu assurer une élimination complète des points noirs. Aussi le mode de gestion des déchets constitue jusqu'à présent une lourdeur financière pour la commune, alors que Khouribga représente une commune moyenne qui doit faire face et gérer plusieurs secteurs afin d'assurer un développement durable.

D'après les constatations relevées, on peut déduire que la phase de collecte des déchets, qui représente une étape importante dans le système de gestion des déchets ménagers, est influencée par les comportements des habitants. C'est pour cette raison, on s'intéressera dans le chapitre suivant à l'étude des comportements des citoyens afin de trouver des solutions capables de corriger les problèmes de cette phase de collecte de déchets ménagers.

II.2-Analyse de l'impact de la décharge :

Jusqu'au début de ce siècle, les déchets solides étaient entassés sur le sol, dans un champ ou une dépression à proximité de la zone urbaine qui les générait. Cette façon de faire a provoqué beaucoup de nuisances : prolifération de vermine, odeur nauséabonde, dispersion des papiers et sachets de plastique par le vent et émission prolongé de fumée lors des incendies. Aussi, la partie non visible de nuisances est également importante : infiltration de biogaz dans les anfractuosités, lixiviats qui se répandent dans la nappe phréatique et les eaux de surfaces.

Dans les pays industrialisés, des règlements spécifiques et des moyens techniques de plus en plus développés sont progressivement mis en place. En effet, le secteur de stockage des déchets a connu plusieurs mutations grâce au développement des recherches et des concepts liés à la décharge. Cependant dans les pays en voie de développement, la situation reste plus complexe, sous l'effet conjugué de la forte croissance urbaine et du développement économique, la gestion des déchets dans ces pays représente un défi de taille pour les années à venir.

Cette partie de notre recherche étudie la phase de mise en décharge des déchets collectés. Comme la phase de la collecte des déchets est d'une grande importance parce qu'elle concerne la salubrité de la ville et le contact direct du citoyen avec les déchets. Aussi, faut-il se poser la question suivante : « qu'est-ce qu'on fait avec les tonnes de déchets collectés ? Car la gestion des déchets ne s'arrête pas au niveau de la collecte mais la mise en décharge constitue une partie intégrante de la gestion des ordures ménagères. Pour cela, nous allons analyser dans cette section le système actuel de mise en décharge des déchets ménagers dans la ville de Khouribga.

Les activités réalisées dans cette partie visent les objectifs suivants :

- Identifier les types et les quantités des déchets entrants dans la décharge.
- Evaluer l'impact de la décharge surtout sur les eaux souterraines.

II.2.1-Le concept de décharge :

Décharges sauvages :

Appelé aussi décharges brutes, elles sont fréquemment situées dans des dépressions naturelles ou dans des anciens carrières ou sur des terrains accidentés choisi généralement selon la disponibilité des terrains. Ce type de décharges qu'on trouve souvent dans les pays en développement, aussi au Maroc, ne répondent ni aux impératifs d'hygiène ni à ceux de protection de l'environnement et ne disposent d'aucun équipement, les déchets sont déposés en vrac avec toutes les conséquences que cela peut produire sur la santé de l'Homme et l'environnement.

En France, par exemple, ce type de décharge est interdit depuis 1973. Au Maroc la majorité des décharges sont encore de type sauvage

Les décharges contrôlées :

Appelées aussi installations classées pour la protection de l'environnement, ce type de décharge présente plus de mesures pour la protection de l'environnement. En effet, le principe d'exploitation de ce type de décharge limite tout risque de nuisance à l'environnement ou à la santé humaine. Dans ces décharges, les résidus sont répandus par couches successives, ensuite les couches sont nivelées et limitées par des talus réglés et peu inclinés, pour éviter que les ordures ne soient remises à nu par la pluie. Autre principe des décharges contrôlées qu'on peut aussi trouver est celui de dépôt qui doit être recouvert de terre ou de matériau approprié.

Selon la loi 28-00 relative à la gestion des déchets et leur élimination, les décharges contrôlées sont classées selon les types de déchets comme suit :

Classe 1 : les décharges des déchets ménagers et assimilés.

Classe 2 : les décharges des déchets industriels, médicaux et pharmaceutiques non dangereux, des déchets agricoles, des déchets ultimes et inertes.

Classe 3 : les décharges des déchets dangereux.

Une décharge de la classe 1 peut recevoir, moyennant certains aménagements spécifiques, la mise en décharge de la classe 2, cela donne lieu à la perception de redevances de mise en décharge des déchets par les communes et leurs groupements ou par les exploitants auprès des générateurs de ces déchets. Les prescriptions techniques devant être appliquées à chacune de ces classes sont déterminées par voie réglementaire.

Le Centre d'Enfouissement Technique :

C'est un modèle de décharge contrôlée de type traditionnel, utilisé dans les zones à faible pluviométrie et pour une quantité de déchets inférieure à 50.000 tonnes par an. Le choix du site est déterminé selon la nature du sol, la direction des vents et la situation par rapport aux communes concernées. Le procédé consiste à étaler et enfouir les ordures inertes.

On commence par trier les déchets pour isoler les matériaux qui peuvent faire l'objet d'un recyclage, c'est-à-dire la réintroduction dans leur propre cycle de production. Idéalement, seuls

les déchets ultimes, c'est à dire ceux qui ne sont plus traitables dans les conditions techniques et économiques du moment, seront enfouis. Ils doivent d'abord être rendus inertes. Pour cela on les place dans une zone de maturation où on les laisse fermenter à loisir. Les déchets devenus inertes sont étalés dans un casier ou une immense fosse isolée du sol par une géomembrane parfaitement étanche pour préserver la nappe phréatique.

On étale les déchets par couche de 100 cm (on dératise régulièrement et on met un sous filet pour dissuader les oiseaux) puis on les compacte avant de les recouvrir d'une couche de sable d'environ 30 cm. Et ainsi de suite, on alterne couche de déchets et couche de sable comme une pâte feuilletée. Un réseau de drainage recueille les lixiviats, eaux de pluies qui ont traversé les déchets et qui se sont chargées bactériologiquement et chimiquement de substances minérales et organiques. Ces eaux sont conduites dans un bassin d'accumulation à fin d'évaporation. Des colonnes percées traversent la couche afin d'évacuer le biogaz éventuellement résiduel. Lorsque le casier est rempli, il est recouvert de terre et planté, et on en creuse ensuite un autre.

II.2.2-Présentation de la décharge étudiée :

La décharge est située à 2Km de la ville de Khouribga vers le Sud-ouest sur une superficie de 42 hectares, le tonnage mis en décharge au cours de l'année 2013 est de 53 377 tonnes.

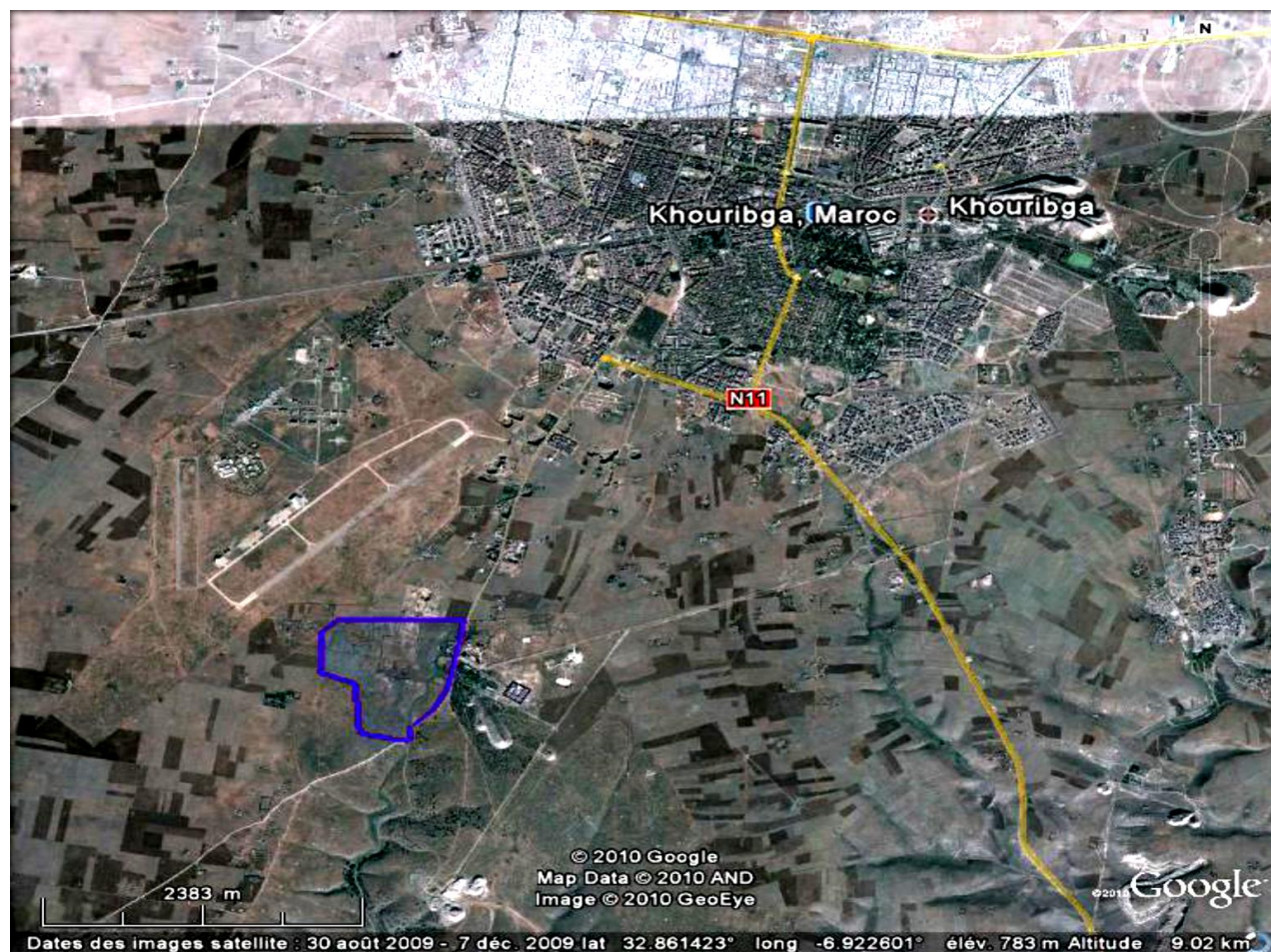


Figure 22 :Vue aérienne du lieu de la décharge de Khouribga (google earth)



Figure 23 : Vue aérienne de la décharge de Khouribga (google earth)

C'est une décharge non contrôlée où sont déposés les déchets ménagers collectés au niveau de la ville de Khouribga. La décharge reçoit également les déchets assimilés ramassés auprès des hôtels, de la zone industrielle et les déchets des établissements de soins assimilés aux déchets ménagers.

La décharge dispose d'une clôture, c'est une décharge ancienne où a été déposé les déchets durant toutes les années de collecte par la commune. Les déchets sont amenés directement par les bennes de collecte et après être pesé sur le pont bascule, à l'entrée de la décharge, ils se dirigent vers les espaces accidentés de la décharge pour être enfouie.

La nappe d'eau souterraine au niveau du site est relativement profonde, le niveau de l'eau dans les puits varie entre 20 à 80 m.

Moyens affectés à la gestion de la décharge de Khouribga:

L'effectif du personnel affecté à la gestion de la décharge est de 10 personnes répartis comme suit :

- Personnel d'encadrement : 2
- Chauffeurs : 6
- Gardiens : 2

Les moyens en matériels à la décharge sont :

- Un chargeur
- 3 bennes travaux publics

Horaires de service de la décharge :

Les travaux à la décharge débutent à 6h du matin à 13h30 pour se reprendre de 14h30 jusqu'à 20h chaque jour de la semaine même les jours fériés.

Aménagement de la décharge :

Dans ce cadre la société délégataire a réalisé les prestations suivantes :

- Fourniture d'un pont bascule: Conformément au cahier des charges. La mise en fonction de ce pont bascule au démarrage a permis, de fournir des tickets de pesage des déchets collectés, et d'avoir une traçabilité de l'évolution des tonnages.
- Achat d'un chargeur à pneu.
- Construction d'un mur de clôture.
- Plantation d'arbres : La société a procédé à la plantation de 6000 pieds au total. Les cyprès plantés sont au nombre de 3000 pieds qui délimitent le périmètre de la zone 1. Le reste est constitué des variétés d'espèces arbustes qui occupent 80% de la zone 1 réhabilitée.
- Aménagement paysager : L'aménagement d'un écran végétal sur la façade principale du site, après assainissement, évacuation des déchets et nivellement du terrain naturel. Cet écran est étendu sur une superficie de 1,4 ha, et constitué des espèces suivantes: rosiers, olivier, chynus, fleurs de saison....

Gestion et exploitation :

- Réception et pesage des déchets : La totalité des déchets accueillis après pesage est enfouie quotidiennement, dans la carrière et couvert des matériaux de remblaiement. Le tonnage des déchets enfouis depuis le 10 avril 2006 jusqu'à la fin de juillet 2008, période de démarrage de la société délégué, est de 103 091.40 tonnes, dont les déchets transportés à la décharge par les particuliers, et les communes rurales avoisinantes représentent 3%.
- Enfouissement des déchets et mise en remblai : Après l'opération du contrôle et pesage, les déchets accueillis sont déversés sur les aires d'exploitation. Ces déchets sont étalés par les

chargeuses affectées à ces travaux, pour les enfouir et procéder par les remblais existants sur le site pour leur couverture.

L'excavation des matériaux de couverture se fait sur les terrains existants sur le périmètre du site de la décharge, et leur transport aux aires d'exploitation est assuré par les camions BTP (Benues Travaux Publiques) du Délégataire. Les travaux d'enfouissement et de couverture des déchets par les remblais se font quotidiennement.

Malgré les efforts déployés en matière de gestion des flux au niveau de la décharge de Khouribga, cette décharge est toujours considérée non contrôlée

Nuisances de la décharge :

Durant toute la période de notre recherche on a effectué des visites à la décharge pendant les différents saisons de l'année, ces visites nous ont permis de faire les constatations présentées ci-après :

- Les risques de pollution liés aux Lixiviats :

Les lixiviats de la décharge de Khouribga ne sont ni collectés ni traités par conséquent ils présentent une source potentielle de pollution des eaux de la nappe phréatique.

- Les risques liés au biogaz :

On remarque sur le site des foyers de feux spontanés dus à la combustion lente de biogaz produit par la biométhanisation des matières organiques des déchets.

En plus des risques d'incendie, des nuisances olfactives dues aux odeurs nauséabondes qu'elles génèrent, les fumées sont responsables de gaz et de particules polluants dans toute la zone de la décharge

Ces risques s'aggravent durant les mois d'été compte tenu des caractéristiques climatiques de la région.

- Présence de bétail dans la décharge :

Nous avons remarqué, pendant certaines de nos visites à la décharge, des troupeaux de bétails qui cherchent à se nourrir en enfouissant les déchets évacués par les camions de collecte, en effet, l'entourage de la décharge est une zone rurale où on trouve quelques maisons dispersées, leurs propriétaires sont des petits agriculteurs.

- Présence des récupérateurs :

Nos visites étaient aussi une occasion de voir un autre mode de travail, des hommes et des enfants qui fouillent dans les déchets afin de récupérer des objets de valeur.

Ces pratiques posent de sérieux problèmes pour les gestionnaires de la décharge et aussi pour les chauffeurs de camions de collecte.

Pour résoudre ces problèmes nous proposons dans la partie recherche de solutions et valorisation d'étudier l'intégration de cette population dans un système durable de gestion des déchets.

II.2.3-Etude de l'impact de la décharge sur les eaux souterraines :

II.2.3.1-Introduction à la problématique :

Les sources et les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car elles sont plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface. Toutefois, certaines caractéristiques minimales sont exigées pour qu'elles puissent servir à la production d'eau potable qui doit elle-même satisfaire à des normes de qualité physico-chimiques et biologiques. La production d'eau potable à partir des eaux naturelles nécessite en général un traitement adapté aux paramètres de qualité à corriger pour qu'elles répondent aux normes de potabilité. D'autre part, la propagation des maladies à transmission hydrique comme la typhoïde et la dysenterie est liée à l'état des eaux consommées. Alors qu'un surdosage en chlore pour la désinfection et la purification de l'eau peut par contre mener à la formation de composés organohalogénés qui, à terme, peuvent causer des effets mutagènes et cancérogènes (**Guergazi et Achour, 2005**).

Depuis l'antiquité, les activités humaines n'ont pas cessé de modifier les conditions naturelles des écosystèmes aquatiques, ainsi que d'autres changements sont liés principalement aux apports et aux processus biogéochimiques naturels (**Meybeck et Helmer, 1992**).

Au Maroc comme partout dans le monde, depuis plusieurs années, ces écosystèmes sont progressivement dégradés sous l'effet des fortes expansions des activités humaines (agricoles, industrielles et autres) (**Talami et al., 1998**).

Dans la ville de Khouribga, compte tenu des caractéristiques climatiques et géomorphologiques de la région, les ressources en eaux disponibles sont assez limitées. L'absence de relief important diminue le déversement des pluies d'hiver qui viennent de l'ouest. Aussi, la faiblesse des disponibilités des ressources souterraines s'explique par la nature hydrogéologique du fait que les quantités d'eau infiltrées se trouvent pour leur majeure partie drainée vers la plaine de Tadla où elles alimentent la nappe profonde (**Samih, 2009**). Cette pérennité d'eau est aggravée par les besoins industriels pour le lavage des phosphates, soit l'équivalent de la moitié des besoins en eau potable de la ville. Heureusement, une nouvelle station de traitement et d'épuration des eaux (STEP) a été construite pour permettre l'épuration des eaux usées de Khouribga pour la production de 5 millions de m³ par an d'eaux pour le lavage du phosphate.

D'autre part, dans le cadre de la préservation de la qualité et des ressources en eau souterraines, peu d'études ont été réalisées dans la région. Les sources de pollution entraînées par les différentes activités anthropiques dans la ville sont nombreuses et diversifiées. La mise en décharge des déchets solides et le rejet des eaux usées urbaines peuvent constituer un grand risque de pollution.

En fait, les déchets mis en décharge, au contact de l'eau de pluie, subissent des transformations biologiques et physico-chimiques donnant naissance aux lixiviats. Plusieurs études ont montré que ses lixiviats constituent un des principaux vecteurs de la pollution en plus de la pollution solide proprement dite. Ils véhiculent, une importante pollution organique, minérale, parfois toxique (**Kerbachi et Belkacemi, 1994**).

L'évaluation de l'impact d'une pollution anthropique et du degré de la détérioration de la qualité de l'eau est possible par la mesure d'un ensemble des paramètres physico-chimiques et

bactériologiques. En cas d'une détérioration jugée importante, l'eau ne sera plus considérée comme potable pour la consommation humaine. Elle pourra alors être utilisée telle quelle à d'autres fins ou devra subir un traitement approprié pour retrouver sa potabilité.

Nous avons ainsi mené une étude sur la caractérisation et l'évolution spatiale de la qualité de l'eau des puits en fonction de leurs emplacements par rapport à la décharge. L'objectif est de déterminer l'effet de ses sources de pollution sur la qualité des eaux souterraines et aussi de définir globalement l'efficacité du pouvoir auto-épurateur dans les zones ou sources prospectées.

Principales conditions climatiques de la région relatives à cette étude

Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 568mm. La température moyenne est de 25°C. La température maximale en mois juillet et en Août (40.2°C) et s'abaisse nettement depuis mi-septembre jusqu'au minima de Janvier-Février (4.7°C) (Délégation du Ministère de l'Agriculture à Khouribga).

Les vents sont en général de direction NW à SW. Les plus violents d'entre eux surviennent en été (de juin à septembre) avec des vitesses maximales comprises entre 10 et 30 m/s. A partir du printemps, les vents desséchants du type chergui sont fréquents et provoquent des élévations de température parfois très importantes, mais de durée limitée. La durée moyenne de l'insolation est de 5 heures en hiver et de 12 heures en été. Les mois les plus chauds où l'évapotranspiration est la plus forte sont : juillet et août. Ces conditions favorisent le séchage des déchets et diminuent les lixiviats dans les décharges. L'hygrométrie peut atteindre en été des valeurs très basses (jusqu'à 10% d'humidité relative).

Les valeurs de la température des eaux souterraines de la région sont comprises entre 25°C et 30°C. Le niveau de la profondeur des eaux commence à 50 jusqu'au 100 m.

II.2.3.2-Matériels et Méthodes :

a- Choix des stations et prélèvement des échantillons :

Les eaux étudiées sont des eaux souterraines qui ont été prélevés des puits à différentes distances de la décharge :

- la station S0 présente les eaux d'un puits situé à l'amont (à la périphérie de la ville de Khouribga) avant la zone de la décharge, cette station est considérée comme une station témoin.
- Les autres échantillons sont prélevés des stations ou puits situés à différentes distances vers l'aval de la zone de la décharge contrôlée et de la station d'épuration, puisque la pente générale de la nappe souterraine est dirigée vers l'ouest (**Hazan and Ferre, 1964**):
- S1 à 5,5 Km, S2 à 6,7 Km, S3 à 11 Km de sud-ouest de la décharge et la STEP.

Les eaux de S1' sont récupérées d'une source d'eau superficielle polluée et qui est près de la station S1.

Prélèvements des échantillons de lixiviats

- L1 présente le jus obtenu du tas de déchets juste après la collecte avant l'entreposage,
- L2 présente un lixiviat récupérée d'un tas âgé d'un an.

b- Méthodes d'analyses :

La qualité d'une eau souterraine est caractérisée par un certain nombre de paramètres physiques et chimiques. Les méthodes de dosage de ses paramètres sont les suivantes :

Les paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité électrique, turbidité et oxygène dissous) ont été mesurés in situ. La température par un thermomètre, le pH et la conductivité sont mesurés à l'aide d'un pH-mètre et conductimètre de terrain. Le titre hydrotimétrique TH et le titre alcalimétrique complet TAC sont déterminés respectivement par complexométrie à l'EDTA et par dosage par l'acide sulfurique (**Rodier, 1984**).

Les éléments majeurs (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ et K^+), le fer, le manganèse et les phosphates ont été dosés au laboratoire une quinzaine de jour au maximum après les prélèvements. La conservation des échantillons a été réalisée en chambre froide à 4°C, à l'abri de la lumière. En fonction de l'ion à doser, différentes techniques, décrites dans les ouvrages généraux de chimie, ont été utilisées (**Oga et al., 2009**):

- la volumétrie pour les ions HCO_3^- ,
- la complexométrie pour les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} ;
- la méthode de Mohr pour les ions Cl^- ;
- la turbidimétrie pour les SO_4^{2-} ;
- la colorimétrie pour les NO_3^- ;
- la spectrophotométrie de flamme pour le Na^+ et le K^+ .

La dureté totale a été aussi déterminée par compleximétrie

Les analyses des éléments traces métalliques ont été effectuées par absorption atomique à flamme.

II.2.3.3- Résultats et Discussion :

Le tableau 24 et le tableau 25 ainsi que la figure 24 présentent les données obtenues sur l'évolution spatiale des propriétés physico-chimiques des eaux de puits à différents emplacements.

Les pH des eaux de tous les puits sont proches de la neutralité à légèrement basiques, le pH est compris entre 6,8 et 7,5. Selon l'OMS (2004), le pH d'une eau potable doit être compris entre 6,5 et 8,5.

Dans les eaux souterraines prélevées, la variation spatiale du pH montre surtout une diminution bien marquée du pH entre S1 et S2. Après, le pH augmente pour atteindre sa valeur initiale de S0 dans la station S3 (vers l'aval). Cette diminution en S2 peut probablement être générée suite à une augmentation de l'acidité dues aux acides organiques lessivés ou provenues de lixiviats de la

décharge et du rejet des eaux usées en station S1 qui s'infiltrent et contaminent les cours d'eaux souterraines.

Tableau 24 : Propriétés physico-chimiques des eaux prélevées au niveau de différentes stations.

	S0 Amont	S1	S2	S3 Aval
pH	7.51	7.5	6.81	7.48
CE $\mu\text{ms/cm}$	452	1290	950	976
O2 dissous mg/l	2.46	2.39	2.35	2.17
MES mg/l	0	0	0	0
Sel diss mg/l	193	291	291	285
D.T. mg/l	340	672	664	720
Ca²⁺ mg/l	68	146	141	153
Cl⁻ mg/l	157	369	426	384
NaCl mg/l	258	609	702	632
T.A.C mg/l	220	280	340	432
SO₄⁻ mg/l	4.6	44	24	40
PO₄⁻ mg/l	0.017	0.03	0.018	0.02
K⁺ mg/l	1.5	1.5	1.5	1.5
Mg⁺ mg/l	18	31	31	25
Na⁺ mg/l	101	240	276	248

Tableau 25 : Propriétés physico-chimiques des eaux prélevées à la station S1 la station S1'.

	S1	S1' (e.us)
pH	7.5	7.89
CE $\mu\text{ms/cm}$	1290	1650
O2 diss mg/l	2.39	2.21
MES mg/l	0	105
sel diss mg/l	291	426
D.T. mg/l	672	540
Ca²⁺ mg/l	146	84
Cl⁻ mg/l	369	497
NaCl mg/l	609	819
T.A. mg/l	0	8
T.A.C mg/l	280	640
NO₂⁻ mg/l	0.03	0.06
SO₄⁻ mg/l	44	88
PO₄⁻ mg/l	0.03	4.07
NH₄⁺ mg/l	0.017	15.8
NO₃⁻ mg/l	0.52	1.45
K⁺ mg/l	1.5	2.95
Mg⁺ mg/l	31	34
Na⁺ mg/l	240	322

L'évolution spatiale des teneurs en oxygène dissous des eaux montre un gradient légèrement décroissant amont S0-aval S3. Cette réduction pourrait s'expliquer par la pollution des eaux suite à l'infiltration des éléments organiques contaminants ou proprement dit suite à l'implication de l'O₂ dissous dans les processus d'oxydation des matières organiques ou d'autoépuration. L'autoépuration est la capacité d'un plan d'eau pour se purifier de matières organiques ou toxiques.

Cependant, cette légère évolution témoigne de même du faible pouvoir auto-épurateur du cours d'eau, ce qui semble normale puisque ce sont des eaux souterraines à faible vitesse ou débit d'écoulement (CCME, 1999).

Le dosage de la turbidité est important puisque les MES « matières en suspension » occasionnent des désagréments dans l'aspect de l'eau et sa saveur (goût de terre). Les valeurs des MES sont nulles dans tous nos échantillons, puisque ce sont des eaux souterraines et les échantillons sont prélevés pendant l'été et aussi lié à la nature géologique des couches superficielles qui sont moins érodés.

Les valeurs de la DCO et de la DBO sont aussi nulles vue l'absence de toute charge organique dans les eaux souterraines, ce résultat pourrait être due à la nature géologique du terrain qui favorise le processus de l'autoépuration, ce même résultat a été cité par (Djermakoye, 2005).

Les teneurs en éléments traces métalliques sont sous la limite de détection de l'appareil d'absorption atomique. En fait, dans les eaux souterraines les teneurs en éléments traces métalliques sont généralement faibles suite à leur complexations aux matières organiques et argiles des terrains sus-jacents (Elliot, 1986; INERIS, 2006).

L'évolution spatiale de la conductivité électrique des eaux montre un gradient croissant amont S0- aval S3 et la valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station S1 qui est de l'ordre de 1290 µs/cm. L'évolution de la conductivité est en relation avec l'évolution du taux de minéralisation. Une conductivité très forte dépassant 1000 µs/cm témoigne d'une augmentation dans le taux de la salinité des eaux ou une forte minéralisation. On constate bien depuis la station S1 une augmentation du taux de sel. Les valeurs vers l'aval diminuent mais elles restent importantes de l'ordre de 976 µs/cm par rapport à la valeur en amont qui est de 452 µs/cm (eau peu minéralisée). En fait, le taux de sel augmente (291 mg/l) en S1 par rapport à S0 (193 mg/l) et reste important vers l'aval 285 mg/l en S3. L'eau se charge en éléments minéraux comme résultat du lessivage ou infiltration chimiques des terrains calcaires sus-jacents plus ou moins perméables (Samihi, 2009, El Assel et al., 2012).

Toutefois, cette variation pourrait être l'effet d'une pollution ponctuelle puisque l'augmentation de la minéralisation devient importante à partir de la station S1 proche de la décharge et de la zone du rejet des effluents liquides. Ceci suppose l'acheminement en éléments minéraux indésirables résultant d'une pollution exogène. En fait, les stations les plus proches en aval à ses sources de pollution montre une conductivité et un taux de sel les plus élevées S1>S2>S3. Autres auteurs ont également rapporté qu'une augmentation de la conductivité et le taux de sel pourrait être originaire de la pollution minérale (WaterAid, 2006). Les tableaux 24 et 26 montrent bien l'effet de la pollution sur l'augmentation de la conductivité et le taux de sel dans les eaux polluées par l'effluent des eaux usées et aussi par les lixiviats.

Les concentrations mesurées des chlorures montrent une évolution croissante importante de l'amont vers l'aval particulièrement à partir de la station S1 qui présente 369 mg/l donc 2 à 3 fois la valeur initiale en amont 157 mg/l. Les ions chlorures sont susceptibles de réagir avec l'eau en produisant de l'acide chlorhydrique. Il s'ensuit localement des zones à pH très faibles, ce qui pourrait expliquer encore la diminution de pH des eaux vers l'aval à partir de la station S2. Cette acidité présente l'inconvénient de corrosion en cas de contact avec des conduites de cuivre dès l'instant où la teneur en chlorures est supérieur à 150 mg/l (valeur guide limite à ne pas dépasser). Les valeurs dans nos échantillons dépassent cette valeur seuil et présentent un risque vis-à-vis de cet élément dont la teneur élevée peut conduire à la formation de composés organohalogénés qui peuvent aboutir à des effets mutagènes et cancérogènes (**Guergazi and Achour, 2005**).

Les valeurs de sulfates augmentent aussi fortement et elles ont atteint environ 10 fois la valeur initiale de la station d'amont S0 à partir de la station S1. Les concentrations ont varié de 4,6 mg/l à la station S0 à 44 mg/l en S1. Cette augmentation peut être liée toujours à une pollution environnante, en fait, les valeurs de sulfate sont très importantes dans les eaux polluées par les eaux usées S1' et les lixiviats L1 et L2 (tableau 25 et 26). Les valeurs ont diminuées dans la station S2 mais elles deviennent importantes à la station d'aval S3 de l'ordre de 40 mg/l. Ceci peut être expliqué par le phénomène de dissolution du gypse.

En littérature, **El Assel et al., (2012)** ont signalé des dissolutions affectant des couches de gypses sénonien situées immédiatement sous la série phosphatée du bassin des Ouled Abdoun. Le gypse est un sulfate de calcium hydraté faiblement soluble dans les conditions normales (7 g/l). Les teneurs dans nos échantillons restent très faibles et acceptables comprises entre 5 et 44 mg/l et ne dépasse pas 250 mg/l (valeur limite admissible).

Les valeurs de la dureté de l'eau (DT) montrent que les eaux sont moyennement dures avec des (DT) comprise entre 34 F° (340 mg/l de CaCO₃) et 72 F° (720 mg/l de CaCO₃), en général supérieures à la norme de 50°F surtout à partir de la station S1. La dureté totale exprime essentiellement la concentration globale en ions calcium et magnésium dans l'eau.

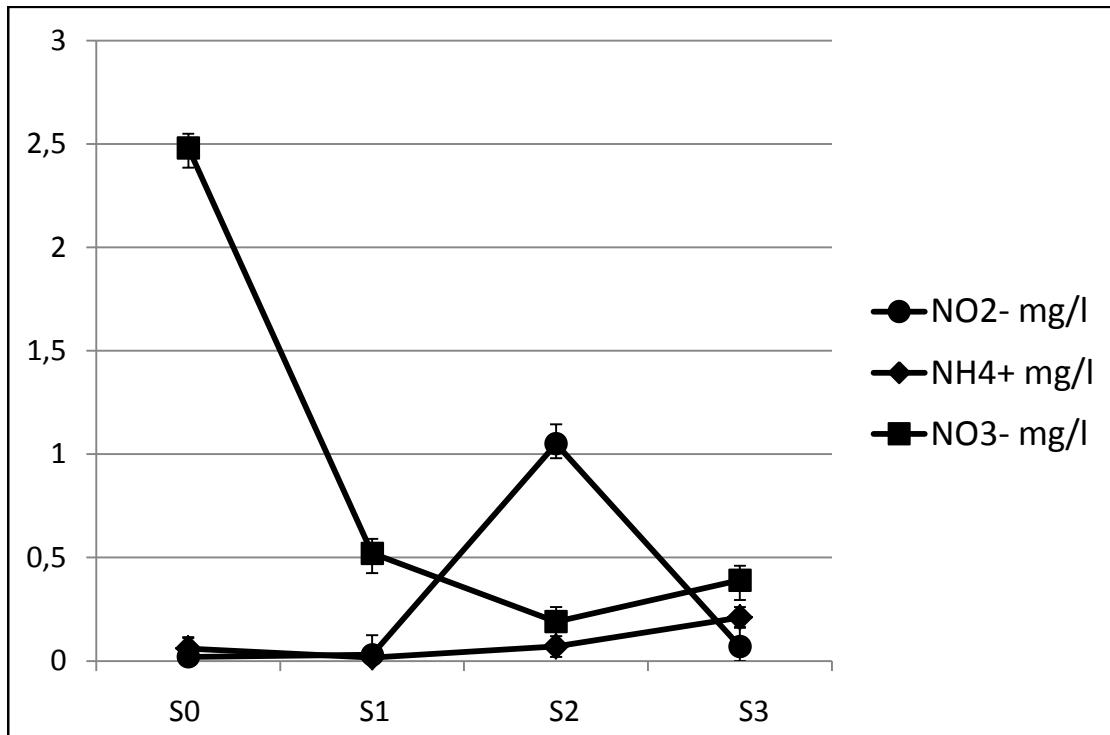
L'évolution spatiale de l'amont vers l'aval montre plus d'un dédoublement de la valeur de la station d'amont S0 (de l'ordre de 340 mg/l) et surtout à partir de S1 (672 mg/l) et qui remonte à 720 mg/l vers la station d'aval S3.

L'eau souterraine est généralement plus dure que l'eau de surface. Quand l'eau souterraine devient riche en acide carbonique, elle aura alors un grand pouvoir dissolvant; au contact des sols ou des roches contenant des quantités appréciables de minéraux comme la calcite, le gypse et la dolomite, l'eau acquiert une grande dureté. (**Jouraphy et Amir, 2005**).

En fait, le calcium est très abondant dans les eaux souterraines de cette région. Ses teneurs oscillent entre 68 mg.l⁻¹ et 153 mg.l⁻¹. La station d'amont présente une valeur dans la norme, mais après la station S1 les eaux des stations avales présentent des concentrations supérieures à la norme admise (60 mg.l⁻¹) (**Oga et al., 2009**). Le magnésium présente des teneurs qui varient de 18 mg.l⁻¹ à 31 mg.l⁻¹ et présente aussi une teneur importante à partir de la station S1.

Tableau 26 : Propriétés physico-chimiques des lixiviats L1 récupéré directement de l'engin de collecte et L2 prélevé après un an de dépôt de déchets ménagers.

	L1	L2
pH	3.76	6.74
CE $\mu\text{ms/cm}$	3530	9280
O2 diss mg/l	0	0
MES mg/l	309	213
sel diss mg/l	1.62	3.52
D.T. mg/l	480	135
Ca²⁺ mg/l	69	26
Cl⁻ mg/l	370	780
NaCl mg/l	609	834
T.A. mg/l	16	24
T.A.C mg/l	600	853
NO₂⁻ mg/l	0.46	0.8
SO₄⁻ mg/l	80	91
PO₄⁻ mg/l	4.49	7.1
NH₄⁺ mg/l	24.9	62
NO₃⁻ mg/l	0.81	2.2
K⁺ mg/l	4	11
Mg⁺ mg/l	39	82
Na⁺ mg/l	239	871

**Figure 24** : Evolution spatiale de différents composés azotés de la station d'amont S0 vers la station d'aval S3

En fait, la dissolution du Ca^{2+} et du Mg^{2+} résulte principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations rocheuses calcaires et dolomitiques. Cette dissolution peut être accrue par la présence dans l'eau de gaz carbonique provenant de l'atmosphère et des couches superficielles du sol plus ou moins pollués ou toutes autres sources de pollution environnante (**Tardat et Beaudry, 1984, INERIS, 2004 ; Oga et al., 2009 ; Blum et al., 2002**). En fait, tenant compte des données obtenues de l'analyse de l'échantillon de l'effluent des eaux usées S1' passant près de la station S1, on constate que le Ca^{2+} est le seul élément qui présente une valeur plus élevée dans l'échantillon des eaux de puits que celui de l'effluent (tableau 25). On peut en déduire que l'élévation de la teneur de Ca^{2+} est due aux deux phénomènes décrits précédemment, la pollution environnante et la dissolution des couches sus-jacentes de nature calcaire. En fait, le gisement de la région est formé des couches sédimentaires de phosphate, marnes et de calcaires intercalés (**El Assel et al., 2012**).

Aussi, les valeurs des orthophosphates ont montré une tendance légère à l'augmentation de l'amont à l'aval, cependant cette valeur s'est doublée en station S1 0,03 mg/l, et présente 2 fois la valeur dans les eaux de puits en amont 0,017 mg/l. ceci est probablement liée aux deux phénomènes cités précédemment, en premier temps les apports des rejets des eaux usées ou des lixiviats de la décharge comme le montre les données dans le tableau 2 et 3, la valeur dans l'effluent S1' s'élève à 4,07 mg/l et aussi dans les lixiviats elle est supérieure à 4,5 mg/l. L'origine de cette grande charge de l'effluent des eaux usées en PO_4^{3-} peut être diverses soit domestiques et/ou industrielles et/ou agricoles. De même, cette grande valeur pourrait être liée à la dissolution des couches phosphatées suite à l'acidité générée par la pollution environnante puisque les terrains dans la région sont de nature phosphatés. En **2012, El Assel et al.**, ses collaborateurs ont rapporté que dans le bassin sédimentaire des Ouled Abdoun (Région de Khouribga), la série phosphatée est formée d'une intercalation régulière de niveaux phosphatés et marno-calcaires sur environ 50 m de puissance. Toutefois, les valeurs dans les eaux de puits restent très basses par rapport aux normes de potabilité 5 mg/l décrit dans certains travaux.

Les teneurs en ion potassium sont faibles de l'ordre de $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$. Alors que le sodium est le cation le plus abondant et les teneurs enregistrées sont comprises entre 101 mg.L^{-1} et 276 mg.L^{-1} . En fait, la teneur en chlorures de sodium montre une augmentation très forte à partir de la station S1, ceci serait probablement lié à une augmentation de la dissolution en allant à la profondeur des couches sus-jacentes salines types halite. Toutefois, ces teneurs en sodium restent moyennes et dans les normes de potabilité.

Concernant les composés azotés, on commence par l'azote nitrique NO_3^- dont l'ampleur de ses teneurs dans l'eau surtout souterraines est d'une grande importance pour déterminer aussi la qualité de l'eau et les risques sanitaires qui leur sont liés. Sa présence excessive peut provoquer un problème de santé publique important tel que la méthémoglobinémie et un risque de cancer. La valeur la plus élevée est relevée au niveau de la station amont S0 d'environ 2,48 mg/l bordant les terrains agricoles (Figure 26). En fait, la raison principale de la présence des nitrates dans les eaux souterraines pourrait être due à la pratique agricole qui consiste à appliquer abondamment des engrais industriels fortement chargés en nitrate et qui passent dans les eaux souterraines par infiltration. Cependant, cette concentration enregistrée en station S0 reste largement inférieure à la norme OMS (50 mg.l^{-1}).

En aval, les teneurs en nitrates sont relativement plus faibles lié au pouvoir bactérien auto-épuration rapide de l'élément nitrate, malgré que dans cette station, on note la présence d'autres sources de pollution au niveau de la station S1 qui sont les effluents des eaux usées au niveau de la source S1' et les lixiviat de la décharge. Dans la lixiviat, les valeurs sont de l'ordre de 2,2 mg/l (pour L2) et dans la source S'1 sont de l'ordre de 1,45 mg/l face à une valeur de l'ordre de 0,52 mg/l en S1 (Tableau 25 et 26). On peut dire dans ce cas que la pollution n'a pas eu d'effet sur la variation de la teneur en nitrates dans les eaux souterraines.

L'évolution spatiale des ions ammonium NH_4^+ montre un gradient croissant amont-aval (Figure 26), inversement à la teneur d'oxygène dissous et celle des nitrates suite à une baisse du taux d'oxydation de cette forme d'azote au nitrate. Toutefois, les valeurs restent faibles par rapport aux normes OMS fixées à 0,5 mg/L. Aussi, l'élimination de l'ammoniacque (ion ammonium) de l'eau est possible par la pratique de la chloration (**Guergazi et Achour, 2005**).

D'autre part, des valeurs maximales sont enregistrés dans la source polluées par les eaux usées S1' et dans les lixiviat L1 et L2 et qui sont respectivement de l'ordre de 15,8 ; 25 et 62 mg/l (Tableau 25 et 26). On peut dire que la pollution n'a pas eu d'effet sur les variations de teneurs en ions ammonium NH_4^+ dans les sources souterraines.

Les nitrites NO_2^- présentent la forme intermédiaire et instable entre les deux formes d'azote précédentes. Les teneurs en nitrites, probablement, n'ont aucun effet dans la mesure où elles sont très inférieures à la norme de l'OMS fixée à 0,1 mg/L sauf exception dans la station S2 (Figure 26). En fait, ce paramètre présente une augmentation importante au niveau de la station S2 et atteint une valeur maximale de l'ordre de 1,05 mg/l liée probablement à une grande réduction de l'élément nitrite NO_3^- suite à un manque d'oxygène de l'amont vers l'aval (Figure 26). Effectivement, le rejet des eaux usées en S1 ne pourrait produire aucun effet puisque la teneur moyenne au niveau de la source S1' d'eaux mélangée par le rejet des eaux usées ne dépasse même pas 0,06 mg/l. Alors que, la valeur de l'élément NO_3^- a diminué de 2,48 mg/l en S0 à 0,19 mg/l en station S2.

Toutefois, la valeur 1,05 mg/l de nitrite NO_2^- dans la station S2 présente un risque en cas de consommation humaine. Les nitrites sont de puissants oxydants qui ont la capacité de transformer l'hémoglobine en méthémoglobine, rendant le sang incapable de transporter l'oxygène jusqu'aux tissus. Le nitrite peut aussi provoquer un cancer, sa présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau (**El Kory Ould-Cheik et al., 2011**). L'OMS propose dans ce sens comme valeur seuil à ne pas dépasser 3 mg/L pour une exposition à court-terme et uniquement 0.2 mg/L pour une exposition à long terme.

En fait, l'eau d'une nappe ne contient naturellement pas de composés azotés. Ceux-ci, provenant de la décomposition de la matière vivante par les micro-organismes; sont minéralisés en azote gazeux ou restent en faible quantité dans le sol. C'est l'augmentation de la quantité d'azote disponible dans le sol qui crée un déséquilibre entre l'apport et la consommation et produit un excès d'azote qui est finalement entraîné vers la nappe. Cet azote se trouve principalement sous forme de nitrates et d'ammonium. En effet, les lixiviat sont très chargés en ses formes azotées (Tableau 26).

Les données montrent aussi une augmentation du TAC (titre alcalimétrique complet) après la station S1. Le TAC mesure le taux d'hydroxydes, de carbonates et de bicarbonates d'une eau. Il mesure ainsi l'alcalinité de l'eau et détermine le pouvoir tampon de l'eau, c'est-à-dire la capacité d'influence d'un produit acide ou basique sur le pH de l'eau. Ainsi, plus le TAC est élevé, plus il est difficile de faire varier le pH de l'eau. Alors que, Une eau à faible alcalinité présente une pauvre capacité de résistance à l'ajout de substances acides et entraîne en général la dégradation des installations (**Rodier, 1996**). Pour l'eau de consommation, on considère que l'alcalinité n'est pas un facteur de qualité déterminant ; donc, il n'existe pas communément de norme régissant ce paramètre (**Rodier, 1996**). Dans les eaux naturelles, l'alcalinité exprimée en HC03^- varie de 10 à 350 mg/l. Elle peut augmenter par des apports d'origine urbaine (phosphates, ammoniacale, matières organiques) ou industrielle (produits basiques ou acides). Ainsi, la connaissance de ces valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau puisqu'ils dépendent de l'équilibre calco-carbonique.

Par conséquent, dans toutes les données susmentionnées, on remarque que les eaux de la zone présentent à partir de la station S1 des teneurs supérieures aux normes OMS pour presque tous les éléments minéraux dosés.

En fait, selon la littérature, la région est caractérisée par deux nappes, une de l'éocène et l'autre du turonien. Celle de l'éocène couvre 7 000 Km^2 et circule dans les terrains éocènes dans la région des Béni Oukil et d'El Bourouj et en bordure du Tadla (Figure 27). Elle s'enfonce ensuite vers le sud sous le Tadla où elle devient captive. Elle est libre au niveau des affleurements et en charge sous la plaine de Tadla. La qualité chimique de l'eau de cette nappe a été démontrée variable et moins bonne que celle du turonien (**Hammani et al., 2004**).

Effectivement, la vulnérabilité dépend du type de nappe, libre ou captive, et du mode de circulation de l'eau dans l'aquifère. Les nappes captives sont mieux protégées par les couches imperméables qui les surmontent. Leur alimentation en eau superficielle est plus circonscrite, donc plus aisée à protéger. Les nappes libres sont en revanche les plus vulnérables: les polluants d'origine superficielle peuvent diffuser librement dans le sol et dans la zone non saturée jusqu'au niveau piézométrique, d'autre part, la fluctuation verticale saisonnière du niveau piézométrique aboutit à 'rincer' les particules de la zones non saturée et entraîner les substances qui y sont adsorbées.

En fait, de nombreuses études ont signalé le changement de la qualité des eaux superficielles et souterraines sous l'influence des processus hydrologiques, géo et hydro-chimiques, mais aussi fortement par les conditions climatiques, géomorphologiques, le type de sol et les activités anthropogéniques comme l'apport des composés chimiques et les entités microbiennes par les différentes sources de pollution (**Krysanova et Becker, 2000**).

En fait, une eau de pluie légèrement acide du fait de sa teneur en CO_2 dissous et au cours de son infiltration dans le sol et le sous-sol, elle se charge en ions et acquiert des propriétés physiques et chimiques qui caractérisent l'eau de la nappe qu'elle forme. Ainsi, les eaux souterraines sont plus ou moins minéralisées en fonction: a) de la nature des roches traversées et des minéraux rencontrés au cours de l'infiltration; b) du temps de contact de l'eau avec les minéraux, donc de la vitesse de percolation de l'eau dans le sous-sol; c) du temps de renouvellement de l'eau de la nappe par l'eau d'infiltration. La salinité des eaux augmente aussi avec la profondeur. Mais, la

minéralisation acquis par l'eau demeure plus ou moins stable et sert à caractériser un faciès hydro-chimique. Tout grand changement de ce faciès est indicateur d'une pollution anthropique environnante.

Dans la zone étudiée, des travaux ont rapportés que selon ses propriétés, l'eau dans la 1ère nappe a une qualité moins bonne par rapport au nappe profonde, en fait cette nappe est plus activement exploitée par les agriculteurs et la population de la région (**Hazan and Ferré, 1964, Hammani et al., 2004**).

Ceci est en accordance avec les données que nous avons obtenues concernant les variations dans les propriétés physico-chimiques d'eaux suite à une pollution environnante à partir de S1, en plus de l'impact des phénomènes d'érosion, de dissolution et d'infiltration des éléments chimiques solubilisés.

On constate aussi bien une bonne corrélation entre la variation spatiale des paramètres physico-chimiques des eaux de puits à partir de la station S1 et ceux obtenues d'une source superficielle polluée par le rejet des effluents des eaux usées S'1 (tableau 25) et aussi avec les paramètres des lixiviats de différents âges dans la décharge des ordures ménagères (tableau 26).

Ainsi, l'altération de la qualité naturelle des eaux souterraines dans cette zone peut être liée en grande partie à ces activités anthropiques.

La station d'épuration des eaux usées STEP est de type boues activées et située à la sortie de la ville sur la route menant à El Borouj. Les sondages géotechniques réalisés au site de la STEP ont montré que le sous-sol est constitué des formations limon argileux, tufs blanchâtres et calcaire marneux. Dans cette zone les conditions topographiques et géologiques favorisent faiblement l'infiltration des eaux de ruissèlement vers la nappe en raison de la faible perméabilité des faciès de la zone non saturée ($2,5 \times 10^{-5}$ à $1,2 \times 10^{-4}$) (**Bleuchot, 1969**). Ainsi, on peut déduire que l'ampleur de la pollution dans cette zone pourrait être plus grande en cas où les terrains sous-jacents la STEP ne sont pas dotés d'une faible perméabilité.

Aussi, la décharge de la ville constitue une véritable menace sur la qualité des eaux de cet écosystème. Le site de la décharge appartient au plateau des phosphates, il est doté d'une perméabilité moyenne comme l'attestent les sondages effectués et la topographie accidentée du site. Les lixiviats qui s'écoulent des ordures peuvent s'infiltrer vers les substrats en profondeur, en plus des matières qui peuvent être lessivées dans les temps pluvieux et transportées par les vents vers l'aval.

De nombreux auteurs ont démontré que les lixiviats qui s'écoulent des décharges véhiculent une importante pollution organique, minérale qui parfois toxique (**Kerbachi et Belkacemi, 1994**). **Yasuhara** et ses collaborateurs (1997) ont pu déterminer près de 190 composés organiques dans les lixiviats de la décharge au Japon.

Toutefois, il est difficile d'établir une composition moyenne des lixiviats, l'étude des lixiviats montre une grande complexité du fait de la grande variation de leur composition d'un moment à l'autre (**Yasuhara et al., 1997 ; Sadani, 2005**). Chaque lixiviat est un cas particulier, tout dépend de la nature des déchets entreposés, de la gestion du site et de son état d'évolution et même du

climat et de la phase et la période de prélèvement (Millot, 1986 ; Kerbachi et Belkacemi, 1994 ; Yamada et al., 1999).

Ainsi, on peut conclure que la décharge ainsi que les effluents des eaux usées présentent bien des sources de pollution des eaux de ces puits. C'est une pollution qu'on peut la classer historique puisque revienne à une époque où les préoccupations environnementales étaient inconnues ou sommaires. Cependant, ces eaux puisque sont souterraines une fois sont contaminée par un polluant le reste longtemps.

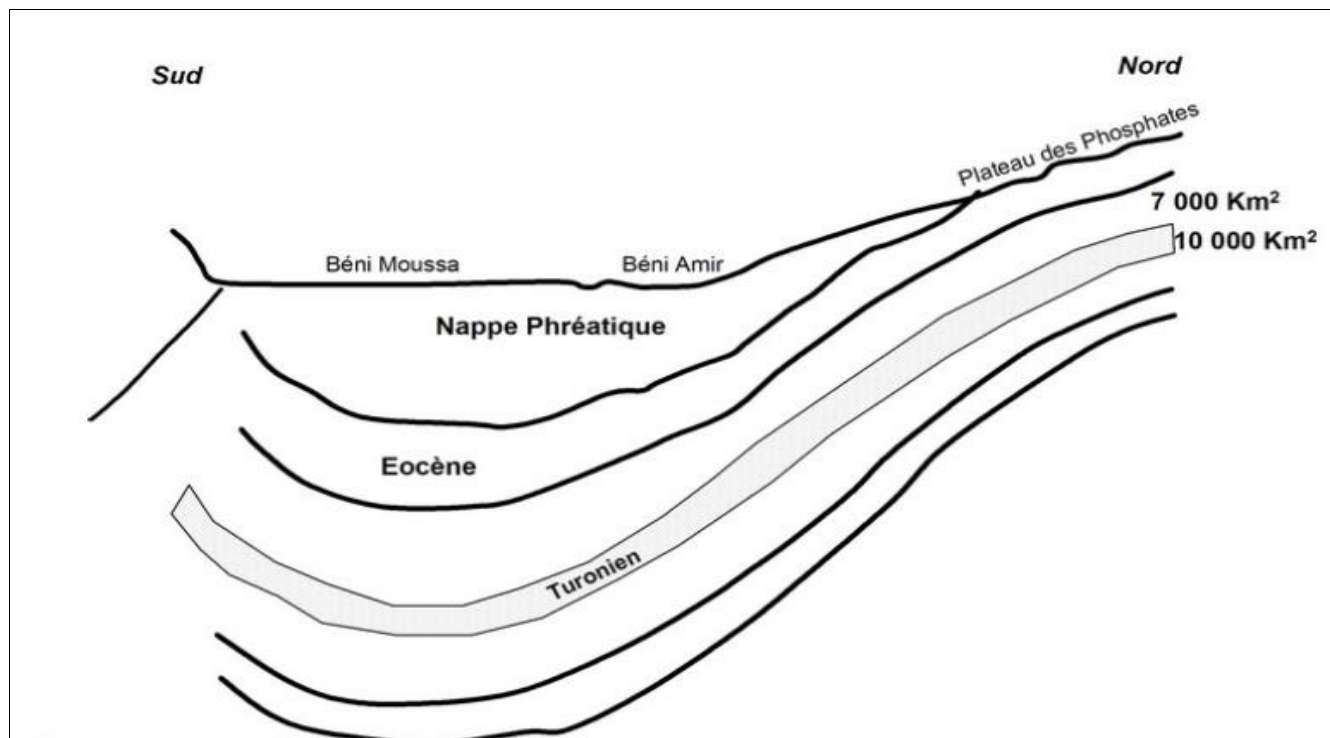


Figure 25 : Complexé aquifère du Tadla (Hammani et al., 2004)

II.2.3.4-Conclusion :

La présente étude rapporte les résultats d'analyses des propriétés physico-chimiques des échantillons des eaux prélevées de puits à différentes distances de la décharge non contrôlée à la périphérie de la ville de Khouribga.

Les données obtenues démontrent qu'à partir de la station S1 à 2Km de la décharge, les teneurs de presque tous les éléments minéraux dosés sont supérieures ou à la limite des normes OMS pour la potabilité d'eau vis-à-vis d'une consommation humaine. Les investigations réalisées dans la région démontrent que plusieurs facteurs peuvent contribuer à cette évolution de la qualité de l'eau indiquée par la variation de ses propriétés physico-chimiques. En citant les plus importants en premier, on suspecte la pollution due à l'infiltration des lixiviats de la décharge et aussi les éléments chimiques amenés par les effluents des eaux usées de la ville. Mais aussi, on ne doit pas négliger le phénomène de l'érosion et le lessivage chimique des terrains traversés en dépend de la

nature géologique des terrains de type gisement sédimentaire de phosphate alternant de marnes et de calcaires et sus-jacents des dépôts évaporitiques, en particulier gypseux.

Ainsi, l'eau des nappes n'est donc pas à l'abri de la pollution et l'autoépuration naturelle n'est pas complète vis-à-vis de certaines substances. D'autre part, la multitude et la diversité des sources de pollution, leur variation spatio-temporelle rendent très difficile l'estimation directe de cette pollution. De plus, le risque engendré par cette pollution sera d'autant plus importante quand les conditions climatiques dans la région sont favorables pour leur mobilisation vers le milieu hydrique (vent fort, érosion, pluies orageuses ...).

Le danger de cette pollution est très grand sur la santé humaine, surtout que ces puits sont considérés comme l'une des premières sources d'approvisionnement en eau potable pour la population de la région. Afin de préserver la santé de la population, il est nécessaire et obligatoire de contrôler la qualité de ses eaux et procéder à leur traitement et aussi fermer et interdire l'accès aux puits dont la pollution est non remédiable.

Les résultats exposés dans cette partie de l'étude montrent bien que le système actuel de la gestion des déchets ménagers dans la ville de Khouribga n'arrive pas à absorber les problèmes engendrés par les déchets, et ne joins pas le niveau constaté dans d'autres pays. L'analyse de ce système a pu retirer les sources de divergence et par la suite les créneaux qui peuvent améliorer ce système et qui vont être la base des axes étudiés dans la partie qui suit.

PARTIE III :

**PROPOSITION D'UN
MODELE DE GESTION
DES DECHETS MENAGERS
A LA VILLE DE
KHOURIBGA**

CHAPITRE I : SYSTEME DE VALORISATION DES DECHETS MENAGERS

I.1-Introduction

Tout système présenté pour une gestion durable des déchets ménagers doit cerner tous les aspects relatifs au management des déchets, le système proposé par ladite recherche concernant la gestion des déchets ménagers dans la ville de Khouribga est le résultat de l'analyse des parties constituant le circuit habituel des déchets ménagers.

En effet, le suivi de ce circuit a permis le découpage du système en parties, chaque partie a été étudiée avec la méthode la plus adéquate à sa nature.

Les méthodes et les résultats sont décrits dans la présentation de ces parties du système.

I.2-Implication des citoyens dans la gestion des déchets ménagers dans la ville de Khouribga :

I.2.1 Présentation :

Les déchets ménagers ne peuvent être aperçus sans liaison avec leur contexte géographique que ce soit la géographie physique ou la géographie sociale. Les recherches de **Gouhier (1985)** portent sur l'analyse de l'interface entre ce que l'on pourrait appeler les systèmes sociaux (population, origine ou niveau social, comportement) et les déchets (nature, production), et les implications de cette interface dans l'espace (**Emmanuelle Le Dorlot, 2004**). D'où le déchet ne peut être vu sans liaison géographique, raison pour laquelle toute région géographique doit concevoir sa propre stratégie de gestion de déchet.

Souvent, au niveau des collectivités marocaines, on assiste à une analyse réductionniste des problèmes liés aux déchets à l'insuffisance des moyens or les déchets ménagers sont un objet complexe et mixte dans lequel des facteurs interdisciplinaires peuvent agir (**Mathieu et Robic, 2001**), et si ce sont les collectivités locales qui ont la charge de la gestion des déchets ménagers, le bon fonctionnement du service dépend en majeure partie de la coopération (la complaisance) des citoyens (**Fiorello, 2010**), c'est ainsi que le comportement de l'individu tant que l'élément producteur est un des facteurs qu'il faut prendre en considération dans toutes stratégies de gestion des déchets. En effet, la problématique de gestion des déchets est fortement liée à la perception de ce que sont les déchets, de ce qu'ils représentent pour le citoyen en matière de risque de dégradation environnementale, et de danger pour la santé. En fait, la bonne gestion des déchets est liée fondamentalement au comportement des habitants, la manière dont les citoyens disposent leurs déchets, les moyens de collecte utilisés, la fréquence dont ils se font débarrasser de leurs déchets, leurs respects de la disposition et de la distribution des bacs à déchets dans les quartiers ainsi que leur participation et implication dans l'opération de gestion des déchets.

C'est ainsi que la mise en place de toutes stratégie de gestion des déchets ménagers doit prendre en considération le facteur humain, et la réussite de la politique de gestion des déchets repose essentiellement sur la participation du citoyen (**Duprés Mickaël, 2013**).

A notre connaissance, aucune étude n'a été réalisée sur l'analyse du comportement des citoyens vis-à-vis de leurs déchets dans le contexte marocain, notre recherche se propose de faire le diagnostic de ce comportement des citoyens vis-à-vis des ordures ménagères, ce travail réalisé au niveau de la ville de Khouribga, une ville qui connaît plusieurs changements et regroupe de nombreux points de ressemblance avec la majorité des villes marocaines. Aussi c'est une ville moyenne, son modèle de gestion de déchets peut être un exemplaire pour les autres villes marocaines, qui lui sont semblables sur le plan socio- économique. La ville de Khouribga produit environ 53 000 tonnes de déchets par an, une quantité en constante croissance grâce à la croissance démographique et l'amélioration du niveau de vie des habitants.

Données démographique liés à cette partie :

Depuis sa création la population de la ville est en constante évolution, elle compte actuellement plus que 172 000 habitants répartis dans 36 quartiers (tableau 27 / Municipalité de Khouribga).

Tableau 27 : Evolution de la population et du nombre de ménages dans la ville de Khouribga (HCP, 2004)

	1994	2004	2006(projection)
Nombre d'habitants	152090	166397	172000
Nombre de ménages	27296	33519	37200

Cette ville est placée parmi les régions les plus peuplées du Royaume avec une densité de 117 habitants par Km² contre une moyenne nationale se situant autour de 44 habitants par Km². Nous citons dans le tableau 28 les principales caractéristiques de la population de la ville.

Tableau 28 : Caractéristique de la population de la ville de Khouribga (HCP, 2004)

caractéristique	Représentativité (%)
Répartition de la population selon :	
Sexe féminin	52,6 %
Sexe masculin	47,4%
Agé de 18 et plus	65,3%
Situation dans la profession	
Membres des corps législatifs élus, responsables et cadres	19,9%
Employés	13,4%
Commerçants et intermédiaires commerciaux et financiers	15,9%
Exploitants et ouvriers et manœuvres agricoles	1%
Artisans	44,2%
Conducteurs d'installation et de machines et ouvriers de l'assemblage	5,4%

Niveau d'instruction (population 25 ans et plus)	
Néant	38,3 dont 28,6 féminins
Primaire	21,1 dont 9,5 féminins
Collégial	14,2 dont 6,4 féminins
Secondaire	15,7 dont 6,2 féminins
Universitaire	8,8 dont 3,2 féminins

L'activité économique dominante dans la ville est l'activité minière suivie par le commerce et l'artisanat.

I.2.2 Matériels et méthodes :

Méthode de travail :

Pour cette étude et afin d'atteindre notre objectif qui est l'étude du comportement des citoyens de la ville de Khouribga vis-à-vis de la gestion de leur déchets, un questionnaire comme base d'une étude quantitative réalisée directement avec des personnes interrogés à leurs domiciles et qui constituent un échantillon des ménages dans la commune de Khouribga. Ces personnes sont de couches sociales, de sexe et d'âge variés. L'échantillon est composé de 413 ménages distribués dans 13 quartiers dans la ville. Le sondage est de type aléatoire. L'enquête est réalisé sur la base d'un contacte directe, la personne interrogée est soit le chef de ménage ou son épouse, la neutralité de l'interviewer a été maintenue pour s'assurer de ne pas avoir de l'influence sur les idées du personne interrogée.

Les objectifs du questionnaire s'articulent sur les deux axes suivants :

- Etudier le comportement quotidien des citoyens envers leurs déchets.
- Savoir la vision des habitants envers leur environnement.

Les données obtenues de cette enquête nous permettront ainsi, de :

- Déterminer les facteurs justificatifs des comportements d'incivisme des habitants.
- Analyser le degré d'engagement des citoyens dans une stratégie de gestion des déchets.

De ces objectifs découlent les hypothèses de notre étude :

- C'est l'ignorance des dangers liés aux déchets, et à leur mauvaise gestion, aussi que l'indifférence et le manque de responsabilité qui développent les actes d'incivisme chez les habitants.
- C'est le manque de moyens et le faible niveau intellectuel qui expliquent le non engagement des ménages dans l'amélioration du mode de collecte des déchets.

I.2.3-Résultats et discussion :

Afin de comprendre la relation entre les habitants de cette ville et les déchets ménagers, le questionnaire a été réparti en cinq parties, nous présentons les résultats de ces parties après traitement des données recueillies :

Partie I : la gestion des déchets en interne des foyers

La production des déchets ménagers commence à l'intérieur du foyer, pour cette partie du questionnaire, les ménages sont interrogés sur leur comportement quotidien en relation avec les déchets dans leur maison, afin de savoir leurs habitudes vis-à-vis des déchets ménagers qu'ils produisent : Qui s'occupe de déchets dans le foyer ? Quand on se débarrasse des déchets ? Comment ? Combien de fois on sort les déchets des maisons ?

D'après les résultats de l'enquête, dans plus de 70,29% des ménages (Figure 26), la mère est le membre principale de la famille qui s'occupe des déchets à l'intérieur du foyer, les enfants sont aussi impliqués, ils se chargent de la mise en bacs des déchets avec un pourcentage de 8,22%.

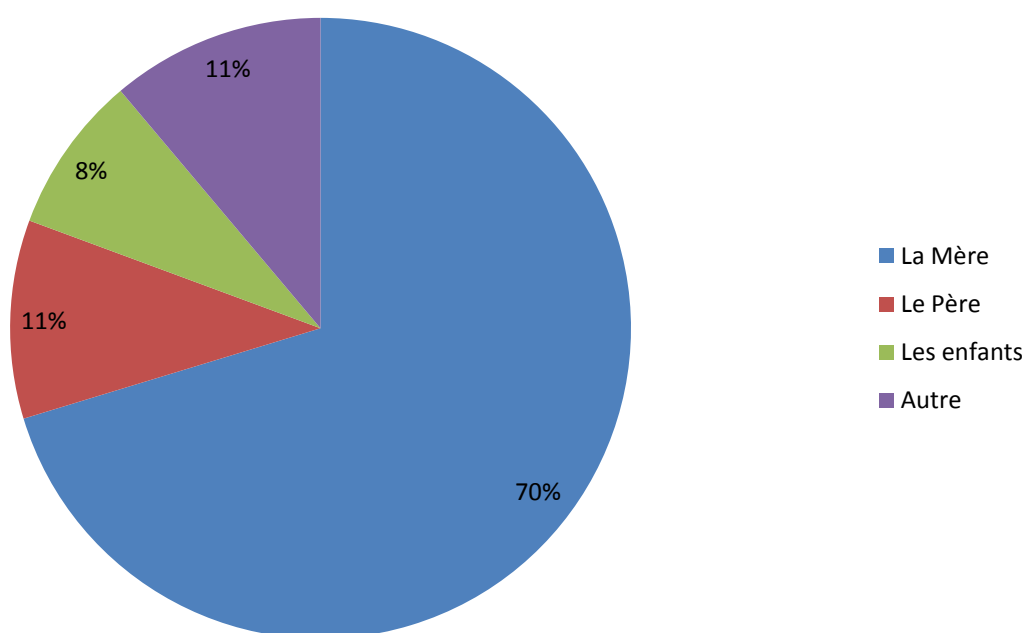


Figure 26 : Membre de la famille qui s'occupe de l'élimination de déchets dans les ménages à la ville de Khouribga

Confier l'élimination des déchets aux enfants pose des problèmes du fait que les bacs ne leur sont pas facilement accessibles, ce qui participe à l'apparition des ordures à l'entour des bacs.

La gestion des déchets à l'intérieur des maisons, est la première étape dans le processus qui suit le déchet dans sa vie, d'où l'importance de cette phase dans toute action visant l'amélioration de la gestion des déchets. D'après les résultats obtenus, le rôle de la femme dans le processus de gestion de déchets ménagers est primordial, cependant le niveau intellectuel et le niveau de scolarisation de cette tranche de la population est faible, d'où l'importance de la prise en considération de ce résultat dans l'élaboration de toute stratégie de gestion des ordures ménagers.

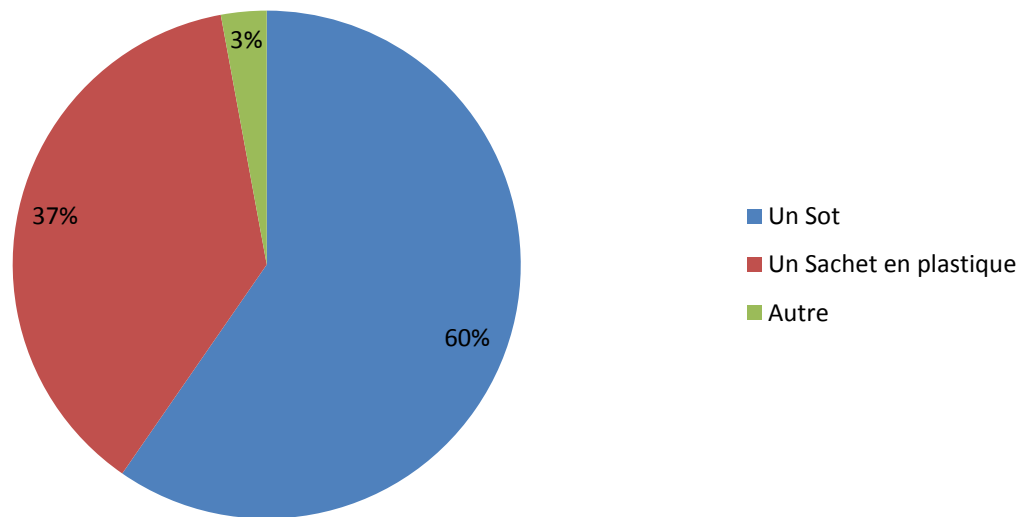


Figure 27 : Moyenn de ramassage des déchets dans les ménages de la ville de Khouribga

Environ 59,63% des ménages utilisent les seaux comme moyen de ramassage des déchets dans les maisons par rapport à 37,47 % des ménages qui utilisent les sachets en plastique (Figure 27). Alors que la nature de ces sachets n'est pas destiné spécialement à la collecte des ordures, mais, on utilise généralement les sachets en plastique dont on dispose après achat ou acquisition d'autres objets, ceci entraîne l'existence massive des sachets en plastiques dans les poubelles et par la suite dans la décharge et aussi dans les espaces vagues dans les quartiers limitrophes, d'où la nécessité de concevoir un moyen de ramassage des ordures à l'intérieur des maisons qui prend en considération les pratiques des ménages (sachets dégradables, seau spécifique,...).

Les résultats montrent aussi que seulement 16,36% des ménages font sortir leurs déchets le soir, 32,72% le matin et 50,92% le font dans des horaires aléatoires (Figure 28).

Aussi, 64,64% des ménages font sortir leurs déchets une fois par jour, 13,72% le font 2 fois par jour et 14,25% de ménages se débarrassent de leurs ordures plus que deux fois par jours. Alors que 7,39% de ménages n'ont pas une habitude stable pour l'horaire de la sortie de leur poubelle (Figure 29).

Ces comportements expliquent bien les problèmes de la collecte des déchets exprimés par la société déléguée. En effet, l'évacuation des poubelles par les ménages pendant des heures décalées de la période de la collecte et la multiplication du nombre de fois du rejet des contenants des poubelles perturbe l'opération de ramassage, et cause l'apparition des ordures dans les alentours des bacs aussi que la constitution des points noirs.

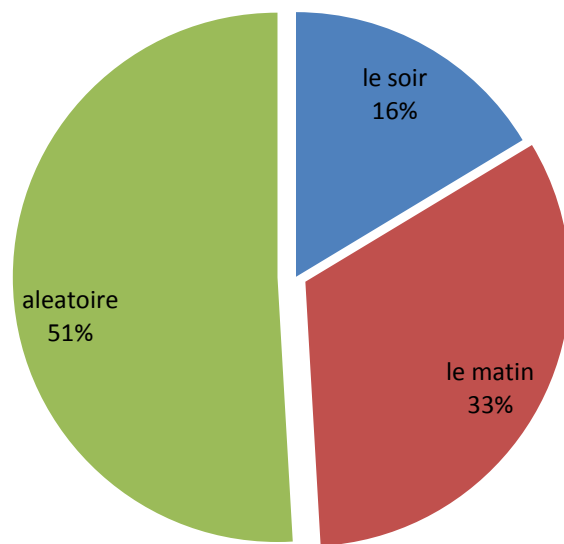


Figure 28. Horaire de sortie des ordures des ménages de la ville de Khouribga

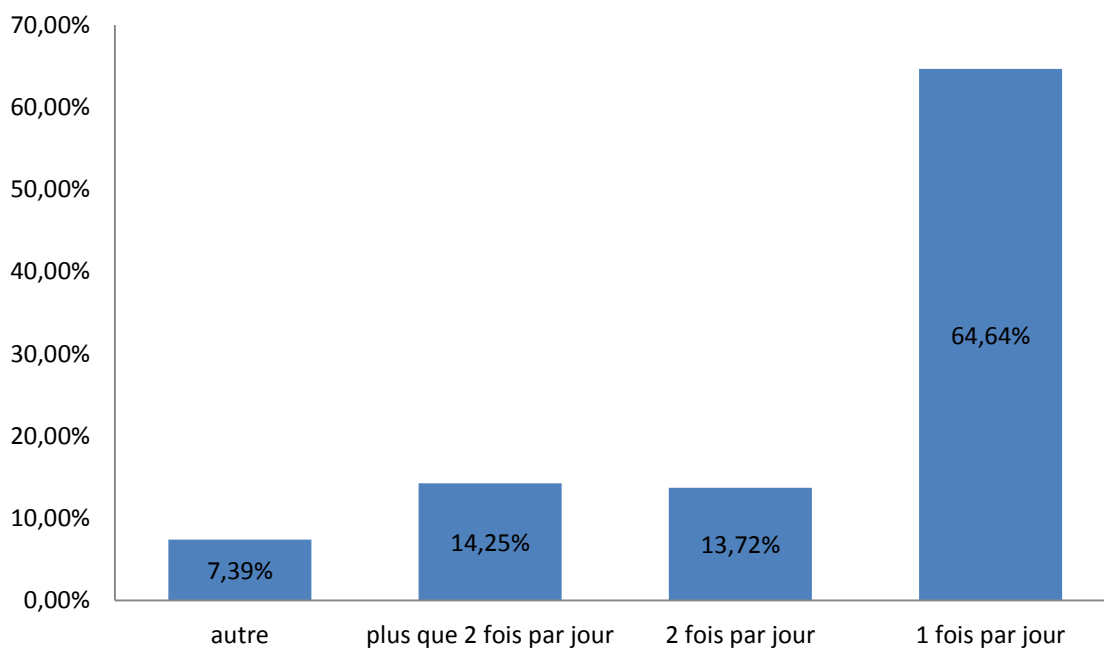


Figure 29. Fréquence de sortie des poubelles des ménages de la ville de Khouribga

Ces comportements perturbateurs peuvent être expliqués par le manque de moyens et l'insuffisance de l'espace dédié au ramassage des déchets à l'intérieur des maisons, ce qui rend difficile la gestion des ordures ménagères au sein des foyers. Ainsi, ces contraintes doivent être prises en considération dans toute suggestion de tri à la source.

Partie II : les problèmes de la gestion des déchets au niveau des quartiers

L'évacuation des ordures ménagères et des déchets des rues constitue des éléments essentiels à la salubrité d'un quartier (**Appolinaire Kombassere, 2007**), dans cette partie de l'enquête, on extrait les difficultés rencontrés par les ménages vis-à-vis des déchets au delà de leurs maisons, et les problèmes dont souffrent les quartiers selon la vision des ménages, comme cité dans l'étude de **Bertolini (2008)** le confort de l'utilisateur (fréquence de collecte, distance moyenne à parcourir par l'utilisateur pour ses apports, taux de défection du service de base,...) est considéré comme une composante importante des indicateurs de performance d'un service public local des déchets ménagers.

On constate d'après les résultats obtenus, que 46,29% des bacs se situent à une distance moyenne de 20 m des maisons, 23,02% des bacs se trouvent à une distance de 100 m, 13,76% des bacs à 200 m, et 16,93% des bacs à plus de 200 m (Figure30).

Alors que, malgré l'existence de bacs dans les quartiers, certaines familles (6,33%) posent encore leurs poubelles sur les trottoirs (Figure 31). Ces gestes peuvent être expliqués par l'éloignement des bacs et ils sont dûs également à l'indifférence des citoyens aux enjeux liés aux déchets et au manque de civisme.

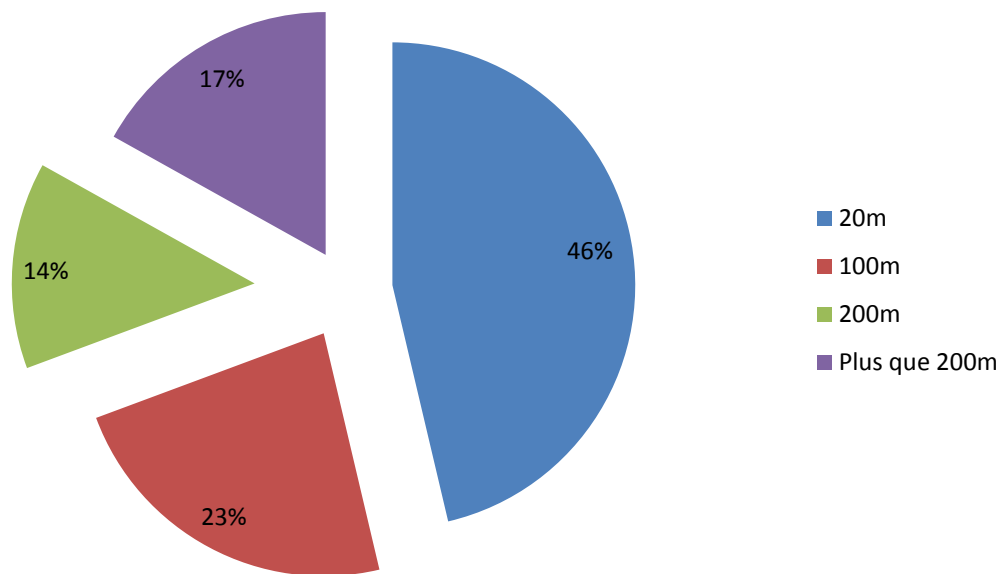


Figure 30 : Distance entre les bacs et les maisons dans les quartiers de la ville de Khouribga

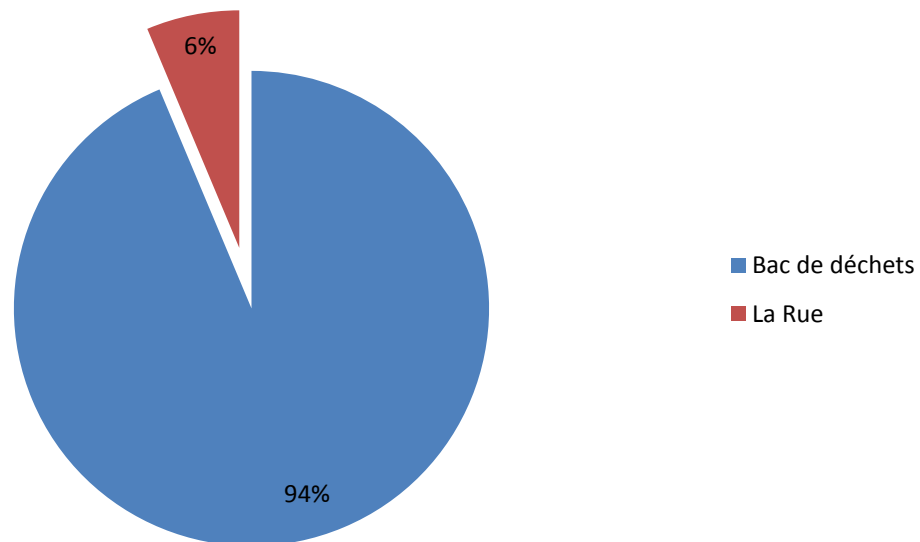


Figure 31 : Lieu où les ménages posent leurs poubelles dans les quartiers de la ville de Khouribga

D'après les résultats, une grande partie des ménages 61,46% affirment qu'ils ne trouvent pas de difficultés pour se débarrasser de leurs déchets (Figure 32), à l'exception des déchets de jardinage dont souffre les habitants de certains quartiers (village OCP et zone villa) vu la dominance des espaces dédiés au jardin dans leurs maisons.

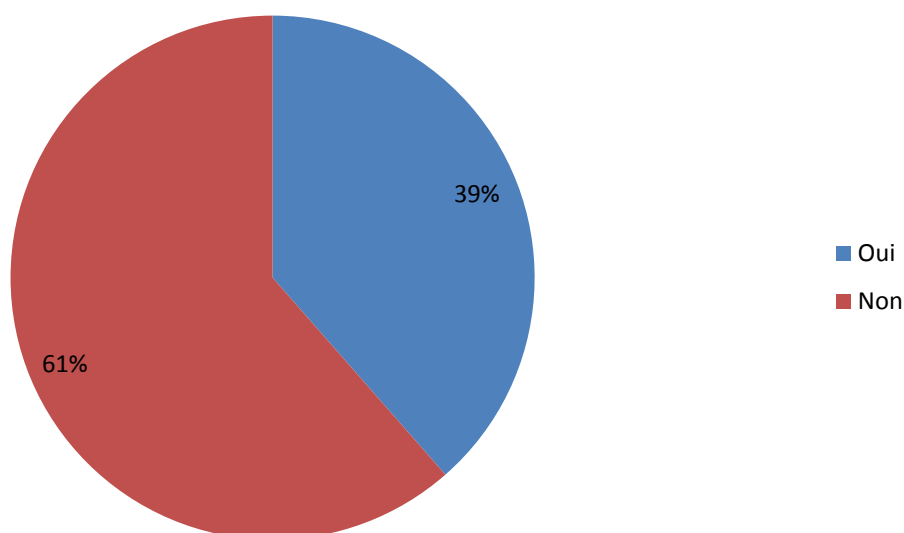


Figure 32 : Ménages déclarants ayant des problèmes pour éliminer leurs déchets dans les quartiers de la ville de Khouribga

Aussi, d'après les enquêtés, les problèmes liés aux déchets dont souffrent les quartiers sont à 40,51% dus à l'insuffisance des bacs (Figure 33), d'autres ménages (12,41%) réclament l'inexistence de bacs dans le quartier. Alors que 8,39% des ménages lient les problèmes de gestion de déchets dans le quartier aux horaires de ramassage par la société de collecte, et 38,69% des ménages attribuent ses problèmes aux actes d'incivismes des habitants (déplacement des bacs, dépôt des ordures à côté des bacs...) (Figure 33).

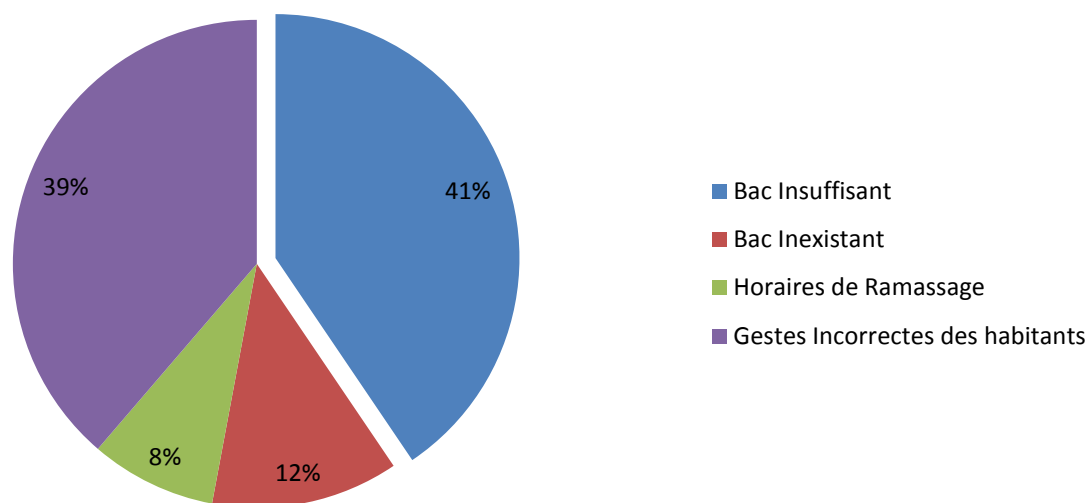


Figure 33 : Classification des problèmes des quartiers pour se débarrasser de leurs déchets dans de la ville de Khouribga

Ces résultats confirment bien les remarques relevées à partir des tournées réalisées au niveau de tous les quartiers de la ville. En effet, on a constaté que tous les quartiers disposent de bacs, mais la distance entre eux varie et ne suit pas la même cadence. Dans certains quartiers, dont la densité d'habitation est élevée, on remarque que les déchets débordent des bacs. Aussi là où il y'a les caissons métalliques de 5 m³, les déchets sont jetés aux alentours des caissons ce qui génère des points noirs. Les agents responsables de la collecte des déchets affirment que certain habitants refusent de voir le bac à déchet près de leurs maisons, d'où on essaie souvent de l'éloigner de chez soi, ce comportement déstabilise les points de collecte et perturbe le travail des agents de ce service. C'est ainsi la proposition d'aménager des espaces pour le logement des bacs et le bon choix de leurs emplacements résoudra ces problèmes.

Entre autre, d'après les constatations relevées, les déchets de construction sont jetés dans les espaces vides qui existent dans les quartiers et parfois ils sont mélangés avec les déchets de jardinage. Ces espaces se transforment en petites décharges touchant ainsi la beauté et la salubrité de la ville. Il est à noter que la ville de Khouribga à l'instar de la majorité des villes moyennes du Maroc, connaît une expansion urbaine très importante d'où la nécessité d'avoir un mode de collecte qui prend en considération ces deux types de déchets qui sont considérés des déchets assimilés (déchets de construction et de jardinage).

Tout cela montre bien l'effort que doit déployer les responsables du secteur de gestion des déchets ménagers pour le changement de ces habitudes, chose qui peut nécessiter des ressources et du temps s'il n'est pas pris en considération, en France, pays développé, il a fallu que le déchet devienne un risque de santé publique pour que les Français veillent bien se comporter de façon plus responsable et cesser de les jeter dans la rue (**Fiorello, 2011**).

Partie III : l'intérêt des habitants au domaine des déchets

La troisième partie de l'enquête propose des questions dont l'objectif est de savoir l'intérêt que porte les habitants au domaine de la gestion des déchets, à fin de mesurer leur conscience relative aux risques générés par leurs ordures.

On constate que seulement 17,74% des ménages savent le destin final de leurs déchets (où et comment ?), une grande partie de la population 68,55% ne porte aucun souci pour savoir la destinée de leurs déchets (Figure 34).

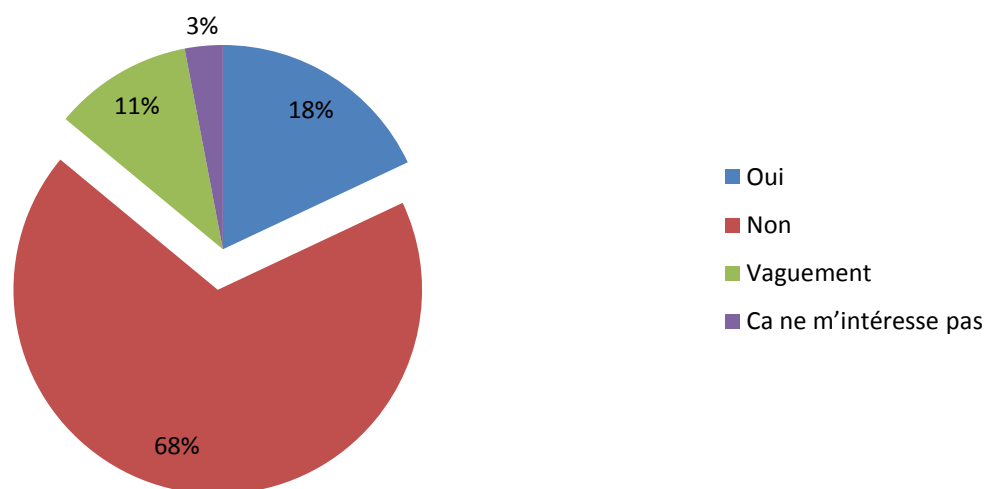


Figure 34 : Les habitants de la ville de Khouribga qui savent où vont les déchets

Notre étude montre également que le niveau des études des citoyens ne présente aucun lien ou n'influe pas sur leurs connaissances sur le domaine des déchets (Figure 35), les habitants scolarisés ne savent pas et même ne s'intéressent même pas à savoir le recours final des ordures qu'ils produisent.

Ces résultats montrent bien l'inconscience des citoyens au sujet de la gestion des déchets et aux problèmes et risques qui leurs sont liés. En effet, le déchet ne suscite pas leur enthousiasme une fois évacué de leurs maisons, il y'a donc une relation évidente entre la distance au déchet et la perception du déchet et du risque du déchet, plus le déchet est éloigné, plus on le minimise lui et ses risque (**Emmanuelle Le Dorlot, 2004**).

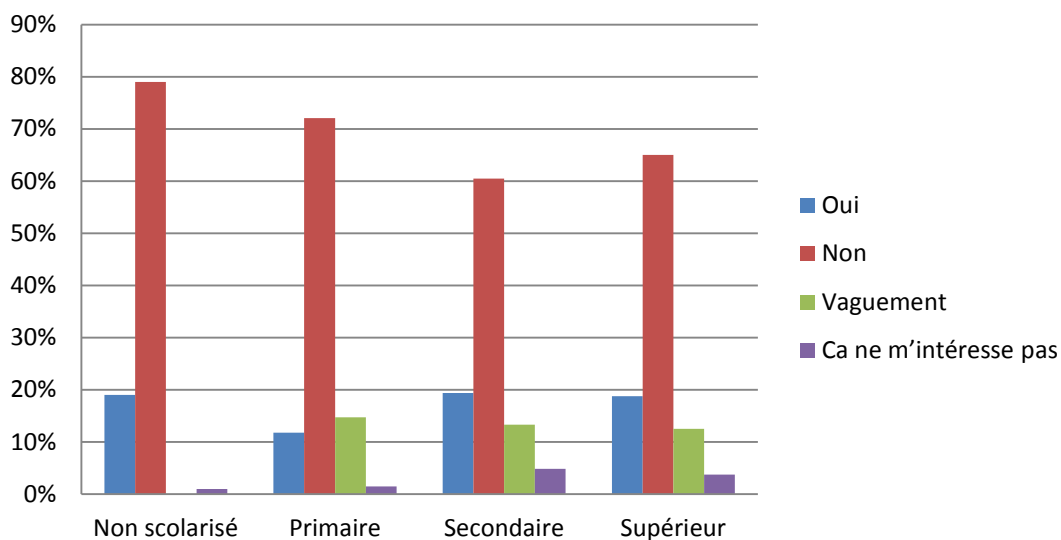


Figure 35 : Les habitants de la ville de Khouribga qui savent où vont les déchets selon leur niveau d'étude

Cette réalité montre bien que les préoccupations exprimées pour les questions environnementales ainsi que les motivations sociales sont très faibles d'où elles devraient absolument être prises en considération dans la conception d'une politique durable de gestion de déchets pour assurer l'intégration des citoyens dans un processus d'amélioration.

Partie IV : possibilité d'amélioration à travers le tri à la source

Le tri est un concept inévitable dans toute stratégie efficace de gestion des déchets, le tri des déchets à la source est la clé de voûte d'une gestion réussie sur les plans de l'optimisation des coûts, de la sécurité et du respect de l'environnement. Cependant, à l'échelle nationale, ce concept n'est pas encore utilisé, d'où le manque d'informations ou de données pouvant aider à la mise en place d'un mode de collecte adaptable à ce concept. Cette partie de l'enquête, informe sur le degré de connaissance des habitants sur le domaine du tri et de recyclage et la possibilité de leur engagement dans un processus de tri à la source. On donne des éclaircissements sur les facteurs à prendre en considération pour la mise en place de l'opération du tri à la source et l'adhésion des ménages dans ce mode de gestion.

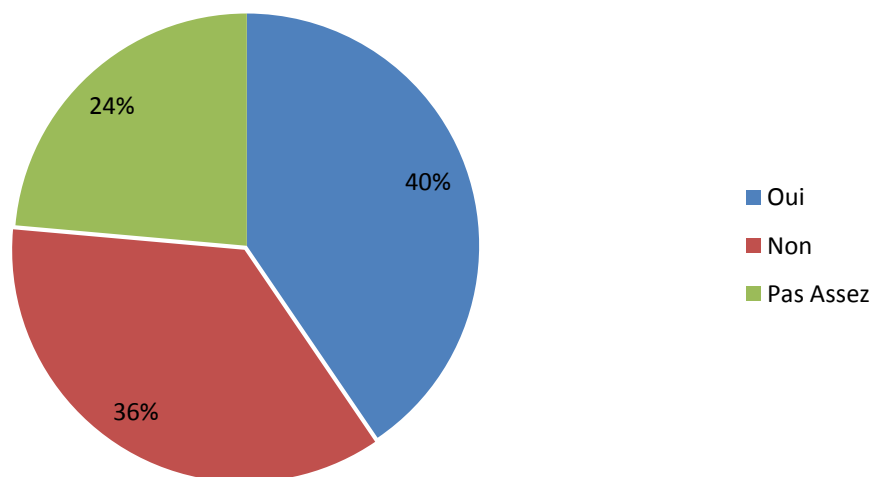


Figure 36 : Les habitants de la ville de Khouribga qui pensent être informé sur le recyclage

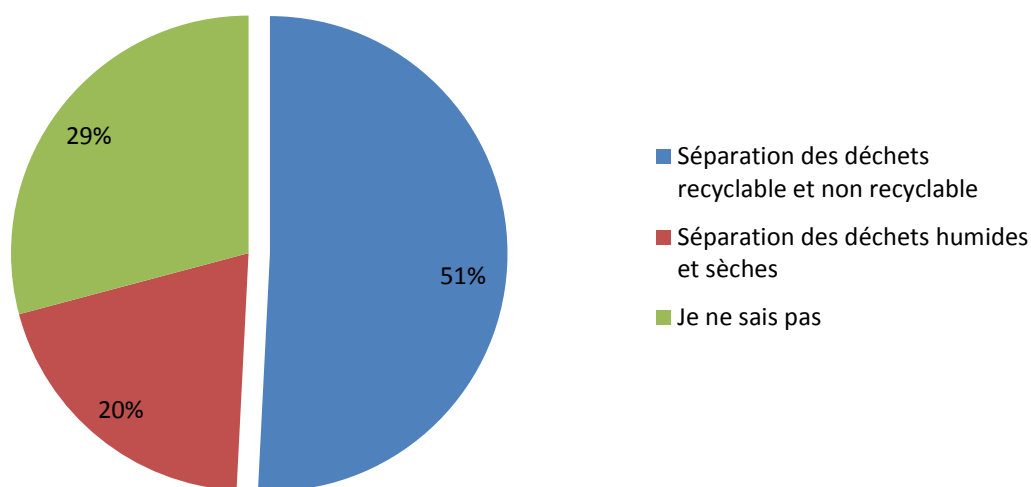


Figure 37 : Définition du tri pour les habitants de la ville de Khouribga

Les résultats montrent que 35,92% des ménages n'ont aucune idée sur la notion de recyclage, et 23,59% ont très peu d'informations sur cette notion (Figure 36). D'après 50,80% des habitants enquêtés, le tri représente la séparation des déchets recyclables et les déchets non recyclables sans savoir comment séparer entre les deux types de déchets (Figure 37). Alors que 20,05% des enquêtés lie le tri à la séparation entre déchets humides et déchets secs. Les 29,14% n'ont pas de réponses exactes sur l'opération de tri.

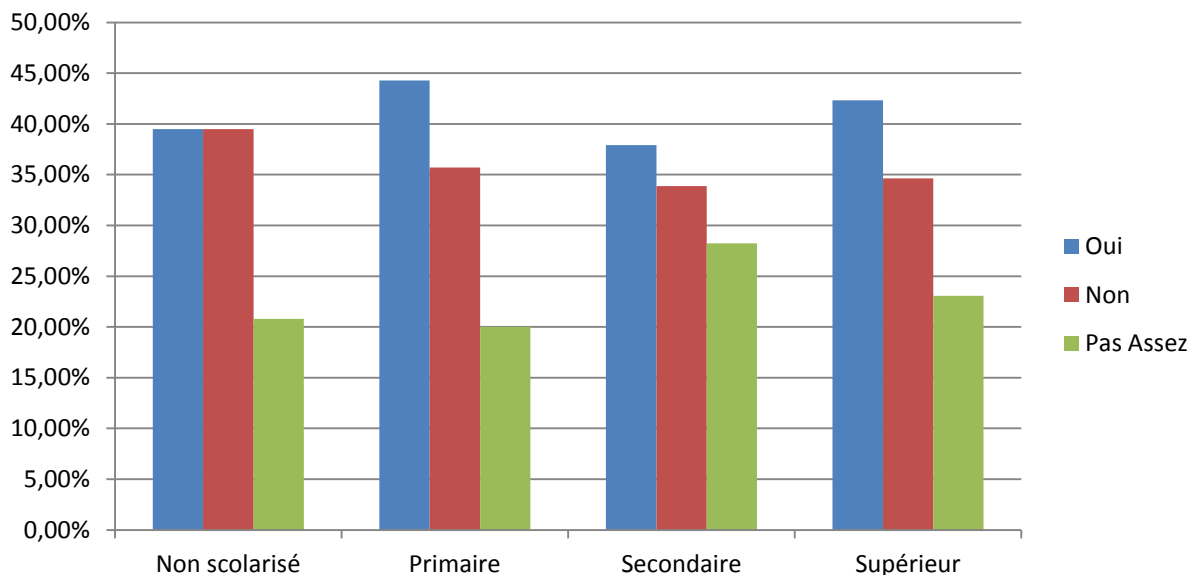


Figure 38 : Information sur le recyclage des habitants de la ville de Khouribga selon le niveau des études

D'après les résultats représentés par la Figure 38, le niveau de scolarisation du citoyen n'implique pas une bonne connaissance vis-à-vis du domaine du recyclage et de tri. Ce résultat peut être expliqué par le fait que l'intégration du Maroc dans ce domaine n'est pas très ancienne du fait que la loi relative à la gestion des déchets et à leur élimination n'est apparue qu'en Novembre 2006 (SECE, 2010), aussi le programme PNDM et quelques décrets d'application qui sont adoptés par la suite, alors que d'autres sont en cours d'élaboration.

Afin de prévoir l'engagement de la population dans un système de collecte moderne, on a expliqué aux habitants le rôle primordial du tri dans la gestion des déchets et la protection de l'environnement, après cette explication, un questionnaire a été conçu pour savoir s'ils acceptent de faire le tri et s'ils sont prêts à payer pour la modernisation de ce secteur.

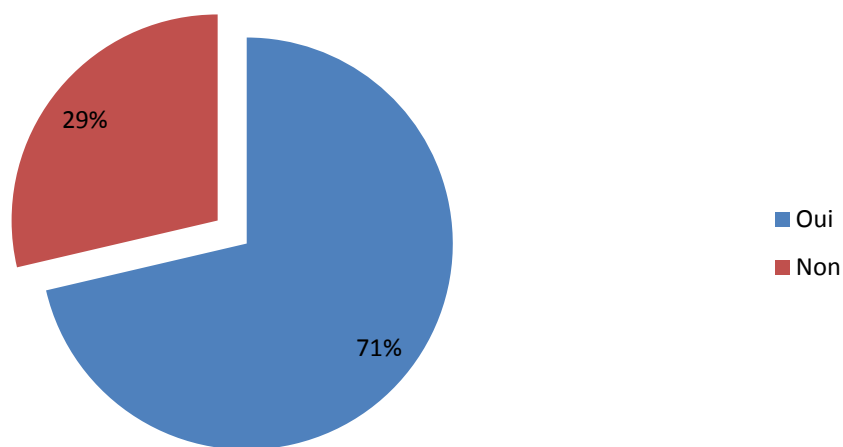


Figure 39 : Les ménages de la ville de Khouribga qui acceptent de faire le tri

La majorité de la population (71,35%) acceptent de faire le tri à la source, et 28,65% refusent l'idée (Figure 39). En effet, la mise en place du système de tri à la source a nécessité plusieurs efforts même dans les pays les plus avancés dans ce secteur, « il y'a vingt ans, le tri à domicile n'existait pas, on pensait que les Français ne trieraient pas, se souvient Didier Imbert (Actu Environnement, 5 Novembre 2012), « le tri est entré dans les habitudes des Français, le geste de trier est désormais, considéré comme naturel dans de nombreux foyers » (**Hoibian, 2010**).

Les citoyens de la ville de Khouribga, malgré leur faible connaissance sur les concepts liés au tri des déchets, présentent une volonté pour le changement et de la coopération, le tri des déchets est un comportement intimement lié à la personnalité et aux valeurs de l'individu (**Fiorello, 2010**), d'où la possibilité d'instaurer le tri à la source au niveau des foyers reste possible malgré les difficultés qui peuvent retarder ce concept avant de le rendre une habitude chez le citoyen.

Partie V : possibilité d'implication financière des citoyens

Pour évaluer davantage la volonté des citoyens à s'impliquer dans un processus de changement, on les a interrogé sur la possibilité de leur implication financière pour moderniser le secteur de gestion des déchets ménagers au niveau de la ville, en effet les déchets coutent de plus en plus cher aux communes, et les instruments économiques reposent essentiellement sur le principe du pollueur-payeur c'est-à-dire que le détenteur final du déchet doit supporter l'ensemble des coûts d'élimination dudit déchet.

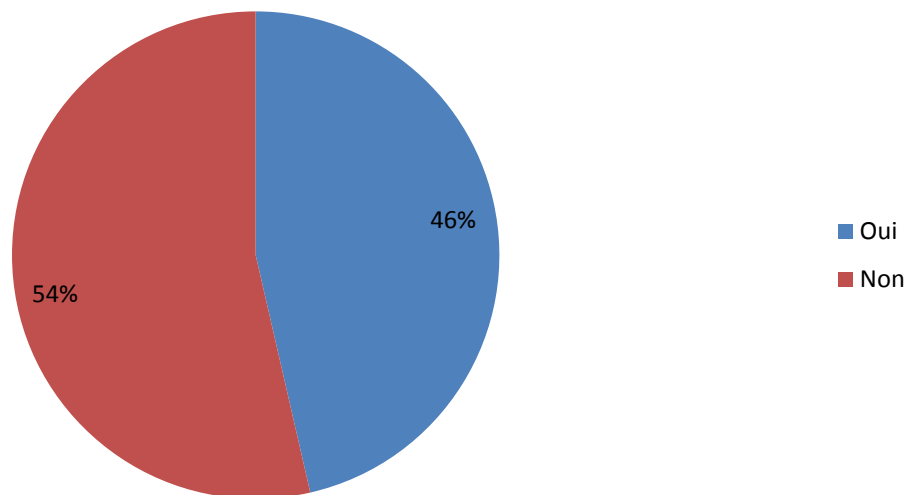


Figure 40: Les ménages de la ville de Khouribga qui sont prêts à payer

On constate que 53.60% des habitants refusent de payer une taxe supplémentaire pour moderniser l'état actuel de la gestion des déchets, par rapport à 46.40% qui acceptent de payer.

Il est constaté également d'après les résultats figurant dans le diagramme (Figure 40) que dans le cas des zones villas ou appartement, les ménages acceptent de payer un plus pour l'amélioration

de la collecte des déchets. Ceci indique que le type d'habitat qui reflète le niveau de vie du ménage, est un facteur à prendre en considération dans la mise en place d'un système amélioré de gestion de déchets, qui doit impliquer les moyens financiers des ménages.

Plusieurs raisons sont avancées par les ménages qui refusent de payer un plus pour l'amélioration de la situation actuelle de la gestion des déchets ménagers tel que le faible revenu, la taxe d'édilité est déjà payé à la commune contre ce service, le service est public, le rôle de l'Etat, ... Les études effectuées dans d'autres pays sur l'applicabilité de la redevance montre que cette outil ne peut être toujours prise comme moyens pour améliorer le secteur ni à assurer l'implication des citoyens, en France, l'étude de François **Benard (2008)** montre que la redevance incitative semble donc être un outil pertinent d'intervention sur les comportements, cependant, **Fullerton et Kinnaman (1995)** ont montré qu'une taxe ou une redevance liée aux volumes d'ordures rejetées, incite les ménages à détourner illégalement leur déchet en les brûlant ou en les déposant dans la nature.

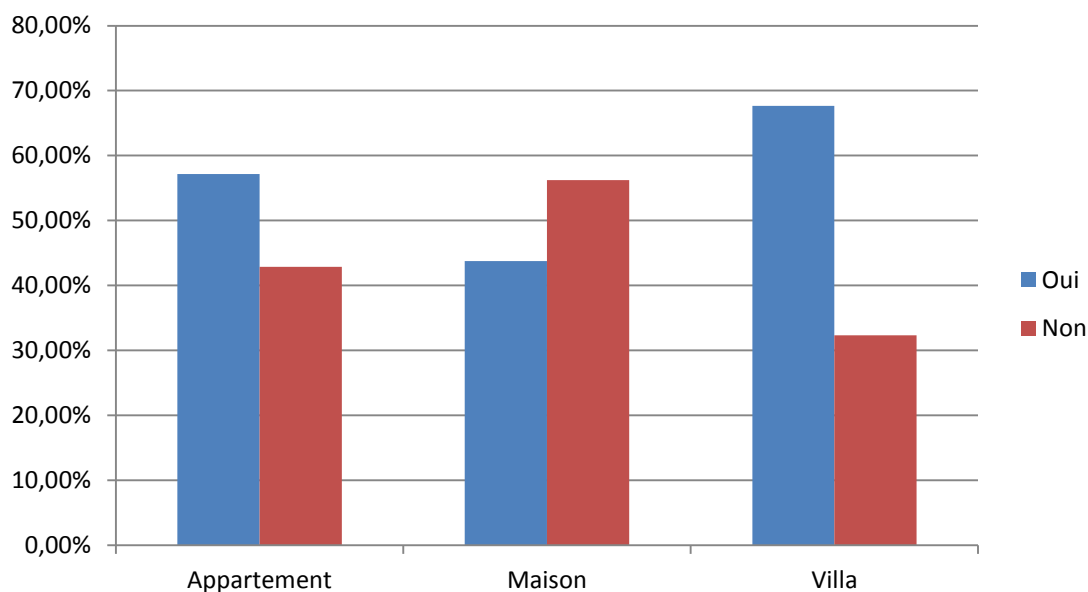


Figure 41 : Ménages de la ville de Khouribga qui sont prêts à payer selon type d'habitat

D'autre part, autres investigations montrent bien que certains ménages exploitent une partie de leurs déchets à travers la vente de certains ordures comme le reste de pains, les bouteilles en verre ou en plastique, surtout les ménages occupants le type d'habitat « maison » dans les quartiers où la densité d'habitation est élevée (Figure 42). Ces habitudes peuvent être réorganisées dans un processus moderne de tri à la source adaptable à ce contexte.

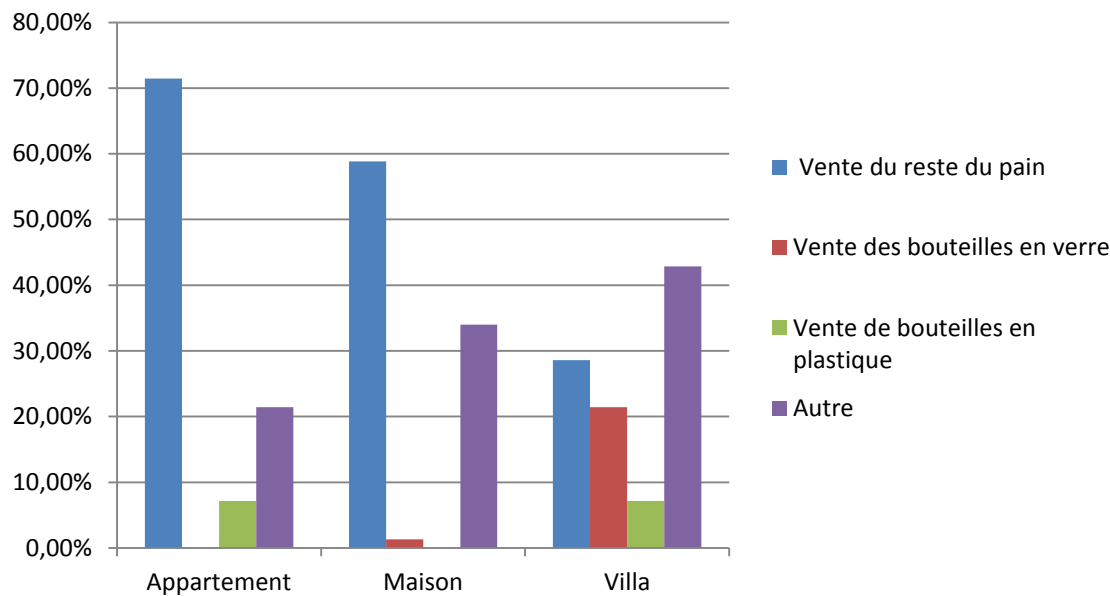


Figure 42 : Les manières dont les ménages de la ville de Khouribga exploitent leurs déchets

Aussi, les ménages sont interrogés sur les moyens nécessaires, selon leur vision, pour bien assurer le tri à la source. D'après les données obtenues de l'enquête, la plupart des ménages propose d'avoir un seau adaptable à cette opération et qui ne doit pas occuper beaucoup d'espace chez eux. Ils ont proposé aussi de leur fournir des sachets en plastiques en fonction de leurs besoins.

Ce résultat montre bien que l'amélioration du degré de collaboration et d'implication des citoyens dans un processus d'amélioration de la gestion des déchets est possible. Cette opération doit s'appuyer sur une bonne sensibilisation des habitants à travers l'explication des dangers qui peuvent résulter d'une mauvaise gestion de déchets et le rôle important que peut jouer chaque ménage dans ce processus. Cette sensibilisation doit toucher tous les habitants indépendamment de leur niveau scolaire et leur niveau de vie.

I.2.4-Conclusion :

Tout geste d'amélioration de la vie et de la santé publique ne peut réussir sans participation de la population intéressée, et toute stratégie de gestion des déchets ménagers nécessite la collaboration entre la commune, la société de la gestion déléguée des déchets et les citoyens. A Khouribga la bonne gestion de déchets nécessite l'implication et la responsabilisation des citoyens.

En effet, malgré le taux de collecte élevé (100%) dans la ville de Khouribga, et le recours des responsables au mode de la délégation des service de collecte des ordures ménagers à une entreprise de métier, la ville souffre encore de l'existence de problèmes causés par les déchets ménagers. Le comportement des citoyens constitue la cause principale des contraintes qui entravent la gestion rationnelle des déchets puisqu'ils perturbent à l'origine l'opération de collecte. En effet, le déchet entant que « métaphore du lien civique » (**Jolivet, 1999**) se traduit par une responsabilité individuelle vis-à-vis de ses déchets (ne pas les abandonner n'importe où, les

trier, ne pas les rejeter n'importe comment) (**Fiorello, 2010**). C'est ainsi que l'incivisme de certains citoyens et le manque de conscience sur les problèmes proliférés par les déchets et leur impact sur l'environnement entravent toute opération d'amélioration. Actuellement, la nécessité d'impliquer les ménages et les responsabilisés dans un nouveau système de collecte s'impose, mais il faut prendre en considération le mode de vie des habitants et leurs habitudes sans oublier le rôle important que joue la femme du foyer dans ce secteur. La relation entre l'individu et son environnement peuvent être aperçu d'après ses comportements vers cet environnement et le plus important est d'assurer la pérennité de ces gestes écologiques à travers la recherche de motivations intrinsèques propres au citoyen de la ville de Khouribga et au citoyen Marocain, « en effet si l'on se penche sur les travaux de **Deci et Ryan (1985, 2004)** sur la motivation intrinsèque, il apparait que celle-ci peut difficilement découler de pressions externes, qu'il s'agisse de sanctions ou de l'octroi de récompense, pourtant la motivation intrinsèque est celle qui permet une plus grande adoption de comportement écologique ainsi que leur persistance dans le temps » (**Fiorello, 2010**).

Aussi, le tri à la source, constitue une phase indispensable dans tout système efficace de gestion de déchets ménagers. Cependant, la possibilité de mise en place de cette opération doit prendre en considération les habitudes quotidiennes des habitants et assurer leur accompagnement (ateliers de sensibilisation, formation organisés au sein des quartiers,...). Le media peut jouer aussi un rôle important pour ce processus.

Tisser une relation écologique entre le citoyen de la ville de Khouribga et son environnement peut exiger des efforts et prendre du temps mais comme a cité **Emmanuelle Le Dorlot (2004)** « protéger l'environnement et gérer de manière écologique les déchets ménagers ont un coût élevé à court terme, un coût mal perçu et mal compris car le long terme n'est pas ancré dans les politiques, les comportements et la culture de tout un chacun ». Pour cela nous invitons les chercheurs à s'investir dans ce domaine qui connait un vide en informations et données relatives au contexte des villes du Maroc.

I.3-Implication des chiffonniers :

I.3.1-Présentation :

Bien souvent le terme « chiffonnier » a un sens péjoratif associé à une personne mal habillée ou se tenant mal, aussi bien dans sa tenue que dans son parler, en Europe et particulièrement en France et en Italie, le chiffonnier était la personne dont le métier consiste à passer dans les villages pour racheter des choses usagées et les revendre à des entreprises de transformation. Ce métier a été exercé en France jusque dans les années 1960.

Dans les pays en voie de développement, le métier de chiffonnier, appelé aussi récupérateurs informels sont des personnes issus de milieux défavorisés et qui prennent en métier d'enfouir dans les poubelles et dans les décharges pour récupérer les objets qui peuvent soit vendre soit réutiliser par eux même.

L'utilité de cette collecte à des fins économiques et industrielles atténue la portée dévalorisante du métier de chiffonnier, le produit des poubelles devenant alors une ressource indispensable. En effet, les chiffonniers alimentent en matières premières l'industrie et le commerce. Ils exercent un

métier qui les conduit à fouiller les poubelles afin d'y prélever des ordures susceptibles de faire l'objet d'une nouvelle utilisation ou d'un recyclage.

Le chapitre IV du plan d'Action 21, programme politique de la communauté internationale adopté lors du Sommet de la Terre en 1992, fournit des constats et des pistes de réflexion utiles dans le cadre de la mise en œuvre d'un développement durable.

Cet accord international, appelé aussi « Agenda 21 » déduit que la modification de ces modes de production et de consommation exigera de mettre en place une stratégie à plusieurs objectifs, axée sur la demande et la satisfaction des besoins essentiels des groupes les plus défavorisés ainsi que sur la réduction du gaspillage et l'utilisation la plus limitée possible de ressources dans les processus de production.

Cette stratégie de développement durable reposera aussi sur une série de principes nouveaux comme le principe d'intégration, l'adoption de ce principe part du constat que la segmentation de la politique, qui conduit à définir et gérer les politiques sociale, environnementale et économique indépendamment les unes des autres (voire même à placer les deux premières au service de l'économie), ne donne pas des résultats durables. En effet, la séparation des approches permet de reporter les coûts d'une politique sur l'une ou l'autre politique voisine, car le type d'intégration recherché par un mode de développement durable n'est pas spontanément rentable pour le marché, bien au contraire, seule une régulation appropriée et le recours aux instruments économiques peuvent assurer une intégration des politiques qui rende accessible simultanément des doubles ou multiples dividendes de leurs impacts (social, environnemental et économique).

C'est dans ce cadre que nous proposons l'intégration de ces acteurs « chiffonniers » dans une stratégie durable de gestion des déchets, il s'agit de structurer ce métier pour qu'il puisse jouer un rôle objectif conduisant ainsi à la réduction du gisement des déchets et l'organisation de la valorisation des types de déchets économiquement rentables.

Sans oublier, que la récupération informelle des déchets au niveau des bacs de collecte et les tournées effectuées par ces récupérateurs pour fouiller dans les poubelles engendrent l'éparpillement des déchets alentours des bacs et l'insalubrité des quartiers.

Aussi, il est connu que les activités de collecte, de tri et de réutilisation de déchets sont des activités fort intensives en main d'œuvre, principalement non qualifiée, d'où le recour à l'économie sociale dans le secteur des déchets et l'idée d'introduire cette population dans notre stratégie d'organisation de la gestion des déchets aura plusieurs impacts positifs soit sur cette tranche de population marginalisé ou même sur le système de gestion de déchets.

Nous proposons dans notre étude l'analyse de ce phénomène afin de retirer le maximum de suggestions susceptibles d'aider à l'élaboration d'une stratégie d'intégration de ces récupérateurs dans un système durable de gestion des déchets.

Objectifs :

- Reconnaître les matières récupérées ainsi que leurs quantités.
- Analyser le profil socio-économique des récupérateurs.

I.3.2-Méthodologie de l'étude :

Afin de mieux cerner la situation sociale des chiffonniers ainsi que les enjeux de leur activité, nous avons eu recours à une méthode qualitative par entretien individuel, pour cela un questionnaire a été élaboré et rempli auprès des chiffonniers.

Un autre objectif de cette enquête est d'avoir plus de données sur le marché de vente des produits sélectionnés par les chiffonniers et les différents circuits de vente de ces matériaux collectés, il s'agit d'acquérir des éléments de description sociodémographiques, ainsi que des éléments de compréhension de l'activité des chiffonniers afin de pouvoir relever les différents types de déchets valorisable et proposer des techniques de leur valorisation.

L'enquête a touché les récupérateurs qui sont dans la décharge et ceux qui font des tournés dans les rues de la ville en fouillant dans les bacs. Pour cela 40 enquêtés ont été interrogés malgré les réticences qu'ils ont approuvées vis-à-vis de cette enquête.

I.3.3-Résultats de l'enquête et discussion :

Au niveau de la décharge plus de 50 chiffonniers sont toujours présents dans la décharge pour fouiller dans les déchets, l'enquête a touché 20 parmi ces chiffonniers, par contre il est difficile de déterminer le nombre exacte des chiffonniers qui fuient dans les bacs de la ville, l'enquête a touché 20 de ces récupérateurs.

Les résultats de cette recherche sont représentés selon les informations socioéconomiques recherchées :

Répartition des chiffonniers selon le sexe :

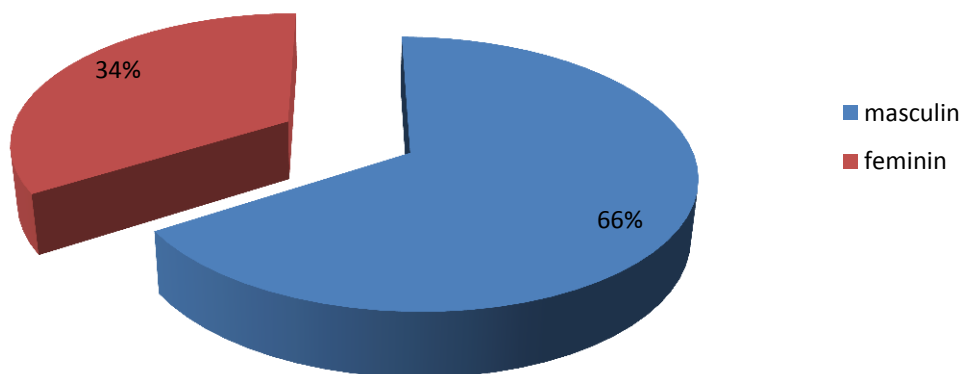


Figure 43 : Répartition des chiffonniers de la ville de Khouribga selon le sexe

La plus part des chiffonniers sont de sexe masculin, mais les femmes sont aussi présentes dans ce métier malgré ses difficultés et son aspect non hygiénique. D'après les contacts effectués, il est a constaté que la pauvreté ainsi que l'absence du père dans le foyer pousse ces femmes à pratiquer ce métier, en effet la plupart de ces femmes sont soit des veuves ou des divorcés.

Répartition selon l'âge :

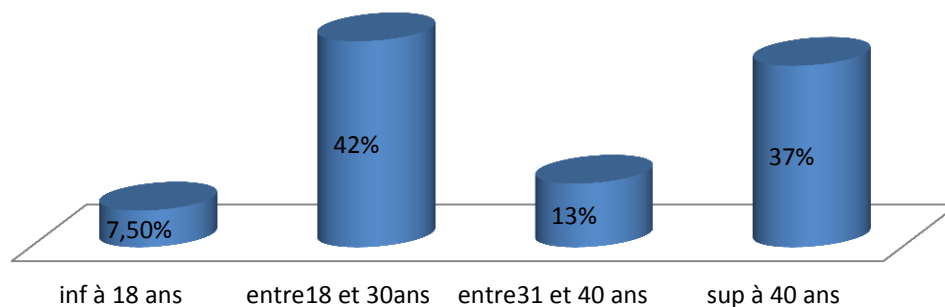


Figure 44 : Réparation des chiffonniers de la ville de Khouribga selon l'âge

Les tranches d'âges les plus dominantes sont les jeunes entre 18 et 30 ans et les plus mûrs d'âge supérieurs à 40 ans.

Ce résultat peut être expliqué par le taux élevé du chômage des jeunes, ce taux est de 16% dans la ville de Khouribga et il est supérieur au taux national.

Les chiffonniers les plus âgés se réfèrent, généralement, à la pauvreté et au manque du savoir d'un autre domaine ou autres métiers

Il est à noter que même des enfants à l'âge de scolarisation pratiquent ce métier, ce qui peut être dû principalement à leur milieu de vie qui les encourage à exercer ces pratiques.

Répartition selon la situation familiale :

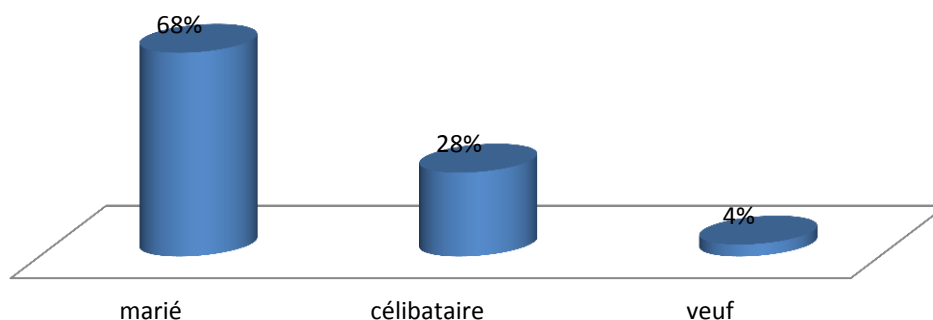


Figure 45 : Réparation des chiffonniers de la ville de Khouribga selon la situation familiale

On constate que la plus part des récupérateurs sont des mariés, la majorité des veufs sont des femmes, donc, la responsabilité familiale ainsi que le coût élevé des charges sociales et économiques que doit supporter le responsable de la famille sont les facteurs qui poussent les récupérateurs à exercer ce métier malgré ses difficultés ses risques voir même l'humiliation.

Le niveau de scolarisation des chiffonniers :

La majorité des chiffonniers sont non scolarisés, ou ont un niveau très bas de formation, la plus part des chiffonniers déclarent avoir abandonné les études à cause de la pauvreté. Aussi on remarque des groupes de récupérateurs qui appartiennent à la même famille, d'où l'influence de l'environnement familiale sur les enfants et les jeunes.

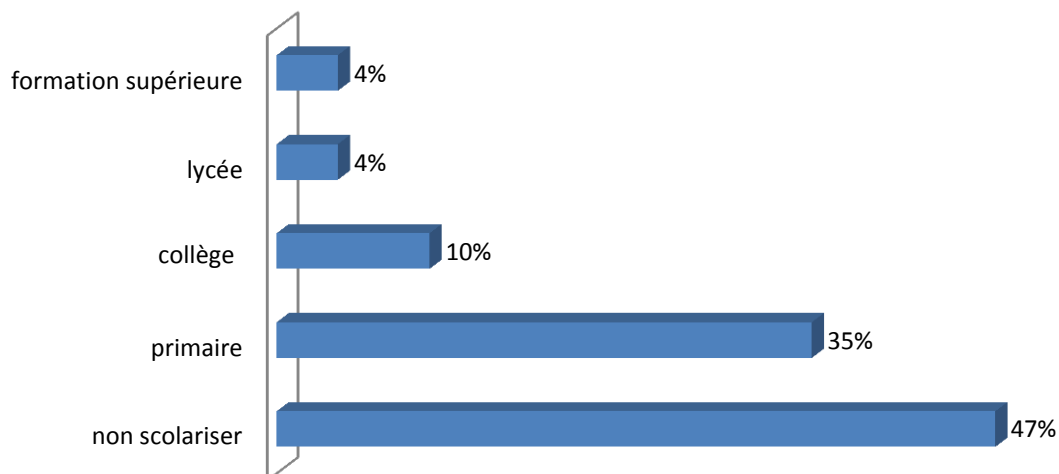


Figure 46 : Le niveau d'étude des chiffonniers de la ville de Khouribga

Milieu d'habitat des chiffonniers :

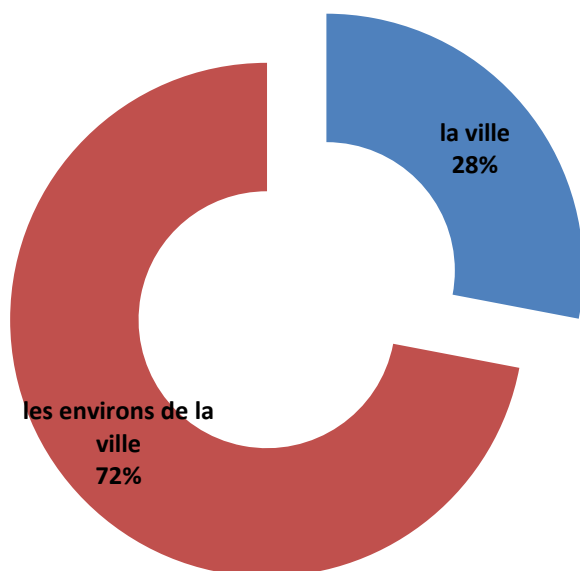


Figure 47 : Milieu d'habitat des chiffonniers de la ville de Khouribga

La majorité des chiffonniers sont issue des entourages de la ville de Khouribga, ce sont soit des agriculteurs habitant dans les zones rurales avoisinantes et ce cas se présente essentiellement pour les récupérateurs de la ville, ou ce sont des gens qui ont choisi d'habiter à proximité de la décharge dans des logements insalubres pour exercer ce métier.

D'autres personnes viennent de la ville pour trier les déchets dans la décharge, et ils vendent ce qu'ils ont collecté aux commerçants grossistes qui viennent au site de la décharge afin d'acheter les matériaux récupérés.

Nature d'habitat des chiffonniers :

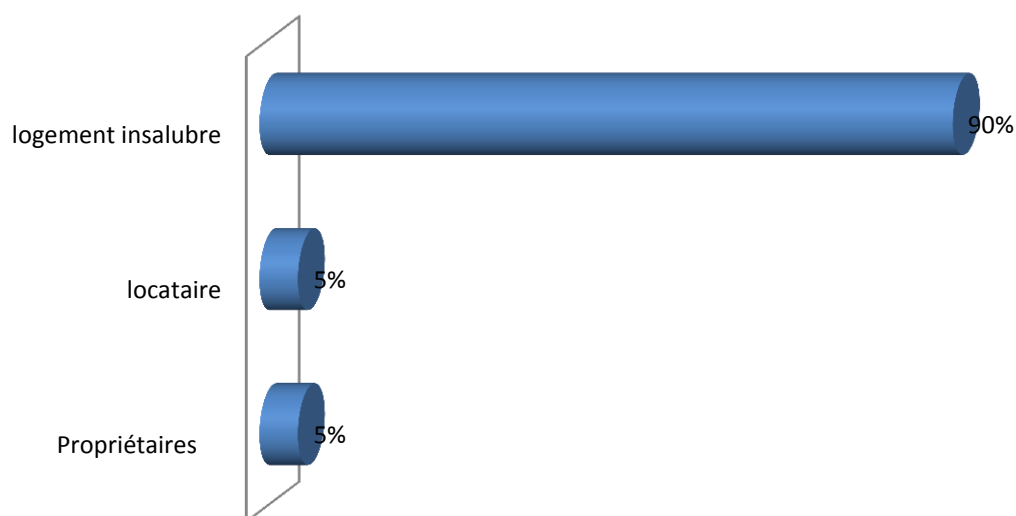


Figure 48 : Type de logement de l'habitat des chiffonniers de la ville de Khouribga

Presque la totalité des chiffonniers sont en logement insalubre ce qui traduit le niveau de vie très bas de cette catégorie de population de la société.

Eloignement du logement au lieu du Travail (décharge ou la ville) :

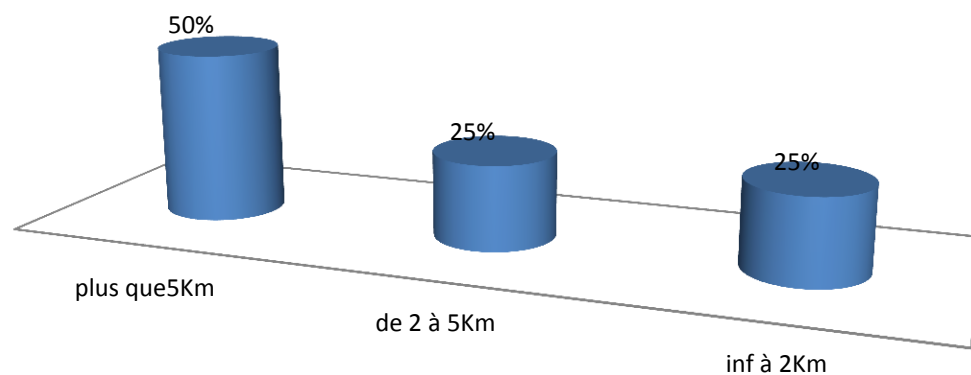


Figure 49 : Eloignement du logement des chiffonniers de la ville de Khouribga à leur lieu du travail

Plus de 50% des chiffonniers parcourent plus que 5 Km chaque jour pour arriver à leur travail. Ce résultat consolide les résultats précédents que la majorité des chiffonniers sont issus des entourages de la ville.

Les moyens de transport utilisés par ces chiffonniers sont les charrettes ce qui cause la perturbation de la circulation dans la ville, aussi renforce l'aspect rural de la zone urbaine, d'où une mauvaise image de la ville.

Ancienneté dans le travail de la récupération:

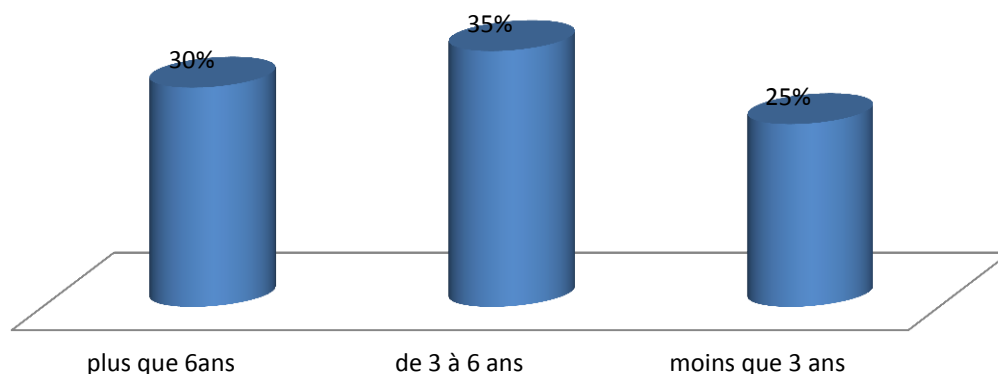


Figure 50 : Ancienneté des chiffonniers de la ville de Khouribga dans le travail

La plus part des chiffonniers ont plus de 3ans dans ce métier, ce qui montre que ces gens considèrent bien la récupération en tant que métier stable leur permettant d'assurer plus au moins leur vie.

Aussi ce résultat montre que ces gens ont acquis une expérience dans ce domaine, malgré que ce métier n'exige pas de compétences spéciales.

Durée de travail journalière :

Les chiffonniers passent un temps très important à trier et fouiller dans les déchets ça peut être expliqué par la quantité importante des déchets produit chaque jour et l'importance des produits récupérés.

Malgré la dureté du travail des chiffonniers, ces gens consacrent leurs temps et leurs efforts dans ce métier, une énergie importante et une main d'œuvre qu'il faut bien orienter et organiser au profil du système de gestion des déchets.

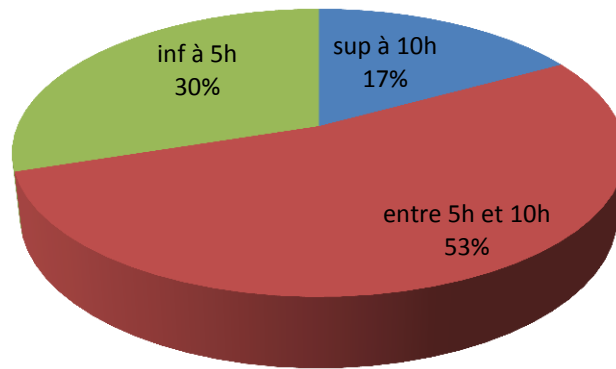


Figure 51 : Durée de travail des chiffonniers de la ville de Khouribga

Les types de maladies fréquents chez les chiffonniers :

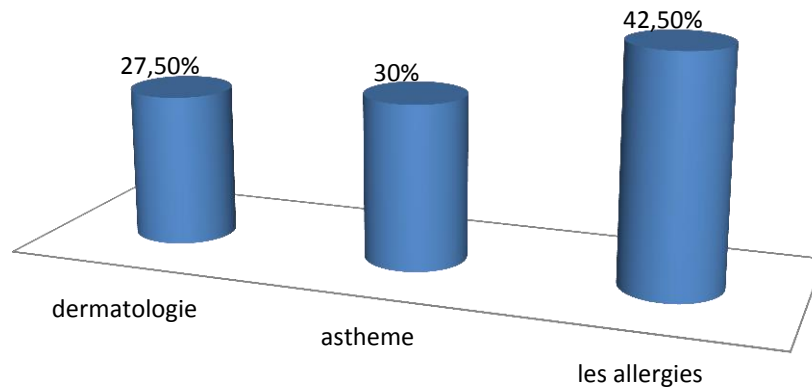


Figure 52 : Type de maladies fréquentes chez les chiffonniers de la ville de Khouribga

Les chiffonniers réclament souffrir de certains maladies principalement les allergies et l'asthme ceci est dû principalement à la nature de leur travail et ses conditions défavorables.

Ces états de santé peuvent engendrer des couts supplémentaires, des malaises et parfois des contaminations qui peuvent être très dangereuses, d'où le risque important que présente les pratiques des chiffonniers (Figures 52) et qui doit être pris en considération le plus vite possible.

Utilisation des outils de protection :

78 % des chiffonniers (figure 53) n'utilisent aucun moyen de protection pendant leur travail, ce résultat renforce bien les déductions précédentes surtout qu'au niveau de la décharge on peut trouver des produits et des outils médicaux (pansement, seringue...) mélangés avec les déchets.

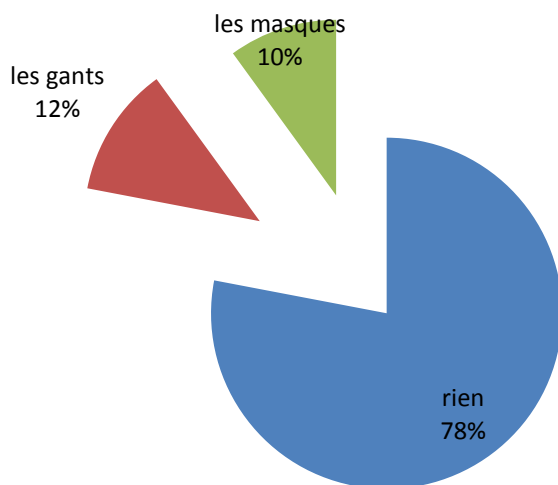


Figure 53 : Utilisation des outils de protection par les chiffonniers de la ville de Khouribga

Les chiffonniers pratiquent un autre travail :

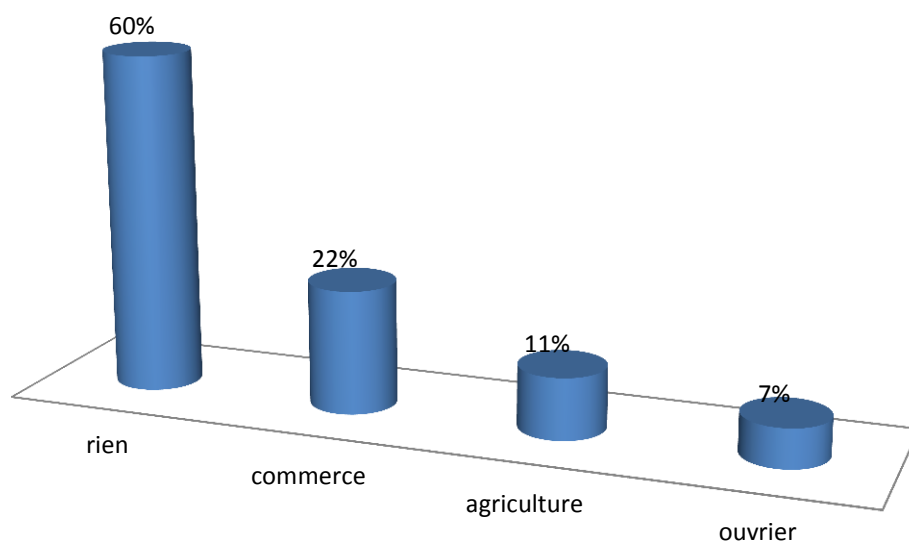


Figure 54 : Pratique d'autre travail par les chiffonniers de la ville de Khouribga

60% des chiffonniers n'ont pas un autre métier, tandis que d'autres chiffonniers exercent le commerce ou l'agriculture en parallèle, le niveau de pauvreté les pousse à chercher des sources de gain financier mais le manque de stabilité professionnelle est fortement ressenti chez ces gens.(Figure 54).

Lieu de stockage des produits récupérés :

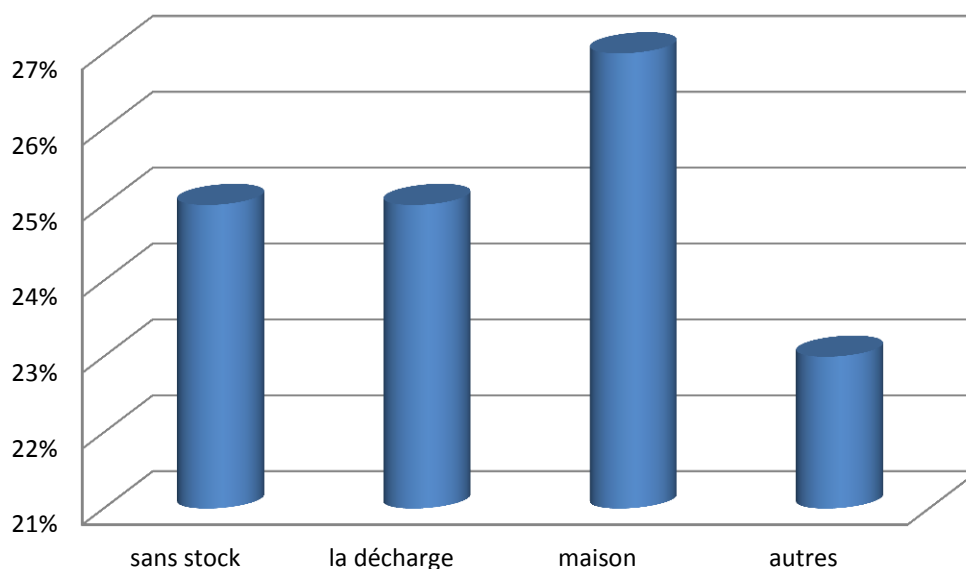


Figure 55 : Lieu de stockage des déchets triés par les chiffonniers de la ville de Khouribga

La plus part des chiffonniers apportent les produits récupérés durant la journée à leurs maisons ce qui expose tous les membres de la famille aux risques de maladies. (Figure 55)

Les chiffonniers exploitent l'espace de la décharge et ses alentours pour stocker les déchets triés ou préfèrent les vendre directement.

Lieu de vente des produits récupérés :

On constate que les chiffonniers de la décharge vendent leurs produits à des intermédiaires, en effet, trois commerçants viennent régulièrement au site de la décharge pour acheter ces produits.

Les chiffonniers de la ville vendent les produits récupérés dans la ville ou à des intermédiaires installés dans la ville.

Le temps de la bonne récupération :

Les chiffonniers affirment que le bon moment de fouillage dans les déchets mise en décharge est le matin, durant cette phase de la journée les chances d'une bonne collecte sont plus élevées.

Par contre les chiffonniers de la ville préfèrent la nuit surtout pour ne pas être reconnu et déranger par les habitants ou autres.

Lieux de la bonne récupération :

Les chiffonniers attestent que les zones de la bonne récupération sont : le centre de la ville et les zones d'habitat de haut niveau (zones villas), en effet, ils arrivent à identifier les sources de récupérations des camions de collecte, le même constat pour les chiffonniers de la ville. Ces zones donnent plus de chances à avoir des objets de valeur importante (Figure 56).

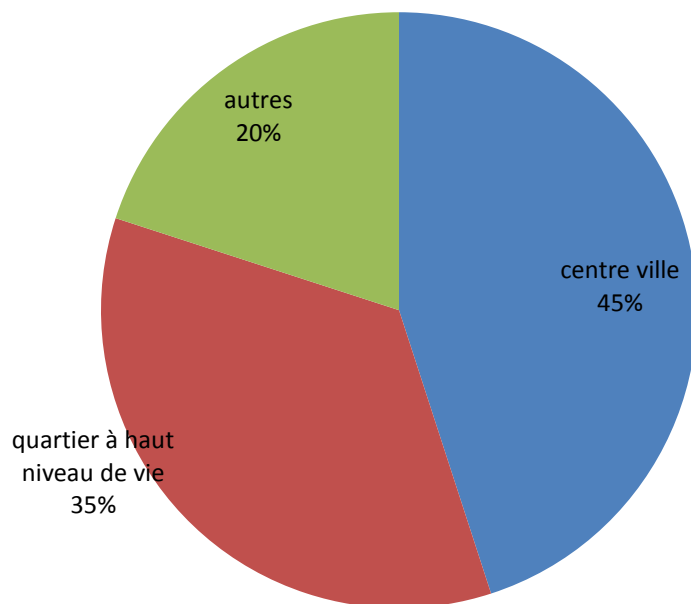


Figure 56 : Zones de la bonne récupération des déchets de la ville de Khouribga

Estimation de gain journalier :

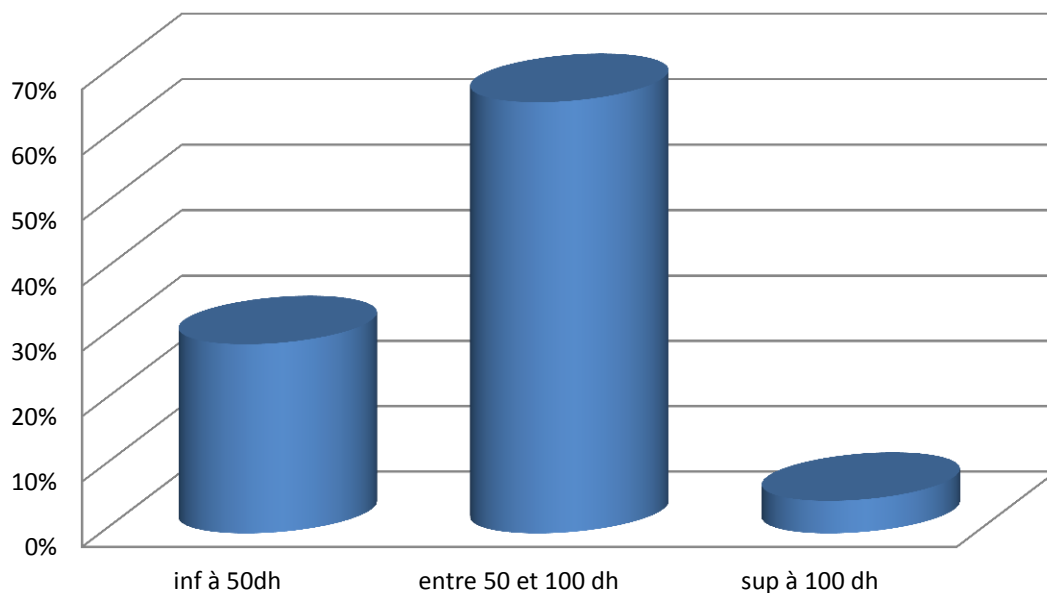


Figure 57 : Gain journalier des chiffonniers de la ville de Khouribga

D'après ces résultats on peut déduire que la moyenne du revenu journalier des chiffonniers est comprise entre 50 et 100dh. Le gain journalier dépend de la nature et la quantité des produits récupérés (Figure 57).

Prix de vente des produits :

Selon les entretiens avec les chiffonniers les prix de vente des produits sont comme suit :

Tableau 29 : Prix de vente des produits recyclables dans la ville de Khouribga (enquête)

Nature du produit	Prix de vente (dh/kg)
Carton	0,50 à 2
Plastique	1
Fer	1,50 à 2
Verre	0,50 à 1
Aluminium et cuivre	7
Os	0,30 à 0,50
cuir	10 à 20

Quantités récupérés :

Chaque récupérateur déclare récupérer entre 3 à 10 Kg de produits par jour :

Tableau 30 : Quantités récupérés des matières recyclables dans la ville de Khouribga (enquête)

Produit	Quantité récupéré Kg/personne
Carton et papier	2 à 12
Vert	6 à 20
Fer	1 à 16
Cuir	0 à 2
Aluminium	0,5 à 2

Organisation du travail des récupérateurs :

Le travail des chiffonniers est réparti entre eux selon les zones de collecte et de trie, certains groupe se divisent les tâches entre eux dans la même zone. Cela montre l'esprit de solidarité qui règne entre les chiffonniers, un esprit qui peut être expliquer par plusieurs facteurs communs entre ces gens : (Figure 58)

- Ils sont issus des mêmes origines et mêmes conditions de vie.
- La nature du métier
- Leur perception vis-à-vis de ce métier

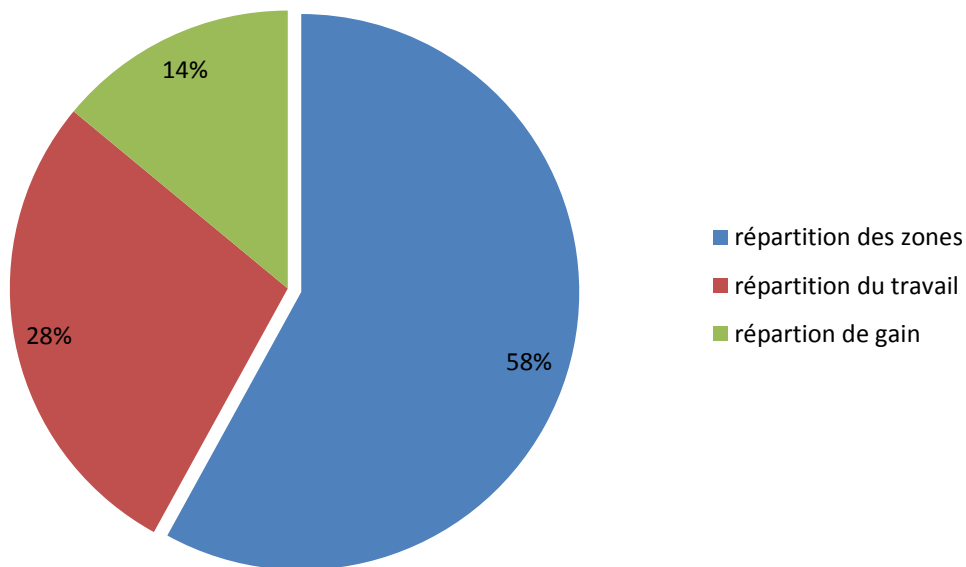


Figure 58: Méthodes d'organisation des récupérateurs dans la ville de Khouribga

Les chiffonniers acceptent-ils ce travail ?

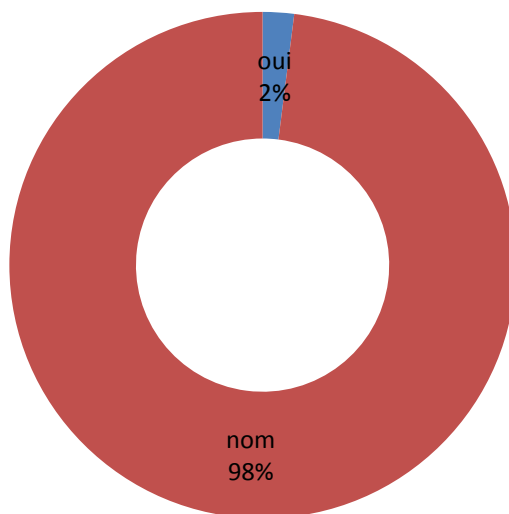


Figure 59 : Acceptation du travail par les chiffonniers dans la ville de Khouribga

La majorité des chiffonniers ne sont pas satisfaits de leur travail et même ils sentent la haine pour leur situation, parmi eux ceux qui responsabilisent les autorités et le gouvernement de cette situation, ils se sentent écartés et refusés par la population.

Ces sentiments d'infériorités et de marginalisation peuvent donner naissance à d'autres phénomènes non civiques.

I.3.4-Conclusion :

La dite recherche propose l'introduction du principe de l'économie sociale, ce principe enrichira le secteur du recyclage des déchets, un créneau qui apporte beaucoup de richesse sur le plan économique et donne une solution pour le traitement de certains types et quantités de déchets. En utilisant un des principes de la gestion durable qui est le recyclage ceci permettra de diminuer le gisement des déchets à mettre à la décharge.

Ce principe a donné des résultats très positifs dans d'autres pays citant par exemple quelques expériences :

- Au Québec, une expérience de chiffonniers, ce sont des boutiques où sont remis en marché des articles usagés en bonne condition, récupérés par la Ressourcerie. On y vend également quelques produits écologiques et / ou équitables. Occasionnellement, la boutique propose des produits neufs provenant de faillites ou de fins de ligne. Les revenus des ventes servent à rémunérer le personnel, à payer l'hypothèque, le camion et les frais de cueillette, le tri et autres frais fixes.
- Le Service d'entraide de Saint-Romuald a mis sur pied le Chiffonnier, Le Chiffonnier est une entreprise d'économie sociale, écologique, économique et communautaire opérée par des bénévoles. Des vêtements, des meubles, des jouets, des livres, de la vaisselle et des items usagés, donnés par la population, sont sélectionnés et placés dans le magasin.
- La première ressourcerie de la capitale Paris a été inauguré en 2007 à l'occasion de la journée mondiale de l'environnement, En Mars 2014, ce sont 7 structures soutenues par la Mairie de Paris qui collectent, réemploient et valorisent les objets dont les usagers souhaitent se débarrasser.

Cette recherche propose de réorganiser un service incomplet et irrégulier en structurant une activité informelle qui peut jouer un rôle important dans la protection de l'environnement. Pour assurer l'implication et la structuration de ce secteur la mise en place des axes suivants est indiquée :

- L'engagement et l'adoption des autorités locale et principalement la Commune de Khouribga de la nouvelle vision.
- Donner des licences de collecte à des chiffonniers en leur assurant une formation et un suivie, afin d'assurer leur implication correcte dans la nouvelle vision.
- Interdire toute collecte ou tri de déchets sans autorisation préalable.
- Créer des ressourceries : Une ressourcerie est un lieu où sont collectés tous les objets et matériaux dont leurs propriétaires n'ont plus besoin. Elle gère, sur un territoire donné, un centre de récupération, de valorisation, de revente et d'éducation à l'environnement. Son activité est inscrite dans le schéma de gestion des déchets du territoire.
- La Ressourcerie met en œuvre des modes de collecte des déchets qui préservent leur état en vue de les valoriser prioritairement par réemploi/réutilisation puis recyclage
- Inciter et encourager les habitants à s'impliquer dans cette vision.
- Encourager la vente des produits recyclés.
- Création de petites entreprises de recyclage et valorisation des déchets.

Pour les chiffonniers de la décharge leur implication dans un centre de tri des déchets dans le projet de centre d'enfouissement intercommunal assurera une main d'œuvre expérimenté dans ce domaine aussi capable de supporter les difficultés et les particularités de ce métier.

I.4-Valorisation des flux directs des déchets :

I.4.1-Présentation :

Cette partie étudiera la possibilité de valoriser certains types de déchets ménagers par compostage, les déchets sélectionnés sont les déchets des marchés de poissons de volailles et les déchets de l'abattoir, ces déchets présentent des caractéristiques similaires à savoir :

- Leurs points de collecte sont tous gérés par la commune, d'où les orienter vers un système de gestion de déchets est plus facile et accessible.
- Le flux des déchets générés par ces points peut assurer une livraison continue de déchets.
- La nature de ces déchets peut après un traitement spécifique être utilisé comme des produits fertilisants dans le domaine de l'agriculture ou être utilisé dans l'industrie de production d'aliments pour animaux.

Dans cette partie il est proposé également la valorisation thermique des déchets en les utilisant en tant que combustible.

I.4.2-Matériels et Méthodes :

La méthode suivie dans cette partie est la quantification et l'analyse des flux des déchets sélectionnés, chaque point a été suivi et évalué afin de savoir les quantités des déchets générés et ses caractéristiques.

Un suivi de trois mois (le premier trimestre de l'année 2014) a été assuré selon un programme qui précise le tonnage collecté au niveau du marché de poisson, des marchés de volailles et l'abattoir.

I.4.3- Résultats et discussions :

I.4.3.1-Valorisation des déchets de poissons :

Chaque année, des milliers de tonnes de déchets de poisson sont enfouis dans la décharge où les relents nauséabonds des déchets putrides attirent mouches, rats et autres animaux nuisibles. Ces quantités de déchets qui augmentent suite à l'augmentation de la population et aussi à l'intérêt que donne actuellement le citoyen à la consommation du poisson. La valeur nutritive et la nature de sa viande et également les conseils des professionnels en nutrition qui ont favorisé la consommation du poisson. Les quantités de déchets générés par ce type d'aliment considéré aussi un déchet ménager poussent à réfléchir comment profiter de ce déchet en le valorisant.

Plusieurs projets ont montré que la valorisation des déchets de poissons est un secteur prometteur, citant par exemple, les travaux de la Section développement et formation (pêche côtière) du Secrétariat général de la Communauté du Pacifique qui a organisé un projet pilote de production d'ensilage de poisson à partir des déchets de la pêche, dans le but d'en faire de l'engrais et/ou un complément alimentaire pour animaux. Le projet s'est déroulé sur l'île de Lifou (îles Loyauté, Nouvelle-Calédonie), à Wé, où la poissonnerie locale transforme plusieurs tonnes de poisson

chaque mois (**Angus McNeill, Michel Blanc, et Kim Des Rochers, 2008**). Ce projet consisté à ensiler les déchets de poissons, Le poisson ensilé forme un liquide organique fabriqué exclusivement à partir de déchets de poisson broyés (ex. : têtes, viscères, peau et cartilage). Ces déchets, riches en minéraux, oligo-éléments, nutriments complexes et acides aminés, peuvent servir d'engrais pour amender les sols ou de complément alimentaire dans les aliments pour animaux. Le rapport montre également que « l'ensilage de poisson peut être produit à petite échelle à l'aide d'un broyeur manuel, dont un prototype a été testé avec succès à Lifous » (Angus McNeill, Michel Blanc, et Kim Des Rochers, 2008).

Aussi, dans la région de Rhône-Alpes une étude sur « la faisabilité du conditionnement et de la valorisation des déchets des ateliers de transformation de poissons régionaux » (**ADAPRA, 2002**) est réalisé dans le cadre du Pôle d'expérimentation et de progrès sous l'identifiant 1999/2, « les résultats des travaux de compostage sur le site ONYX d'Aubenas ont permis de valider la faisabilité d'un compostage à partir de déchets de poissons selon deux procédés avec un produit fini et stabilité au niveau du processus de fermentation ».

La transformation de ces déchets de poisson en produits utiles permet de valoriser une ressource qui, en autre temps, reste inexploitée et gâchée, et peut offrir aux populations insulaires une source de bon marché d'engrais organique. Le but de convertir les déchets de poisson générés en un sous-produit intéressant sur le plan commercial.

Dans notre cas, nous avons en premier temps quantifié les déchets de poissons et leur localisation dans la ville, pour mettre en évidence par la suite les possibilités techniques et économiques de la valorisation de ces déchets à travers le co-compostage on peut obtenir des aliments pour animaux, des engrais,...

Evaluation de la quantité de déchets de poissons produite dans la ville de Khouribga :

La ville de Khouribga dispose de trois marchés permanents de vente de poissons, en plus des marchands ambulants. La vente de poisson est plus intense durant trois jours de la semaine (mardi, jeudi et samedi) les tableaux suivants détaillent les quantités de poisson vendu par semaine :

Tableau 31: Vente de poisson dans la ville de Khouribga

Lieu de vente	Quantité vendu (Kg/semaine)
- Marché quartier khwadria	260
- Marché quartier Qods	450
- Marché quartier El Hoboub	21180
- Marchands ambulants	20880
Total par semaine	42770

La quantité total des poissons vendu dans la ville est de 42770 Kg par semaine soit à peu près 2053 tonne/par an, cette quantité de poisson consommé peut générer environ 513 T/an de déchets.

Durant notre recherche nous avons également observer les camions de collecte des déchets en provenance du marché de poisson du quartier Elhoboub puisqu'il constitue le principal point de vente du poisson dans la ville, ces déchets sont traité de la même manière que les déchets ménagers, ils sont mis à la décharge malgré leur taux d'humidité qui est très élevé et qui produit des écoulement de Lixiviats.

Malgré que la quantité totale d'environ 513 T/an ne constitue pas un flux de déchets important en comparaison avec les expériences citées en haut, mais reste importante pour une création d'une petite unité industrielle de valorisation des déchets de poisson même de type artisanale.

Aussi la faisabilité d'une collecte régionale qui permettrait le traitement et le regroupement des déchets pour une valorisation sur un seul site doit être approfondie et devra être étudiée pour montrer l'intérêt économique pour les professionnels par rapport aux coûts de transport et d'enlèvement. Malgré que cette option présente d'autres avantages qui doivent aussi être prise en considération tel que :

- L'exploitation d'une source de déchets qui reste inexploitée et gaspillée.
- Réduire les quantités de déchets mise en décharge et leurs impacts.
- Réduire les coûts de gestion des déchets par la commune.
- La valorisation ne demande pas de main d'œuvre qualifiée (selon l'étude réalisée sur l'île de Lifou)
- Génération de richesses et d'emplois.

I.4.3.2-Valorisation des déchets de volailles :

Compte tenu de son prix relativement plus bas par rapport aux autres types de viandes, la viande de la volaille est consommée par l'ensemble de la population et constitue le recours du consommateur. C'est ainsi que la consommation et la production des volailles au Maroc a connu une grande augmentation. La ville de Khouribga dispose de trois marchés de volaille de vente, avec plus que 25 points de vente. Dans le site de ces marchés des points constituant des petits abattoirs de volaille traditionnelle assurent le nettoyage des poules achetées par les consommateurs. Ces pratiques engendrent des quantités énormes de déchets de volaille évacués dans les bacs avoisinantes aux marchés afin d'être récupéré par les services de collecte. Ces bacs reçoivent d'autres déchets ménagers et assimilés ce qui les rendent des points noirs. Aussi, à cause de la nature de ces déchets, un taux d'humidité très élevé, la génération de lixiviats aux alentours de ces bacs est importante, ceci entraîne l'attraction des insectes et des animaux.

L'étude propose la valorisation de ces déchets par compostage en transportant les flux des déchets produits au niveau de ces marchés vers des petites unités de valorisation.

En fait, par le biais de cette méthode, on peut assurer la baisse des quantités de déchets mise en décharge et la protection des zones des marchés ce qui rendent les quartiers salubres.

I.4.3.3-Valorisation des déchets de l'abattoir :

Khouribga dispose d'un abattoir qui assure la livraison de viande rouge au niveau de la ville. La gestion de l'abattoir est assurée par la commune. Les déchets générés au niveau de l'abattoir sont collectés par les services de l'entreprise privée et mise en décharge comme tous les déchets ménagers de la ville. Ces déchets présentent un taux d'humidité très élevé vu la nature de la méthode utilisée dans l'abattoir et la consommation importante de l'eau pour le nettoyage des lieux.

Finalement, afin de quantifier le tonnage exacte de collecte des déchets de ces sources proposés pour la valorisation, un programme de suivi a été assuré par l'enquête durant le premier trimestre de l'année 2014. Le tableau des résultats est le suivant :

Tableau 32 : Quantité des déchets collectés au niveau des marchés poissons et volailles et de l'abattoir dans la ville de Khouribga

Période	Quantités des déchets collectés (tonnes)		
	Marché de Poisson	Marchés de volailles	Abattoir
Janvier 2014	21,500	146,340	68,310
Février 2014	25,010	119,470	94,520
Mars 2014	26,120	147,830	70,100
Total trimestre	72,630	413,640	232,930
Estimation du total annuel	290,520	1.654,920	931,720
Total des déchets	2.876,800		

On remarque d'après les résultats obtenus que les quantités sont très importantes, notant que ses quantités augmentent dans les autres trimestres vue le changement du climat (élévation de la température).

Ainsi, la quantité de ces déchets représente plus que 6% du total des déchets. Les déchets de volailles représente la plus grande quantité suivie par les déchets de l'abattoir et par la suite les déchets des poissons. Ceci est dû aux habitudes de consommation des habitants et leur niveau de vie.

I.4.3.4-Valorisation énergétique :

C'est que dernièrement, et précisément le 20 Juin 2014, une convention a été signée entre l'association professionnel des cimenteries et le Ministère délégué chargé de l'environnement pour l'exploitation des déchets entend que source d'énergie dans les usines de cimenterie. L'étude vise l'utilisation de ce concept pour le reste des déchets non recyclés et non compostés et qui peuvent constituer un combustible pour la cimenterie sachant que à 20Km de la ville de Khouribga une cimenterie a été implanté et fonctionne avec une capacité de 3600 tonnes/jour, cette proximité qui diminuera les frais de transport des déchets et contribuera à la diminution des quantités des déchets peut constituer également une source financière pour la commune de Khouribga.

I.4.4-Conclusion :

Les méthodes proposées contribueront à une réduction importante de déchets et à leur valorisation via un traitement spécifique. Ils présentent plusieurs avantages à savoir que :

- Le flux de ses déchets est permanent, vu que le fonctionnement de ces points est en permanence durant tous les jours de la semaine. Les déchets produits de ces points sélectionnés sont en quantités importantes et en augmentation annuelle à cause de l'évolution de la population et de l'amélioration du niveau de vie des habitants. Ces paramètres assureront un flux de déchets de poisson, de volaille et des déchets de l'abattoir en continu et avec des quantités importantes.

- Les types de déchets sélectionnés présentent un taux d'humidité très élevé, ce paramètre contribue à la production élevé de Lixiviats qui constitue un facteur de nuisance de

l'environnement soit au niveau de l'étape de collecte des déchets soit à la décharge, d'où le traitement de ces flux indépendamment protégera le milieu environnemental locale.

- Le transfert de ces flux de déchets vers des unités de traitement contribuera à la réduction des quantités des déchets et par la suite diminuera les charges de la collecte et de la mise en décharge.

- L'élimination des flux de déchets sélectionnés contribuera à la réduction des quantités totales des déchets ce qui favorisera l'exploitation positive de la mise en décharge et diminuera les espaces dédiés à l'enfouissement des déchets.

- L'élimination d'un type de déchets qui cause l'attractivité des insectes et des animaux soit au niveau des bacs soit dans le site de la décharge engendrent une réduction des risques de l'insalubrité et des problèmes probables sur la santé humaine.

Par conséquent, la création d'une petite unité de valorisation de ses déchets par le biais du compostage, joueront un rôle important soit : i) sur le plan économique par la création des ressources financières, ii) soit sur le plan environnemental par le traitement de ces déchets, iii) aussi sur le plan social par la création de l'emploi surtout qu'il s'agit d'une région qui présente un taux de chômage de 16% supérieur au taux moyen national (9%).

Afin d'assurer un flux de déchets plus important, ces unités peuvent aussi s'approvisionner des déchets des autres centres urbains existants à proximité de la ville de Khouribga. Citant que la situation géographique de la ville favorise d'avantage cette opération puisqu'elle est dans la région centre et lié avec un réseau routier important.

La décision de la commune s'oriente aussi vers l'utilisation de ses déchets dans l'industrie de fabrication d'aliment pour les animaux. Le développement de cet axe constituera un créneau de richesse surtout que la politique gouvernemental encourage la création de petites et moyennes entreprises. Cependant, cette voie de valorisation doit être prise avec précaution surtout suite aux grandes épidémies générées par les farines d'origine animales.

Pour ainsi dire, ses voies de valorisation de ses déchets sont très intéressantes puisqu'ils font introduire aussi l'économie sociale dans la résolution des problèmes. Cette orientation converge parfaitement vers la vision de l'Etat Marocaine dans le domaine de l'économie social.

I.5-Projet de la construction d'une décharge contrôlée dans la commune de L'MFASIS pour la province de KHOURIBGA :

Le projet de construction de la décharge contrôlée pour la province de Khouribga s'intègre dans la politique marocaine de développement durable et en accord avec le PNDM, en effet le regroupement de plusieurs communes existantes dans la même région pour l'exploitation du même site de décharge est un des axes indiqué dans le PNDM en créant des décharges contrôlés appelés centre d'enfouissement, le projet de la décharge intercommunale de la province de Khouribga sera conçu, réalisé et exploité de manière à réduire les émissions, les quantités de déchets générées ainsi que la consommation d'eau et d'énergie, en accord avec la

réglementation marocaine en matière de Protection de l'Environnement, et dans le but de contribuer à l'amélioration de la qualité de l'environnement dans la province ainsi qu'à l'échelle nationale.

La future décharge contrôlée provinciale de Khouribga est projeté à environ 17 km au sud de la ville de Khouribga sur la route provinciale RP 3503 (voir en annexe). Elle aura une dimension pour contenir les déchets ménagers et assimilés produits par toutes les communes de la province sur une période de 30 ans. La superficie qui sera dédiée à la décharge couvre près de 41 ha . Les communes concernées sont des communes urbaines : Khouribga, Bejaad, Boujniba, Hattane, Oued Zem et des communes rurales : Ain Kicher, Béni Bataoui, Béni Zrentel, Boukhriss, Chougrane, Ouled Gouawach, Rouached, Tachraft, Bir Mezoui, Béni Yekhlef.

Cette décharge disposera aussi des équipements requis pour la protection de l'environnement constitués notamment par :

- Des casiers ;
- Un bassin de Lixivias ;
- Un pont bascule ;
- Une clôture du site pour contrôler les accès ;
- Le matériel roulant pour la mise en décharge.

Le site choisi pour accueillir ce projet a l'avantage d'être au bord de la route provincial RP 3503, invisible à partir de la route. L'estimation du coût de mise en œuvre et le financement de la mise en décharge des déchets s'élève à 489,68 millions de dirhams par an. Alors que Le cout de mise en œuvre et le financement de la réhabilitation de la décharge et de la surveillance environnementale s'élève à 31,5 millions de dirhams.

A cette fin, le projet « Décharge contrôlée pour la province de Khouribga » envisage de :

- Séparer les rejets huileux de ceux non huileux lors de la phase de construction et d'exploitation du site de la décharge ;
- Collecter, trier et mettre en décharge contrôlée ou publique les déchets solides générés durant toutes les phases du projet ;
- Confiner les huiles usées qui seront valorisées en four de poteries ou de briqueterie ou encore de cimenterie ;
- Etanchéifier les bassins de Lixivias et les casiers par la compaction de l'argile du site ou l'usage de la géo membrane si le taux d'imperméabilité n'est pas atteint ;
- Mettre en décharge contrôlée les déchets ménagers et assimilés de la province de Khouribga en respectant le cadre législatif et règlementaire en vigueur.

Ce projet « de décharge contrôlée provinciale de Khouribga », s'inscrit dans la stratégie de développement durable de la province. En fait, il vise un double objectif :

- Créer des aménagements et des équipements pour améliorer les conditions du cadre de vie de la population et du cadre de travail des récupérateurs informels ;
- L'enfouissement des déchets produits par ces communes selon les normes de protection de l'environnement.

CHAPITRE II : APPLICATION DES TECHNIQUES AMC AU CHOIX DU SYSTEME DE GESTION DES DECHETS MENAGERS

II.1-Introduction :

Les méthodes d'analyse multicritère (AMC) ou, plus exactement, les méthodes d'aide multicritère à la décision sont des techniques assez récentes et en plein développement. Par leur manière d'intégrer tout type de critères, ces procédures semblent mieux permettre de se diriger vers un judicieux compromis plutôt qu'un optimum souvent désuet.

La prise de décision Multicritères (PDMC) est une branche d'une classe générale de modèles de recherche opérationnelle portant sur des problèmes de décision avec présence d'un certain nombre de critères de décision. Ces méthodes partagent des caractéristiques communes d'antagonismes entre les critères, les unités sont incomparables et aussi des difficultés dans la sélection des alternatives.

Chaque système alternatif de gestion a ses propres conséquences d'un point de vue social, environnemental, financier et technique. En outre, les critères employés pour déterminer ces conséquences sont souvent contradictoires et d'une importance non égale.

Dans nombreux travaux de recherche, ces méthodes AMC sont utilisées, entre autres, pour prévenir surtout aux problèmes environnementaux liés principalement à la gestion des déchets. À titre indicatif, elles ont été appliquées comme un outil d'aide à la décision pour :

1. La sélection de la technologie la plus appropriée pour le nettoyage des sols polluants (**Hokkanen & Salminen, 1997**) ;
2. L'évaluation et la sélection des technologies de traitement/gestion des déchets (**Hokkanen & Salminen, 1997; Kokot et al., 1998**) ;
3. L'attribution des sites pour les usines de gestion des déchets et des sites d'enfouissement (**Calijuri et al., 2004; Dulmin & Mininno, 2003; Keller et al., 1991**).

Le choix d'un système de gestion approprié pour la gestion des déchets solides domestiques concerne différents utilisateurs. Ces utilisateurs ont leurs propres objectifs et priorités et il est possible qu'une bonne alternative pour un utilisateur ne soit pas nécessairement bonne pour un autre utilisateur.

Ainsi, dans cette section on présente les critères de la méthode de décision qui soutiennent le choix du meilleur système de compromis pour le traitement des déchets solides domestiques à la ville de Khouribga. La constitution d'un ensemble des systèmes alternatifs, le choix d'une liste de critères appropriés pour évaluer ces systèmes alternatifs et le choix des systèmes de gestion appropriés sont également présentés et analysés. Puis, un plan pour une gestion efficace des déchets solides domestiques produits à Khouribga a été développée.

II.2-Présentation des techniques AMC :

Toutes les approches AMC rendent explicites les options et leur contribution aux différents critères et exigent, l'exercice du jugement. Elles diffèrent toutefois dans la façon dont elles combinent les données. Des techniques formelles de l'AMC donnent généralement un système relatif de pondération explicite pour les différents critères. Le rôle principal de ces techniques est de faire face aux difficultés reconnues par les décideurs dans le traitement de grandes quantités d'informations complexes de manière cohérente. Les techniques AMC peuvent être utilisées pour identifier l'option la plus préférée, classer les options, lister un nombre limité d'options pour évaluation ultérieure, ou, tout simplement, pour distinguer les possibilités acceptables et inacceptables.

Critères de sélection des techniques AMC

Les critères utilisés pour la sélection des techniques AMC sont les suivants :

- La cohérence interne et la solidité logique ;
- La transparence ;
- La facilité d'utilisation ;
- Les exigences relatives aux données compatibles avec l'importance de la question examinée ;
- Le temps de réalisation et les besoins en ressources de main-d'œuvre pour le processus d'analyse ;
- La capacité de fournir une piste de vérification ; (audit)
- La disponibilité des logiciels, le cas échéant.

L'analyse multicritère établit des préférences entre les différentes options par référence à un ensemble explicite des objectifs que les décideurs ont identifiés, et pour lesquels ils ont établi des critères mesurables pour évaluer l'importance dans laquelle les objectifs ont été atteints. Dans des simples circonstances, le processus d'identification des objectifs et des critères peut seul fournir suffisamment d'informations pour les décideurs. Toutefois, si un niveau de détail est nécessaire, l'AMC propose un certain nombre de façons de pouvoir regrouper les données sur des critères particuliers pour fournir des indicateurs de la performance globale des options.

Matrice de performance

Une fonction standard de l'analyse multicritères est la matrice de performance, appelée aussi tableau de conséquences, dans lequel chaque ligne décrit une option et chaque colonne décrit la performance des options selon chaque critère. Les évaluations de la performance individuelle sont souvent numériques, mais peuvent aussi être exprimées sous forme de scores (points), ou des codes de couleur. Dans la forme de base de l'AMC, cette matrice de performance peut être le produit final de l'analyse. Les décideurs sont alors laissés avec la tâche d'évaluer l'importance dans laquelle leurs objectifs sont atteints par les entrées de la matrice. Un tel traitement intuitif des données peut être rapide et efficace, mais il peut aussi conduire à l'utilisation des hypothèses injustifiées, entraînant le classement incorrect des options. Dans les techniques AMC analytiquement plus sophistiquées, l'information contenue dans la matrice de base est

généralement convertie en valeurs numériques compatibles.

Attribution des scores et des poids

Les techniques AMC s'appliquent généralement à l'analyse numérique d'une matrice de performance en deux étapes :

1. Attribution des scores : les conséquences attendues de chaque option se voient attribuer un score numérique sur une échelle de force de préférence pour chaque option pour chaque critère. Plus l'option est préférable plus seront les scores élevés sur l'échelle, et moins l'option est préférable moins seront les scores. Dans la pratique, des échelles s'étendant de 0 à 100 sont souvent utilisés, où 0 représente une option réelle ou théoriquement la moins préférable, et 100 est associé à une option réelle ou théoriquement la plus préférable. Toutes les options envisagées dans l'AMC seront alors comprises entre 0 et 100.

2. Attribution des poids : les poids numériques sont affectés pour définir, pour chaque critère, les valeurs relatives d'un décalage entre le niveau le plus haut et le plus bas de l'échelle choisie.

Les programmes mathématiques, qui peuvent être écrits en programmes informatiques, peuvent combiner ces deux éléments pour donner une évaluation globale de chaque option estimée. Cette approche nécessite donc des individus, qui sont les mieux placés, pour fournir ces entrées, et laisser aux ordinateurs la tâche du traitement de l'information détaillée d'une manière compatible avec les préférences qui ont été révélés par les entrées (de l'homme décideurs).

En général, la prise de décision, concernant les issues environnementales, est un processus multidimensionnel et pénible. La prise de décision est un procédé très compliqué et difficile qui implique une série d'alternative sites/scénarios qui doivent être évaluées, prenant en compte un nombre significatif de facteurs et des choses nécessaires limites. Le développement des scénarios alternatifs aussi bien que la détermination de la meilleure option objective ne peut pas être déterminé seulement par un paramètre/critère. Les scénarios doivent être évalués et examinés en se basant sur une série de critères.

Les critères choisis doivent être communs à toutes les alternatives sites/scénarios examinées et l'importance de chaque critère doit être caractérisée par un facteur de poids. Le choix des critères appropriés est plutôt essentiel dans le processus décisionnel. Les critères sont déterminés soit directement selon la nature et les caractéristiques du problème écologique examiné, soit indirectement selon si le problème doit influencer ou être influencer par l'attitude des groupes intéressés.

L'analyse de chaque caractéristique de tous les scénarios alternatifs comme le choix et l'examen de différents critères visent à définir la solution optimale au problème écologique examiné. Chacun des critères choisis est indiqué par un facteur de poids. Ce facteur est déterminé selon le niveau d'importance du critère au problème examiné. Par exemple, si un critère est important et a un niveau élevé d'influence au problème examiné, il attribuera un facteur de poids élevé. Selon la situation étudiée, les facteurs de poids attribués peuvent être classés en deux catégories :

- Les facteurs de poids directs qui sont employés dans les cas où le nombre de critères est petit et le choix des facteurs est faisable ;
- Les facteurs de poids indirects qui sont définis par la classification de l'importance des critères,

l'exécution d'un facteur global de poids, le facteur de poids maximum et puis, avec l'identification des facteurs de poids par rapport à la somme de tous les facteurs, ou par rapport au facteur de poids le plus élevé.

D'autre part, l'utilisation des critères est possible ; c'est à dire ne pas avoir n'importe quel facteur de poids.

L'analyse multicritères pour la gestion environnementale peut être divisée en trois phases principales : la phase d'intelligence qui examine l'existence d'un problème ou l'opportunité d'un changement, la phase de conception qui détermine les alternatives et la phase du choix qui décide la meilleure alternative. L'organigramme de l'analyse multicritères pour la gestion environnementale est présenté sur la Figure 60. Les éléments principaux impliqués dans le processus décisionnel sont discutés ci-dessous.

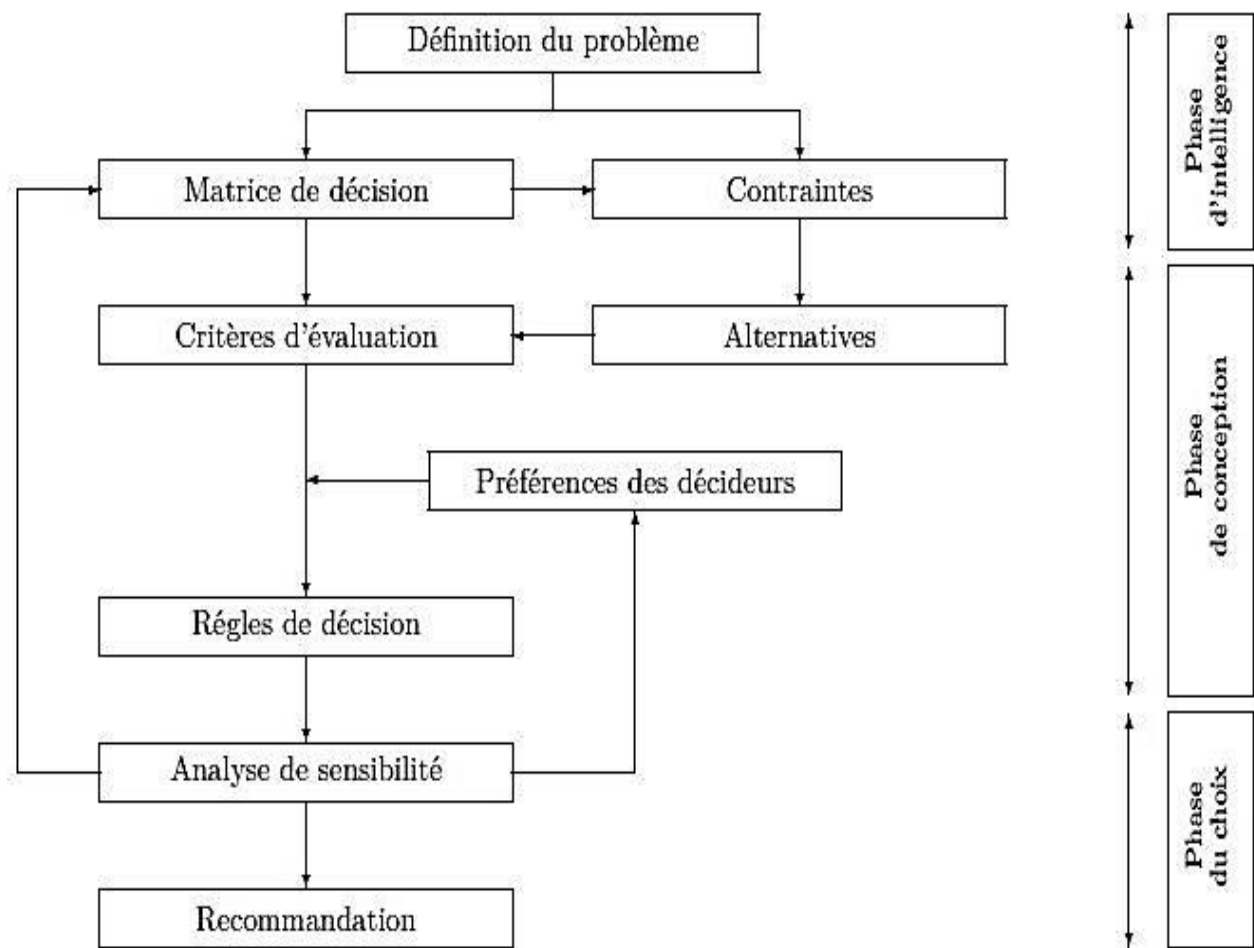


Figure 60 : Méthode AMC en environnement

II.3-La Méthode PROMETHEE :

Le Promethee I (classement partiel) et Promethee II (classement complet) ont été développés par **J.P. Brans** et présentés pour la première fois en 1982 lors d'une conférence

organisée par R. Nadeau et M. Landry à l'Université Laval, Québec, Canada. Dans la même année, plusieurs applications utilisant cette méthode ont été traitées par G. Davignon dans le domaine des soins de santé. (Makane, 2012)

Quelques années plus tard, **J.P. Brans et B. Mareschal** ont développé Promethee III (classement basé sur des intervalles) et Promethee IV (cas continu). Les mêmes auteurs ont proposé en 1988 le module interactif visuel GAIA qui fournit un support de représentation graphique merveilleux de la méthode Promethee. En 1992 et 1994, J.P. Brans et B. Mareschal ont suggéré deux belles extensions : Promethee V (ADMC y compris les contraintes de segmentation) et Promethee VI (représentation de l'intelligence humaine).

Principes de la méthode PROMETHEE :

Comme toutes les méthodes de classement, la méthode PROMETHEE procède à une comparaison par paires des alternatives dans chaque critère simple afin de déterminer des relations binaires partielles dénotant la force de préférence d'une alternative a au-dessus d'une alternative b . La table d'évaluation est le point de départ de la méthode PROMETHEE. Dans cette table, les alternatives sont évaluées sur différents critères. Ces évaluations impliquent essentiellement des données quantitatives.

L'exécution de PROMETHEE exige deux types additionnels d'information, à savoir :

- l'information sur l'importance relative (c.à.d. les poids) des critères à considérer ;
- l'information sur la fonction de préférence du décideur qu'il emploie en comparant la contribution des alternatives en termes de chaque critère séparé.

a- Les poids

Les poids peuvent être déterminés selon diverses méthodes. Dans ce travail, les facteurs de poids reflètent l'expérience vécue durant ces années de recherche ainsi que les opinions des décideurs et en prennent en considération les résultats des enquêtes qui ont été menées.

b- La fonction de préférence

La fonction de préférence (P_j) traduit la différence entre les évaluations (c.à.d. les points) obtenues par deux alternatives (a et b) en termes de critère particulier, dans un degré de préférence s'étendant de 0 à 1. Soit :

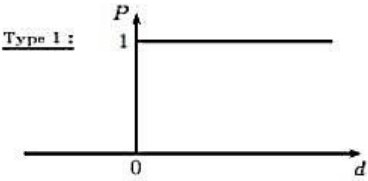
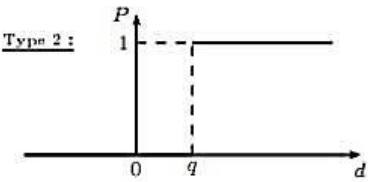
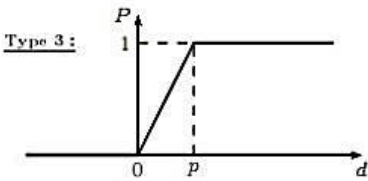
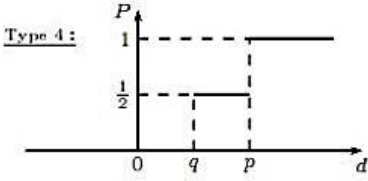
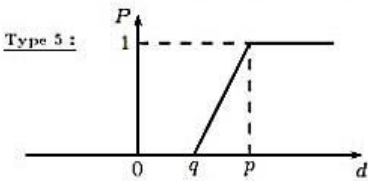
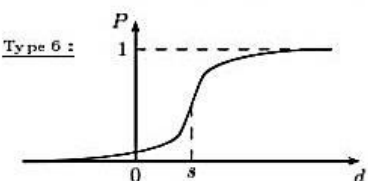
$$P_{j(a,b)} = G_j[f_j(a) - f_j(b)] \quad (1)$$

$$0 \leq P_{j(a,b)} \leq 1 \quad (2)$$

La fonction de préférence associée au critère $f_j(i)$ où G_j est une fonction non décroissante de la déviation observée (d) entre $f_j(a)$ et $f_j(b)$.

Afin de faciliter le choix d'une fonction spécifique de préférence, il y'a six types de base : la fonction usuelle, la fonction en forme U, la fonction en forme V, la fonction de niveau, la fonction linéaire et la fonction gaussienne (tableau 33).

Tableau 33 : Fonctions de préférence de PROMETHEE (Makane,2012)

Critère généralisé	Définition	Paramètre à fixer
Type 1 : 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 & d > 0 \end{cases}$	—
Type 2 : 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ 1 & d > q \end{cases}$	q
Type 3 : 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & 0 < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p
Type 4 : 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{1}{2} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p, q
Type 5 : 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p, q
Type 6 : 	$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}} & d > 0 \end{cases}$	s

c- Analyse du groupe individuel :

 PROMETHEE permet le calcul des quantités suivantes pour chaque alternative a et b :

$$\pi_r(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b) w_{r,j} \quad \varphi^+(\alpha) = \sum_{x \in A} \pi_r(x, a), \quad (3)$$

$$\varphi^-(\alpha) = \sum_{x \in A} \pi_r(a, x), \quad \varphi(\alpha) = \varphi^+(\alpha) - \varphi^-(\alpha)$$

Pour chaque alternative a appartenant à l'ensemble A des alternatives, $\pi(a, b)$ est un index global de préférence de a par rapport à b , tenant compte tous les critères $\varphi^+(a)$ et $\varphi^-(a)$. $\varphi(a)$ est appelé le flux net, il représente une fonction de valeur par laquelle une valeur plus élevée reflète une attraction plus élevée de l'alternative a .

Les deux outils principaux de PROMETHEE peuvent être utilisés pour analyser le problème d'évaluation :

- le classement partiel PROMETHEE I.
- le classement complet PROMETHEE II.

Le classement partiel PROMETHEE I fournit un classement des alternatives. Dans certains cas, ce classement peut être incomplet. Cela signifie que certaines alternatives ne peuvent pas être comparées et, par conséquent, ne peuvent pas être inclus dans un classement complet. Cela se produit lorsque la première alternative obtient des points plus élevés sur des critères particuliers pour lesquels la deuxième alternative obtient des points faibles et le contraire se produit pour d'autres critères. Le recours à PROMETHEE I suggère alors que le décideur devrait s'engager dans d'autres efforts d'évaluation. PROMETHEE II fournit un classement complet des alternatives, de la meilleure au pire, ici, le flux net est utilisé pour classer les alternatives.

Les données de base d'un problème multicritères se composent d'une manière générale sous la forme de la table d'évaluation suivante :

Tableau 34 : Table d'évaluation de PROMETHEE

a	$g_1(\cdot)$	$g_2(\cdot)$	.	$g_i(\cdot)$	.	$g_k(\cdot)$
a_1	$g_1(a_1)$	$g_2(a_1)$	.	$g_i(a_1)$	.	$g_k(a_1)$
a_2	$g_1(a_2)$	$g_2(a_2)$	.	$g_i(a_2)$	.	$g_k(a_2)$
.
.
a_i	$g_1(a_i)$	$g_2(a_i)$	.	$g_i(a_i)$	.	$g_k(a_i)$
.
a_n	$g_1(a_n)$	$g_2(a_n)$	.	$g_i(a_n)$	.	$g_k(a_n)$

Ou a_i sont les alternatives (les systèmes de gestion)

Les g_i les critères d'évaluation.

$g_i(a_i)$ le calibrage donnés par le décideurs mesurer et qui est mesuré à un échelle entre 1 et 10.

d- Critères d'évaluation :

La structure de la hiérarchie des critères est une étape très importante dans une analyse de décision multicritères. Dans cette phase, le groupe des critères du problème complexe est décomposé en sous-critère (Figure 61). Les critères qui sont employés dans notre recherche sont présentés en quatre catégories: critères sociaux, environnementaux, financiers et techniques. Sous ces quatre catégories, 18 critères d'évaluation différents sont définis. Ceux-ci incluent des mesures quantitatives et qualitatives. Les critères utilisés sont décrit analytiquement dans ce qui suit.

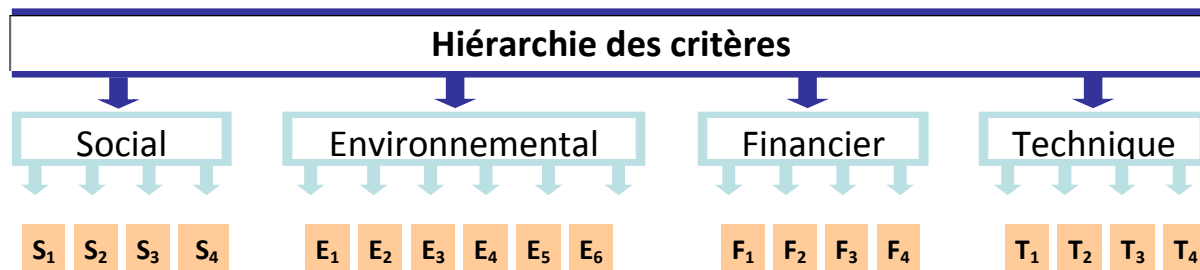


Figure 61 : Hiérarchie des critères pour les schémas de gestion
Des déchets solides au Maroc

(S₁) *Harmonisation avec la structure législative existante* : il informe sur le degré pour lequel chaque type de schéma est harmonisé avec la structure législative existante au Maroc. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Harmonisation complète	10
Harmonisation partielle	5
Aucune harmonisation	1

(S₂) *Application des priorités de la législation* : l'adoption des priorités de la politique environnementale du Maroc est examinée. Plus particulièrement, la récupération des matériaux recyclable et/ou réutilisable dans la première phase et l'exploitation des déchets pour la production d'énergie dans la deuxième. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Application complète	10
Application partielle	5
Application avec un niveau faible	3
Opposition avec les lignes directrices	1

(S₃) *Acceptation sociale* : le degré de l'acceptation sociale de la procédure de gestion proposée est examiné. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Acceptation sociale complète après information	10
Acceptation sociale partielle	5
Acceptation sociale à cause du manque d'information	3
Aucune acceptation sociale à cause du manque d'information	3
Aucune acceptation sociale après information	1

(S₄) *Possibilités de création des nouveaux jobs* : la possibilité pour l'offre du travail est examinée selon les demandes qui résulteront de l'application du système de gestion proposé. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Création des postes de nouveau job à un niveau élevé	10
Création des postes de nouveau job à un niveau significatif	7
Création des postes de nouveau job à un niveau limité	4
Aucune création des postes de nouveau job	1

(E₁) Niveau d'impact environnemental possible sur les systèmes anti-pollution : il évalue le degré d'impacts environnementaux possibles des systèmes de gestion en combinaison avec les exigences et l'emploi des systèmes anti-pollution pour la prévention et/ou la réduction de ces impacts. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous:

Impacts environnementaux à niveau insignifiant	8
Impacts environnementaux à niveau limité	4
Impacts environnementaux à niveau élevé	1

(E₂) Émissions d'air : les émissions d'air changent, en proportion de la méthode de gestion et la technique spécifique suivie. Une attention particulière est donnée à ceux qui produisent des impacts négatifs à l'environnement et à la santé publique. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Emission d'air et d'odeurs significative (contrôlée)	3
Emission d'air et d'odeurs limitée (contrôlée)	6
Emission d'air et d'odeurs (minimum) insignifiante (contrôlée)	8

(E₃) Génération des lixiviats: Les procédures de gestion sont diversifiées selon ce critère. En outre, une attention particulière est donnée aux impacts négatifs à l'environnement et également à la santé publique. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Génération significative des eaux usées (contrôlée)	3
Génération limitée des eaux usées (contrôlée)	6
Génération insignifiante (minimum) des eaux usées (contrôlée)	9

(E₄) Production des résidus solides : la génération possible des résidus solides par les techniques de gestion est examinée. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Production significative des déchets solides (contrôlée)	1
Production limitée des déchets solides (contrôlée)	5
Production insignifiante (minimum) des déchets solides (contrôlée)	9

(E₅) Pollution par le bruit : c'est un facteur qui devrait être pris en considération à la conception des procédures de gestion. En outre, la pollution par le bruit causé pendant le transport du déchet au secteur de gestion devrait également être pris en compte. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Minimum pollution par le bruit	9
Pollution par le bruit limitée	7
Pollution par le bruit relativement élevée	4
Pollution élevée par le bruit	1

(E₆) Nuisance visuelle : elle dépend de l'équipement mécanique nécessaire aussi bien que des conditions pour l'infrastructure additionnelle. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Nuisance visuelle faible	9
Nuisance visuelle relativement faible	7
Nuisance visuelle modérée	4
Nuisance visuelle élevée	1

(F₁) Coût total d'investissement : Il est parmi les facteurs supérieurs en ce qui concerne la viabilité de la procédure de gestion. Ce critère acquiert une valeur additionnelle si une partie du coût total d'investissement est défrayée par les citoyens. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Coût total d'investissement faible (couvert par d'autres)	10
Coût total d'investissement modéré (couvert par d'autres)	6
Coût total d'investissement élevé (couvert par d'autres)	2

(F₂) Coût d'opération et de maintenance : il inclut les dépenses pour la maintenance des systèmes, le coût de la main-d'œuvre, les approvisionnements auxiliaires, le contrôle et la surveillance du système, le transport de déchet... etc. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Coût total d'investissement faible (couvert par d'autres)	10
Coût total d'investissement modéré (couvert par d'autres)	6
Coût total d'investissement élevé (couvert par d'autres)	2

(F₃) Exigences du terrain : les procédures de gestion sont diversifiées notamment en ce qui concerne ce critère. En proportion, la zone requise est nécessaire pour l'installation de l'équipement mécanique aussi bien que les infrastructures auxiliaires. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Coût du terrain élevé	1
Coût du terrain relativement élevé	3
Manque du terrain	1
Coût du terrain modéré	7
Coût du terrain faible	9

(F₄) Production des matériaux secondaires utiles : c'est un facteur qui devrait être pris en considération à la conception des procédures de gestion. Le revenu significatif sera dérivé de la quantité aussi bien que la quantité de la production des matériaux secondaires. D'ailleurs, l'absorption et l'utilisation de ces derniers réduiront à un grand niveau le besoin de production des matériaux vierges. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Faible production des matériaux secondaire utiles	1
Production modérée des matériaux secondaire utiles	4
Production relativement élevée des matériaux secondaire utiles	7
Production élevée des matériaux secondaire utiles	10

(T₁) Fonctionnalité : les paramètres tels que la possibilité de fonctionnement constant, les exigences en personnel d'expertise, le département de maintenance, la simplicité en

fonctionnement, l'endurance (durabilité) d'équipement mécanique au temps et à l'usage ect, sont examinés dans ce critère. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Fonctionnalité élevée	9
Fonctionnalité relativement élevée	7
Fonctionnalité modérée	5
Faible fonctionnalité	3

(T₂) *Fiabilité de l'expérience existante* : elle joue un rôle important et particulièrement quand l'insertion des nouvelles technologies est exigée. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Expérience existante élevée	10
Expérience existante relativement élevée	7
Expérience existante modérée	5
Expérience existante faible	3
Expérience existante très faible	1

(T₃) *Adaptabilité aux conditions locales* : l'efficacité et la viabilité de chaque schéma dépendent des caractéristiques géographiques et d'autres paramètres dans la zone en question tel que les quantités de déchets disponibles pour la gestion et la capacité minimum requise. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Adaptabilité élevée	10
Adaptabilité relativement élevée	7
Adaptabilité modérée	5
Adaptabilité faible	3
Adaptabilité très faible	1

(T₄) *Flexibilité* : la possibilité des schémas alternatifs aux variations potentielles en quantité et en composition de déchet est examinée. Le critère est mesuré sur une échelle de 1 à 10 points qui est définie ci-dessous :

Flexibilité élevée	10
Flexibilité relativement élevée	7
Flexibilité modérée	5
Flexibilité faible	3
Flexibilité très faible	1

e- Poids des critères :

L'étape la plus importante dans les méthodes d'évaluation multicritères est l'attribution des poids, puisque les poids reflètent l'importance relative des divers impacts considérés. PROMETHEE ne fournit pas les directives spécifiques pour déterminer ces poids, mais suppose que le décideur peut peser les critères convenablement, du moins quand le nombre de critères n'est pas trop grand. Dans cette recherche, premièrement, des poids sont définis pour chaque groupe de critères et deuxièmement des poids sont définis pour chaque critère dans le groupe. Les poids finaux sont obtenus après la multiplication du poids de chaque critère avec le poids du

groupe auquel il appartient. La détermination des coefficients de poids des critères a été basée sur:

- i. L'expérience et les observations durant ces années de recherche.
- ii. L'opinions/suggestions de tous les acteurs marocains impliqués dans ce domaine tel que les ministères (enquêtes déjà réalisées au niveau national)
- iii. les résultats de l'enquête nationale qui a été utilisé par le projet Life-Waste SUM (LIF E06TCY/MA/00254), ((Makan, 2013).
- iv. Les résultats des enquêtes réalisées dans le cadre de cette recherche.

Le tableau 38 présente les coefficients de poids du groupe des critères, le poids de chaque critère dans le groupe ainsi que le poids final.

Tableau 35 : Table des poids par PROMETHEE

Critères	Poids du groupe	Description des sous-critères	Poids de chaque sous-critère	Poids final
Social	15.00%	Harmonisation avec la structure législative existante (S1)	30.00%	4.50%
		Application des priorités de la législation (S2)	30.00%	4.50%
		Acceptation sociale (S3)	25.00%	3.75%
		Possibilités de création des nouveaux emplois (S4)	15.00%	2.25%
		Total du groupe	100.00%	15.00%
Environnemental	30.00%	Niveau d'impact environnemental possible (E1)	25.00%	7.50%
		Émissions d'air (E2)	20.00%	6.00%
		Génération des lixiviats (E3)	20.00%	6.00%
		Production des résidus solides (E4)	20.00%	6.00%
		Pollution par le bruit (E5)	10.00%	3.00%
		Nuisance visuelle (E6)	5.00%	1.50%
		Total du groupe	100.00%	30.00%
Financier	30.00%	Cout d'investissement total (F1)	35.00%	10.50%
		Coût d'opération et de maintenance (F2)	30.00%	9.00%
		Exigences du terrain (F3)	15.00%	4.50%
		Production des matériaux secondaires utiles (F4)	20.00%	6.00%
		Total du groupe	100.00%	30.00%
Technique	25.00%	Fonctionnalité (T1)	25.00%	6.25%
		Expérience fiable existante (T2)	30.00%	7.50%
		Adaptabilité en conditions locales (T3)	25.00%	6.25%
		Flexibilité (T4)	20.00%	5.00%
		Total du groupe	100.00%	25.00%
Total				100.00%

f- Logiciel Décision Lab. :

La décision Lab est la mise en œuvre actuelle du logiciel Promethee. Il a été développé par la société canadienne Visual Décision, Il remplace le logiciel Promcalc (Visual-Decision, 1999). Décision Lab est une application Windows qui utilise une interface de feuille de calcul typique pour gérer les données d'un problème multicritères.

Toutes les données relatives aux méthodes Promethee (évaluations, fonctions de préférence, poids, . . .) peuvent être facilement définies et entrées par l'utilisateur. En outre, Décision Lab est fourni à l'utilisateur avec des fonctionnalités supplémentaires comme la définition des critères qualitatifs, le traitement des valeurs manquantes dans la table multicritères ou la définition des pourcentages (variable) des seuils dans les fonctions de préférence. Des catégories d'alternatives ou de critères peuvent également être définies pour mieux identifier les sous-groupes ou les éléments associés et de faciliter l'analyse du problème de décision.

The screenshot shows the 'Decision Lab' software window with a menu bar (File, Edit, View, Insert, Tools, Window, Help) and a toolbar. The main area displays a table for 'Scenario1' with columns S1, S2, S3, S4, E1, E2, E3, E4, and E. The table includes rows for Min/Max, Weight, Type, Q, P, S, Threshold Unit, Average, Standard Dev., Unit, and three schemes (Scheme1, Scheme2, Scheme3). The 'Scheme1' row is highlighted in blue.

	S1	S2	S3	S4	E1	E2	E3	E4	E
Min/Max	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize
Weight	0.0450	0.0450	0.0375	0.0225	0.0750	0.0600	0.0600	0.0600	0.030
Type	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Q	0.8000	0.8000	0.9000	0.8000	0.6000	0.5000	0.4000	0.8000	0.400
P	2.4000	2.4000	2.7000	2.4000	1.8000	1.5000	1.2000	2.4000	1.200
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Threshold Unit	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute
Average	6.5556	6.5000	5.7222	7.1667	5.7778	5.6667	6.4444	6.0000	6.333
Standard Dev.	1.9166	1.9478	2.3214	1.9478	1.5551	1.4142	1.4234	1.9704	1.029
Unit									
Scheme1	1.0000	1.0000	1.0000	2.0000	2.0000	3.0000	4.0000	1.0000	8.000
Scheme2	5.0000	5.0000	5.0000	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	7.000
Scheme3	9.0000	9.0000	10.0000	7.0000	7.0000	6.0000	7.0000	9.0000	7.000

Figure 62 : Fenêtre des résultats du logiciel Lab

Plusieurs outils interactifs et affichages sont disponibles pour faciliter une large sensibilité et une robuste analyse. Il est possible de calculer les intervalles de stabilité du poids pour des critères individuels ou pour des catégories des critères. La fenêtre du poids est variable et peut être utilisée pour modifier de manière interactive les poids des critères et de voir immédiatement l'impact de la modification sur le classement complet Promethee II et sur la position de l'axe de la décision dans le plan GAIA. Cela peut être utile particulièrement lorsque le décideur n'a

aucune idée claire sur les poids appropriés des critères et veut explorer son espace de liberté.

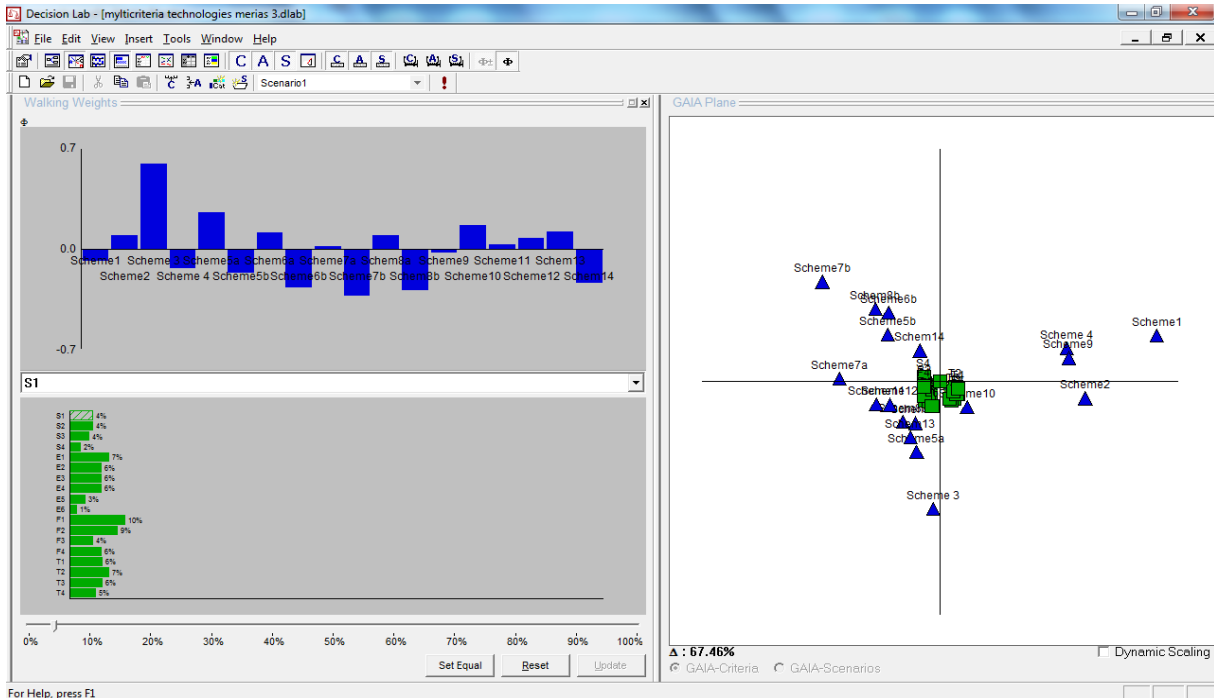
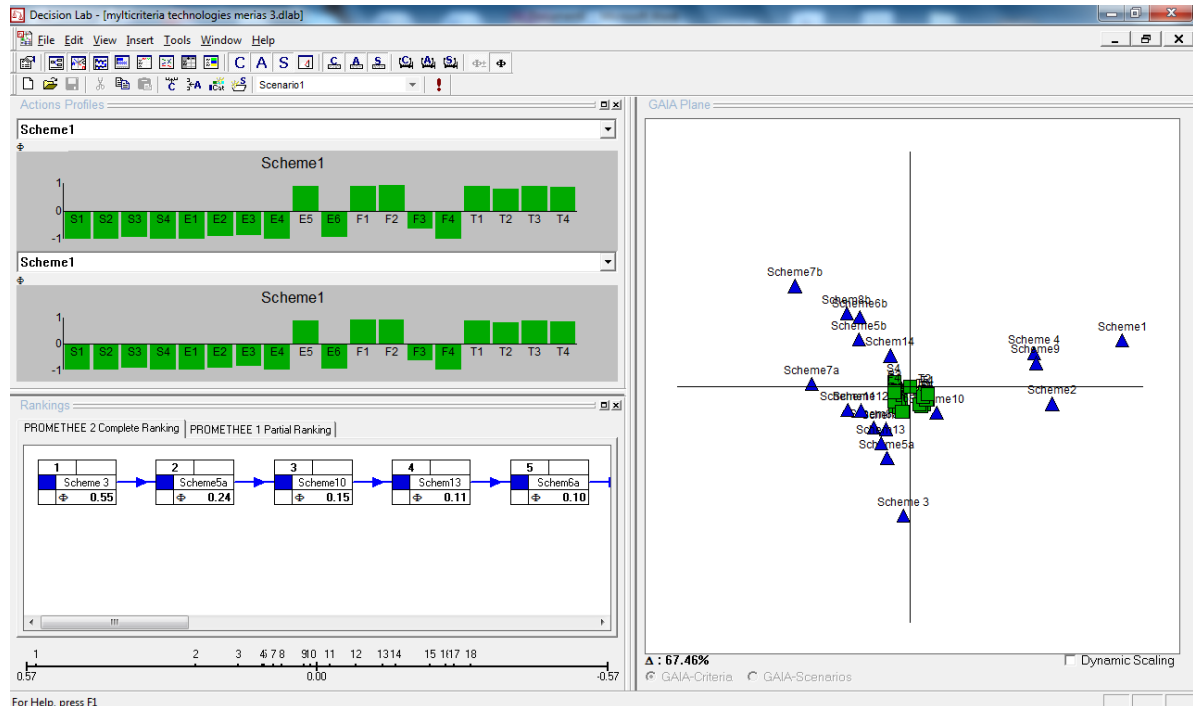


Figure 63 : Présentation des résultats par logiciel Lab

À la fin de l'analyse, le générateur de rapport Décision Lab peut produire des rapports, y compris les tableaux et graphiques requis par l'utilisateur (Figure 62, 63). Les rapports sont en format HTML afin qu'ils puissent facilement être utilisés dans un éditeur de traitement de texte ou publiés sur papier ou sur le web.

Dans cette étude, la méthode PROMETHEE a été choisie en raison de sa simplicité et sa capacité de rapprocher l'esprit humain de manière à exprimer et synthétiser les préférences devant les perspectives contradictoires de décision. La méthode PROMETHEE comme déjà mentionnée ci-dessus appartient à la famille la plus large des méthodes de classement. L'application de la méthode dans ce chapitre vient pour répondre à quelques questions du genre : Comment choisir le système de gestion des déchets solides ménagers le plus adaptable ? Quel sera le système optimal ? Quels sont les critères qu'il faut tenir en considération lors d'un choix ? . . .

II.4-Application de la méthode PRMMETHEE pour le choix du système de gestion des déchets ménagers à la ville de Khouribga :

II.4.1-Description des systèmes étudiés :

D'après les recherches bibliographiques, dix-huit systèmes alternatifs de gestion des DM sont connus (Makan, 2013):

Système1 Mise en Décharge.

Le schéma 1 concerne la collecte des déchets et leur dépôt à la décharge. Ce schéma n'est pas à proposer en aucune circonstance. Il est utilisé comme point de référence afin d'évaluer la performance des autres systèmes de gestion, ainsi que parce qu'il est utilisé comme système de gestion dans beaucoup de pays.

Système 2 Collecte des matériaux recyclables dans une poubelle ⇒ Service de récupération des matériaux - SRM (récupération du verre, papiers, plastiques, métaux ferreux et non ferreux) et dans une autre poubelle le déchet restant ⇒ Décharge.

Dans ce schéma, les déchets, généralement en sacs, sont placés par les locataires en deux containers séparés : l'un pour les matériaux recyclables (papier, verre, métaux et matières plastiques) et l'autre pour le reste des déchets résiduels (composés principalement de matières organiques biodégradables). Les matériaux recyclables sont transférés à une installation de récupération des matériaux (SRM) où la récupération de verre, des métaux ferreux et non ferreux, du papier et du plastique est réalisée alors que les déchets résiduels sont transportés à la décharge. Le schéma 2 est présenté dans la Figure 64.

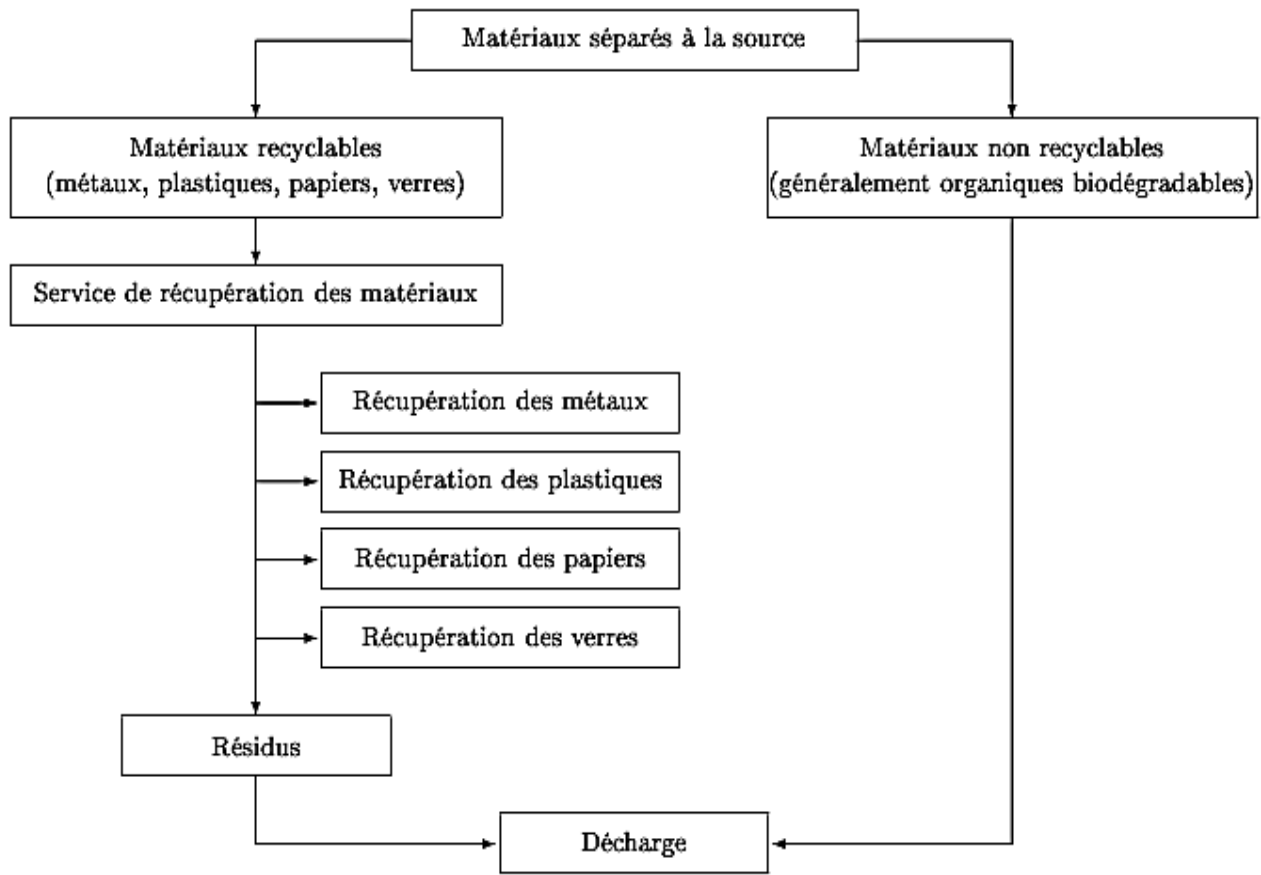


Figure 64 : Représentation du système 2 de gestion des déchets ménagers

Système 3 Collecte des matériaux recyclables dans une poubelle ⇒ SRM (récupération du verre, papiers, plastiques, métaux ferreux et non ferreux) et dans une autre poubelle les matériaux biodégradables ⇒ Compostage et les résidus ⇒ Décharge.

La Figure 65 donne une représentation schématique du schéma 3. Les déchets ménagers sont mis par les habitants dans deux containers : l'un pour les matériaux recyclables (papier, verre, plastiques et métaux) et l'autre pour le reste des déchets (composés principalement de matières organiques biodégradables), comme dans le schéma 64. La différence entre les systèmes 2 et 3 est que dans le schéma Figure 65 les matières organiques biodégradables sont envoyées pour le compostage. Pendant le compostage, le déchet est activé pour aider le processus de dégradation et atteindre des températures maximales. Les effluents gazeux du processus de compostage sont aspirés vers un bio-filtre pour leur traitement avant d'être rejetés dans l'atmosphère.

Le produit bio-stabilisé est passé à travers un processus de raffinage pour enlever tout résidu de verre et autres impuretés indésirables. Ces contaminants sont envoyés à la décharge, tandis que les petites particules forment le compost.

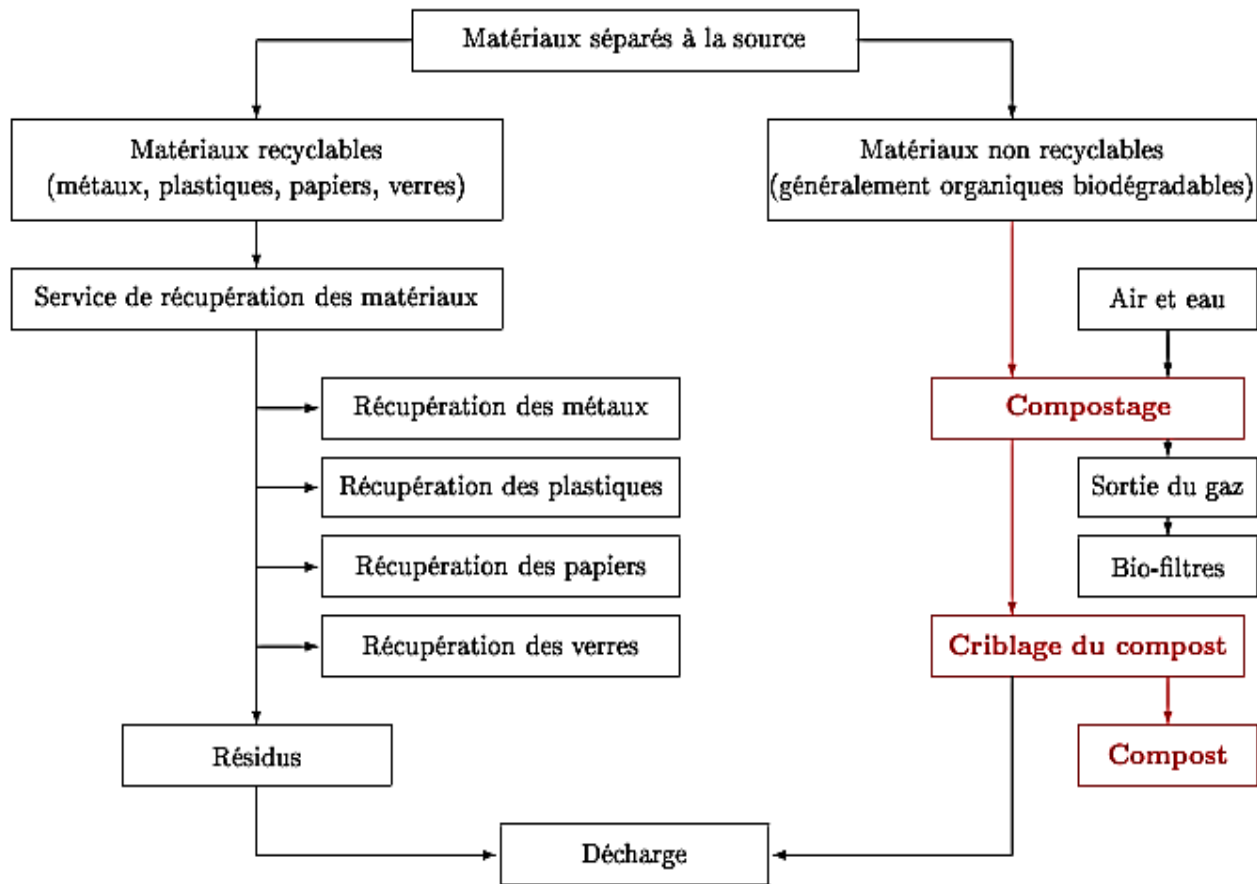


Figure 65 : Représentation du système 3 de gestion des déchets ménagers

Système 4 Collecte des déchets mixtes ⇒ Tri mécanique (récupération du verre, papiers, plastiques, métaux ferreux et non ferreux) et le déchet restant ⇒ Décharge.

La première étape de système 4 concerne le tri mécanique des déchets mixtes, qui constitue aussi la première étape de système 8 présenté ultérieurement. Pour cette raison, il sera décrit analytiquement dans ce schéma et il sera appliqué à tous les autres schémas de gestion.

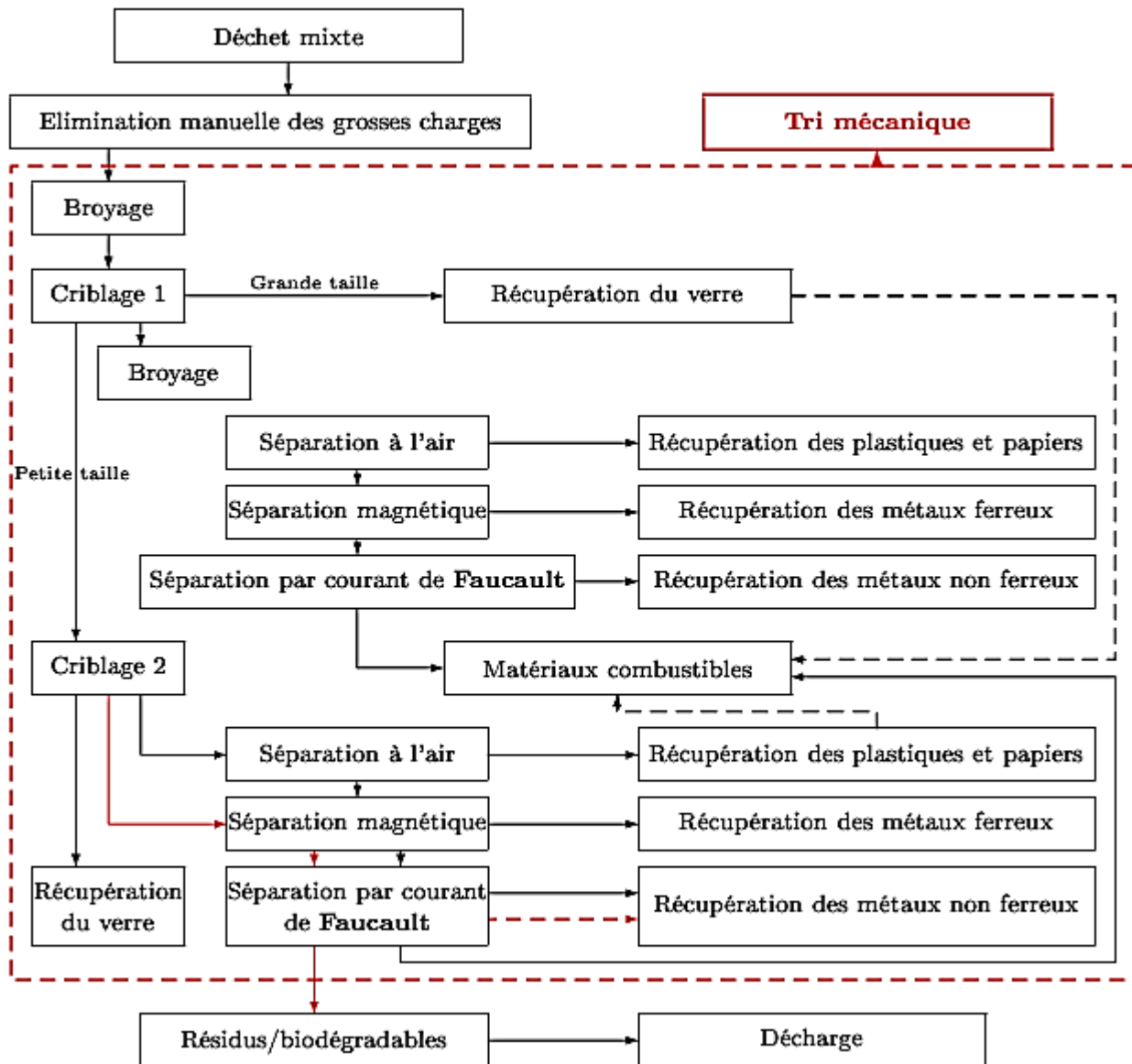


Figure 66 : Représentation du système 4 de gestion des déchets ménagers

La Figure 66 représente schématiquement le système 4. L'étape mécanique comprend le tri et la récupération des matériaux recyclables ainsi que l'élimination des contaminants et des éléments qui font obstacle aux processus technologiques. L'ensemble des déchets est fractionné en deux ou plusieurs fractions définies par des qualités matérielles, qui sont ensuite traitées spécifiquement. Le déchet entrant est inspecté visuellement sur une tapisserie roulante pour supprimer les éléments indésirables et les grosses charges avant qu'il ne soit broyé. Puis, il est criblé pour enlever les matériaux volumineux du processus. En parallèle, la fraction de verre est récupérée. Par la suite, la fraction volumineuse est broyée. Le déchet broyé est envoyé à l'unité de séparation par l'air. Dans cette unité, le papier et les matières plastiques ont tendance à être concentrés dans la fraction légère, tandis que les métaux et autres matériaux sont les principales composantes de la fraction lourde. Après la séparation à l'air, les sortants sont projetés par des séparations électromagnétiques et par courants de Foucault pour récupérer respectivement les métaux ferreux

et non ferreux. La fraction restante ainsi que la fraction légère de la séparation à l'air sont utilisées comme matériaux combustibles.

La fraction de petite taille est criblée d'avantage. Parallèlement, une fraction de verre est en outre récupérée. Les sortants passent par une deuxième séparation à l'air. De même, la fraction légère (composée de papier et plastique) est également ajoutée à la fraction combustible. Ensuite, la masse résultante est envoyée à des séparations électromagnétiques et par courants de Foucault pour récupérer les métaux ferreux et non ferreux, respectivement.

La dernière étape de ce schéma concerne la mise en décharge de la fraction fine (résidus et matériaux organiques).

Système 5a Collecte des déchets mixtes ⇒ Traitement Mécanique Biologique : le tri mécanique (récupération du verre, métaux ferreux et non ferreux, papiers et plastiques ⇒ l'utilisateur final), le traitement biologique (la fraction bio- dégradable ⇒ Compostage) et les résidus ⇒ Décharge.

La technologie du Traitement Mécanique Biologique (TMB) combine les étapes du processus biologiques et mécanique et leurs combinaisons. La conception du schéma 5a est schématiquement présentée dans la Figure 67. Il peut être appliqué comme un système autonome ou combinés avec d'autres technologies, en particulier avec l'Incinération (système 5b). Le TMB devient de plus en plus une partie intégrante des systèmes de gestion économiquement adapté et respectueux à l'environnement.

Dans ce scénario, la première phase concerne le tri mécanique des déchets mixtes. Cette étape mécanique est analytiquement décrite dans le schéma précédent. La différence entre ce scénario et le précédent est que la fraction restante est encore utilisée. Plus précisément, la fraction fine de l'étape du prétraitement mécanique est compostée pour une période de temps. Au cours du compostage, les déchets sont tournés pour aider le processus de dégradation et atteindre des températures maximales.

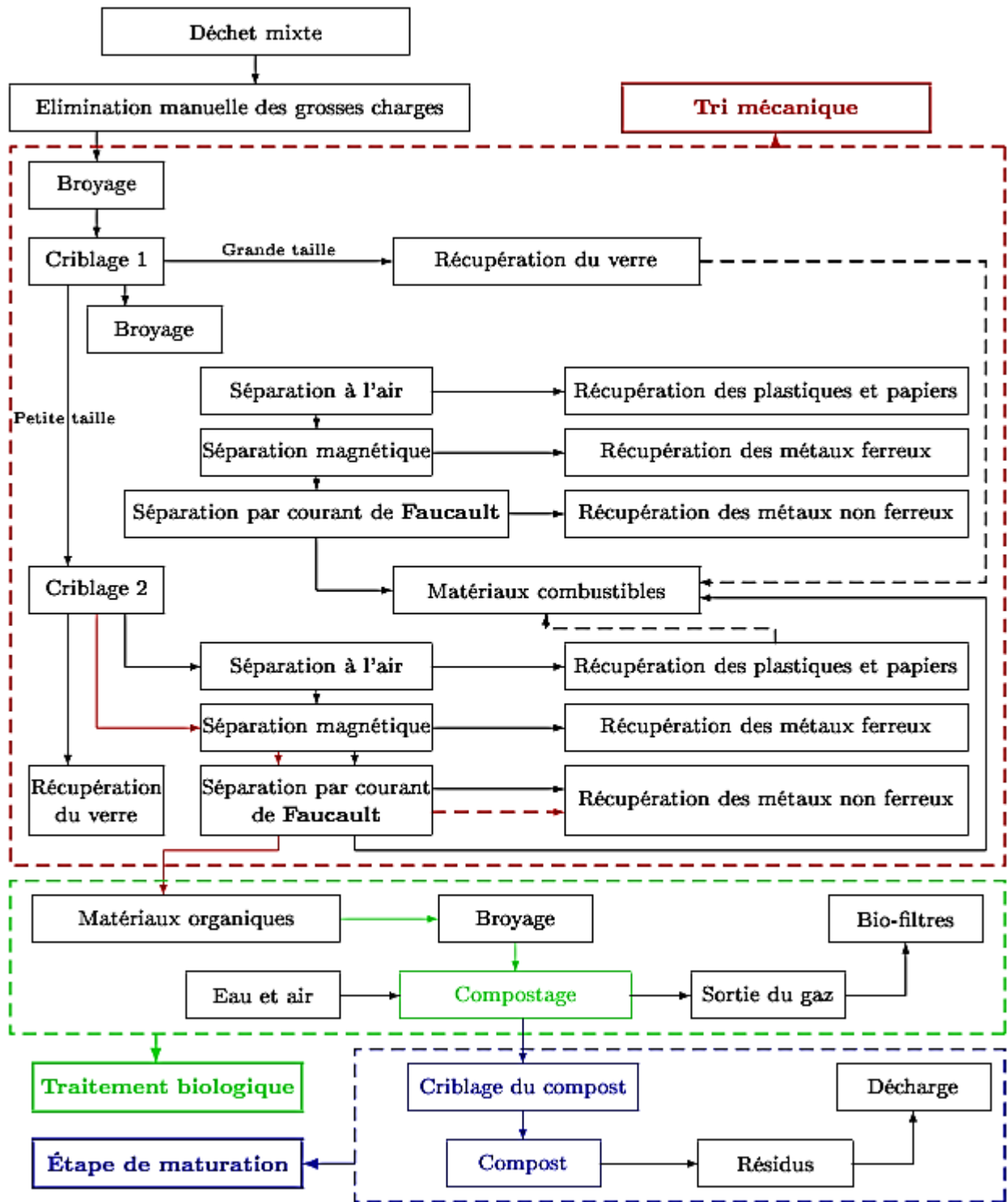


Figure 67 : Représentation du système 5a de gestion des déchets ménagers

Les effluents gazeux du processus de compostage sont aspirés vers un bio-filtre avant d'être rejetés dans l'atmosphère. Le produit bio-stabilisé est passé à travers un raffinage pour enlever le

verre, pierres et autres matériaux indésirables. Ces contaminants sont envoyés à la décharge, tandis que les petites particules forment le produit compost. Ce dernier est stocké (découvert ou partiellement couvert) avant d'être utilisé.

Dans ce scénario, les matériaux combustibles sont envoyés aux utilisateurs finaux.

Système 5b Collecte des déchets mixtes ⇒ Traitement Mécanique Biologique : le tri mécanique (récupération du verre, métaux ferreux et non ferreux, papiers et plastiques – les matériaux combustibles ⇒ traitement thermique et la fraction biodégradable ⇒ traitement biologique (Compostage) et les résidus ⇒ Décharge.

Ce scénario ressemble au précédent (système 5a). Plus analytiquement, la première étape (le tri mécanique) et la deuxième étape (le traitement biologique par compostage) sont les mêmes. La différence principale est l'exploitation des matériaux combustibles pour la récupération d'énergie par l'intermédiaire de leur traitement thermique. Ceci mène à la différenciation de ces deux schémas (schémas 5a et 5b), car ils sont évalués à différents scores pour les différents critères (sociaux, environnementaux, financiers et technique).

Système 6a Collecte des déchets mixtes ⇒ Traitement Mécanique Biologique : le tri mécanique (récupération du verre, métaux ferreux et non ferreux, papiers et plastiques ⇒ recyclage), le traitement biologique (la fraction bio- dégradable ⇒ Digestion anaérobique) et les résidus ⇒ Décharge.

La première étape de ce scénario qui réfère au tri mécanique des déchets mixtes est la même que dans les schémas 4, 5a et 5b. La différence est observée dans l'application de la phase biologique (digestion anaérobique).

Dans ce schéma, les matériaux les plus fins sont envoyés pour un tamisage supplémentaire qui sépare les résidus et la fraction organique fine de la grosse fraction. Les grosses sont broyées et envoyées directement à l'usine de digestion. Les résidus et les fractions organiques fines sont passés à travers un hydrocyclone qui les sépare. Le sable est envoyé à la décharge alors que les fractions organiques fines sont envoyées à l'usine de digestion. Dans l'usine de digestion, la matière organique est mélangée avec de l'eau chaude avant d'entrer dans l'autoclave. Le biogaz produit est envoyé vers un moteur à gaz, tandis que le Digestat est déshydraté avant d'être envoyé à la décharge. Le concept du schéma 6a est schématiquement donné par la Figure 68.

Dans ce scénario, la fraction combustible est envoyée aux utilisateurs finaux.

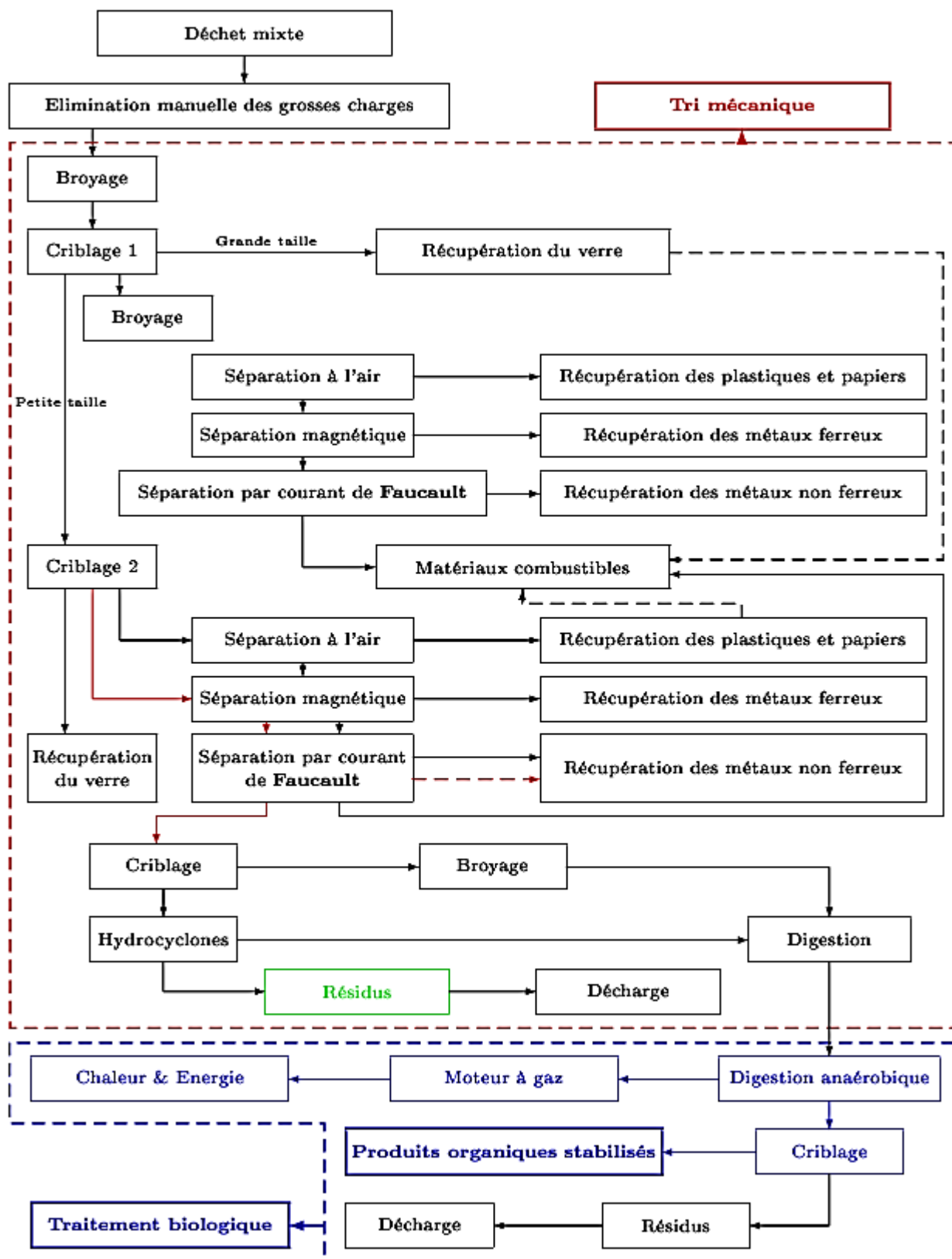


Figure 68 : Représentation du système 6a de gestion des déchets ménagers

Système 6b Collecte des déchets mixtes ⇒ Traitement Mécanique Biologique : le tri mécanique (récupération du verre, métaux ferreux et non ferreux, papiers et plastiques – les matériaux combustibles ⇒ traitement thermique–), le traitement biologique (la fraction biodégradable ⇒ Digestion anaérobie) et les résidus ⇒ Décharge.

Les schémas 6a et 6b sont presque similaires. Plus précisément, la première étape (le tri mécanique) et la deuxième étape (traitement biologique par digestion anaérobie) sont les mêmes. La différence est l'utilisation des matériaux combustibles pour la récupération d'énergie par l'intermédiaire de leur traitement thermique. Comme mentionné ci-dessus, ceci conduit à la différenciation de ces deux schémas (schémas 6a et 6b), alors ils sont estimés avec des différents scores pour les différents critères (sociaux, environnementaux, financiers et techniques).

Système 7a Collecte des déchets mixtes ⇒ Traitement Mécanique Biologique : le tri mécanique (récupération du verre, métaux ferreux et non ferreux, papiers et plastiques ⇒ l'utilisateur final), le traitement biologique (la fraction biodégradable ⇒ Combinaison entre la digestion anaérobie et le compostage avec le déchet vert) et les résidus ⇒ Décharge.

Ce schéma se distingue du schéma 6a du fait que les matériaux organiques biodégradables sont soumis à un traitement biologique (combinaison de la digestion anaérobie et du compostage) avec les déchets verts. Cette pratique conduit à un traitement efficace des déchets et réduit les résidus disposés à la décharge. Aussi, le temps de développement du compostage et du processus de maturation est diminué de manière significative. En outre, la qualité du produit final est élevée (destruction complète des micro-organismes pathogène). Le scénario du système 7a est présenté dans la Figure 69.

Dans ce scénario, l'ensemble des fractions dérivées des déchets combustibles sont envoyées aux utilisateurs finaux.

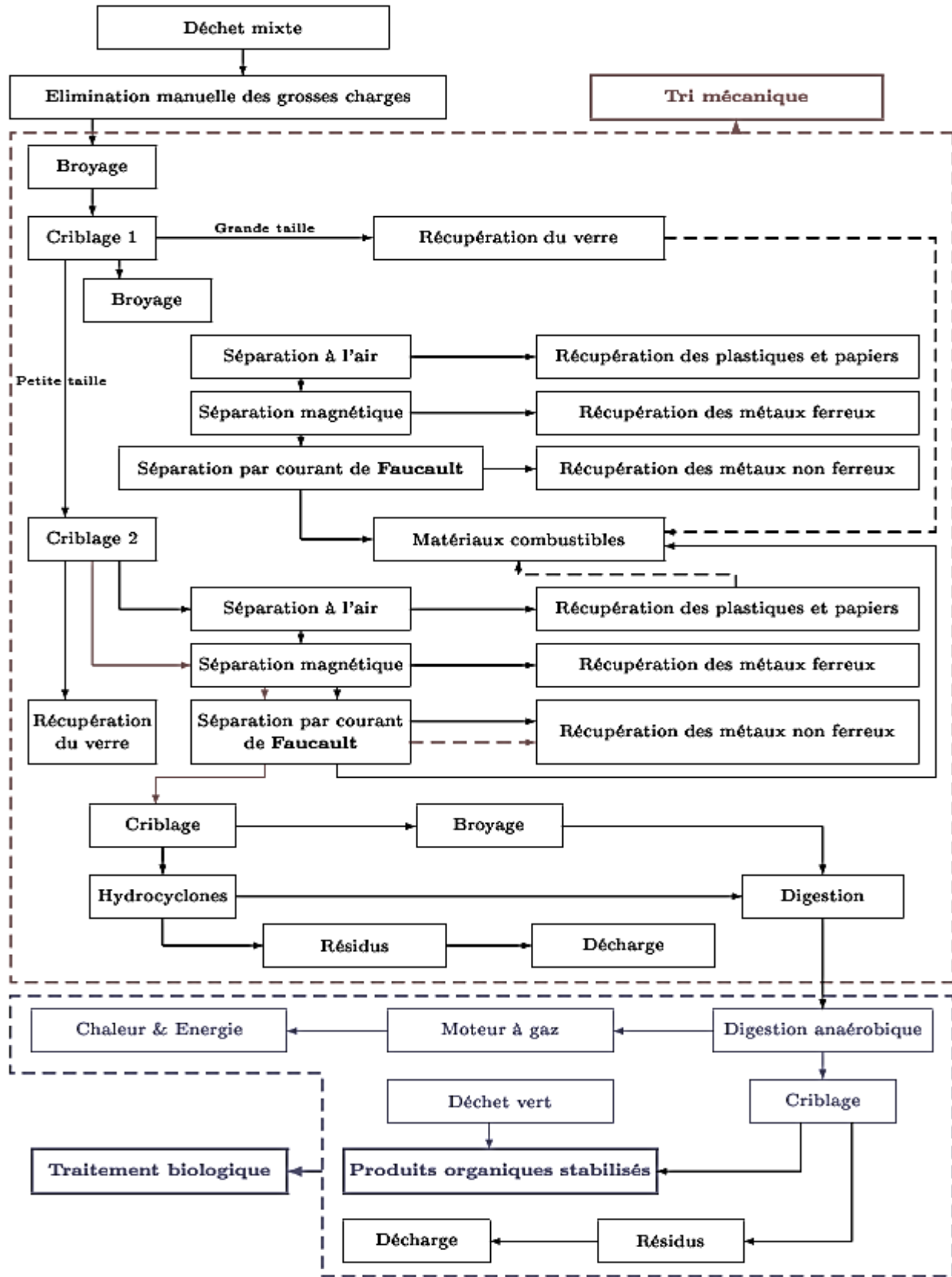


Figure 69 : Représentation du système 7a de gestion des déchets ménagers

combustible appelé stabilat sec (également dénommé combustible solide récupéré – CSR –). À cette fin, les deux systèmes en andains et en vase clos sont appliqués. Dans les systèmes en vase clos, les déchets sont traités en aérobiose pour une semaine seulement, mais avec des taux d'aération élevés. Le résultat est un matériau sec avec un peu de réduction de la teneur en matière organique. Seuls les composés les plus facilement dégradables sont métabolisés, alors la perte de valeur calorifique est faible. Le stabilat sec peut être fractionné très facilement parce que les substances adhésives ont été éliminées dans le bio-processus. Les métaux ferreux et non ferreux ainsi que le verre et les minéraux sont séparés pour la récupération de matériaux. Le matériau restant a une valeur calorifique de 15 – 18 M J/kg principalement en raison de la teneur élevée en matières plastiques, bois et papier.

Système 8b Collecte des déchets mixtes ⇒ Bio-séchage : tri mécanique (récupération des métaux ferreux et non ferreux) et le CSR ⇒ traitement thermique.

La différence entre les schémas 8a et 8b c'est que dans le second les fractions CSR produites sont utilisées pour la récupération d'énergie grâce à un traitement thermique. Ceci mène à la différenciation de ces deux schémas (schémas 8a et 8b), et ils sont estimés avec différents scores pour différents critères (sociaux, environnementaux, financiers et techniques).

Système 9 Collecte des déchets mixtes ⇒ Incinération avec récupération d'énergie.

Le schéma 9 comprend l'Incinération des déchets qui est le moyen le plus simple, le plus ancien et le plus commercialement éprouvé de la conversion des déchets en énergie. Par cette technologie, seul un minimum de prétraitement 1 tel que l'élimination des grosses particules, métaux et déchets dangereux est appliqué. Par conséquent, les combustibles sont composés des matériaux combustibles et non combustibles avec des proportions variables. En raison de la variété des composants dans les combustibles, une valeur calorifique de la combustion peut se situer entre 6500 et 12000 kJ/kg.

Système 10 Collecte des déchets mixtes ⇒ Tri mécanique (récupération des métaux ferreux et non ferreux) et le déchet restant ⇒ Incinération.

La première étape des schémas 10-12 concerne un tri mécanique primaire du déchet mixte (tri et récupération de métaux ferreux et non ferreux). Plus analytiquement, le déchet entrant est inspecté visuellement sur une tapie roulante pour éliminer les éléments indésirables et les grosses charges (par une séparation manuelle) avant d'être broyé. Puis, le déchet broyé est soumis à la séparation magnétique où la récupération des métaux ferreux est atteinte. Ensuite, la masse produite est soumise à une séparation par courant de Foucault pour récupérer les métaux non ferreux.

La dernière étape de ce schéma concerne le traitement thermique de la fraction restante des déchets (résidus) par l'Incinération. De cette façon, la destruction complète des constituants organiques sous forme de gaz inoffensifs est atteinte. Les principaux avantages du processus d'Incinération sont les suivants : la réduction de volume des déchets jusqu'à 90% et de poids jusqu'à 75%, pas de génération de gaz de méthane et la production d'énergie. En outre, les charges nuisibles y compris inflammables, toxiques et infectieuses, qui pourraient causer la contamination lors de la mise en décharge, peuvent être traitées par l'Incinération. D'autre part, les inconvénients de l'Incinération des déchets sont les suivants : coût plus élevé que les autres

technologies de traitement des déchets, faible niveau de récupération des matériaux recyclables, problèmes d'émissions d'air et génération des déchets secondaires tels que les cendres qui demandent une gestion appropriée. Le concept du système 10 est décrit par la Figure 71.

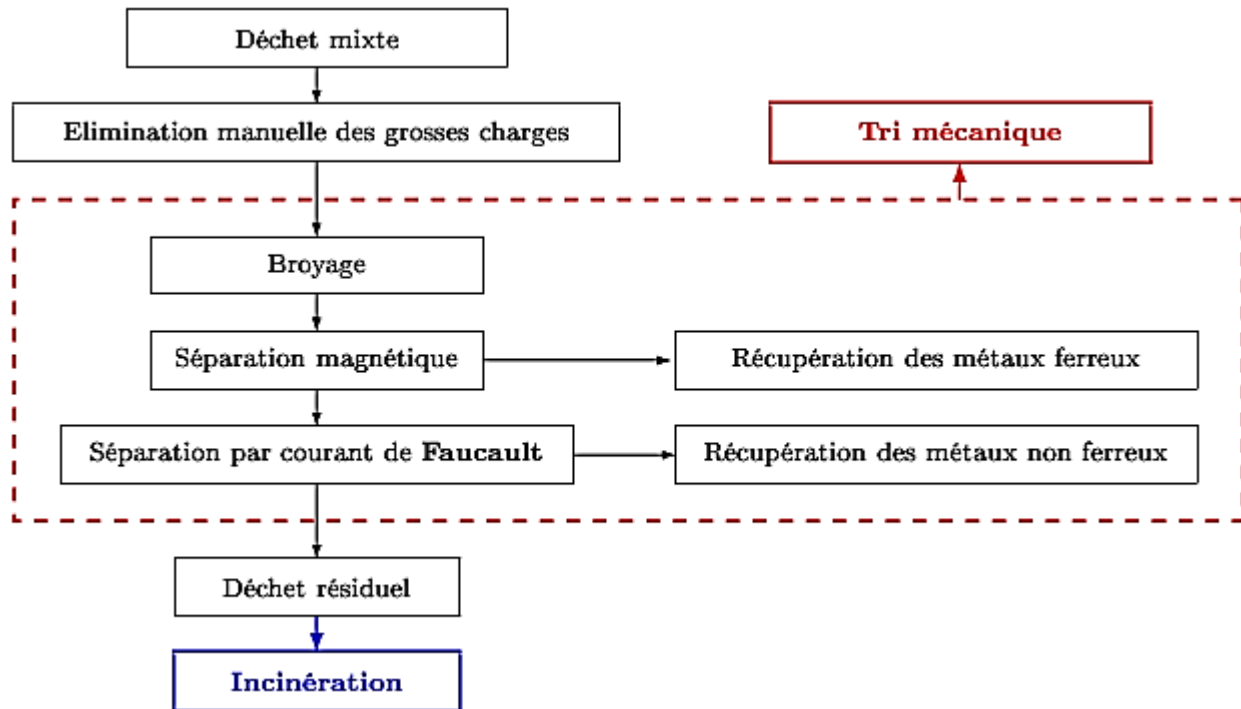


Figure 71: Représentation du système 10 de gestion des déchets ménagers

Système 11 Collecte des déchets mixtes \Rightarrow Tri mécanique (récupération des métaux ferreux et non ferreux) et le déchet restant \Rightarrow Pyrolyse.

Dans ce schéma, la première phase concerne le tri mécanique primaire des déchets mixtes. Cette étape mécanique est analytiquement décrite dans le schéma précédent.

La différence de ce scénario du précédent est que la fraction restante des déchets après le tri mécanique primaire est soumise à un autre type de traitement thermique ; la Pyrolyse.

La Pyrolyse est le dégazage des déchets en l'absence d'oxygène, au cours de laquelle les gaz de pyrolyse et le coke solide sont formés. En général, la température de l'étape de pyrolyse est entre 400 et 700° C. La possibilité de récupérer la valeur matérielle de la fraction organique, par exemple le méthanol, ainsi que la possibilité de générer l'électricité en utilisant des moteurs ou des turbines à gaz sont quelques avantages de la Pyrolyse. Le concept du système 11 est décrit par la Figure 72.

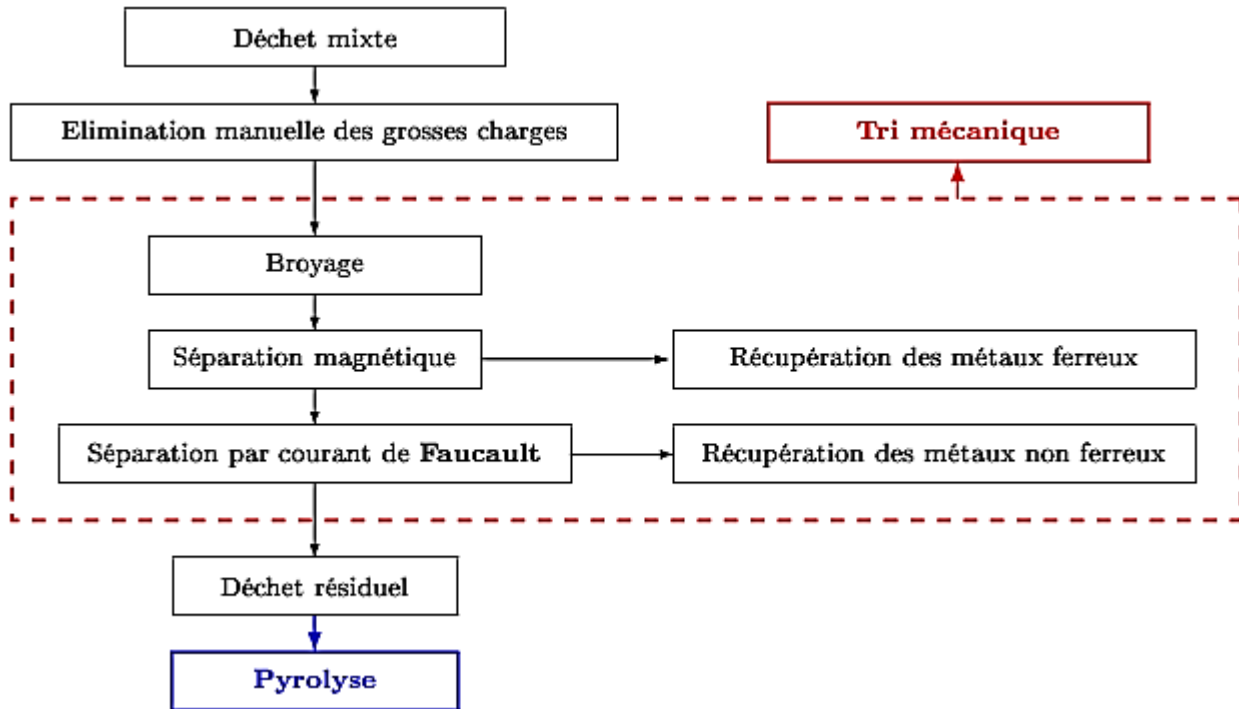


Figure 72 : Représentation du système 11 de gestion des déchets ménagers

Système 12 Collecte des déchets mixtes \Rightarrow Tri mécanique (récupération des métaux ferreux et non ferreux) et le déchet restant \Rightarrow Gazéification.

Dans ce schéma, la première étape concerne le tri mécanique primaire des déchets mixtes. Cela comprend l'application de la procédure décrite dans le schéma 10. La différence entre ce schéma et les schémas 10 et 11 est le traitement thermique du déchet restant par Gazéification après le tri mécanique primaire (Figure73).

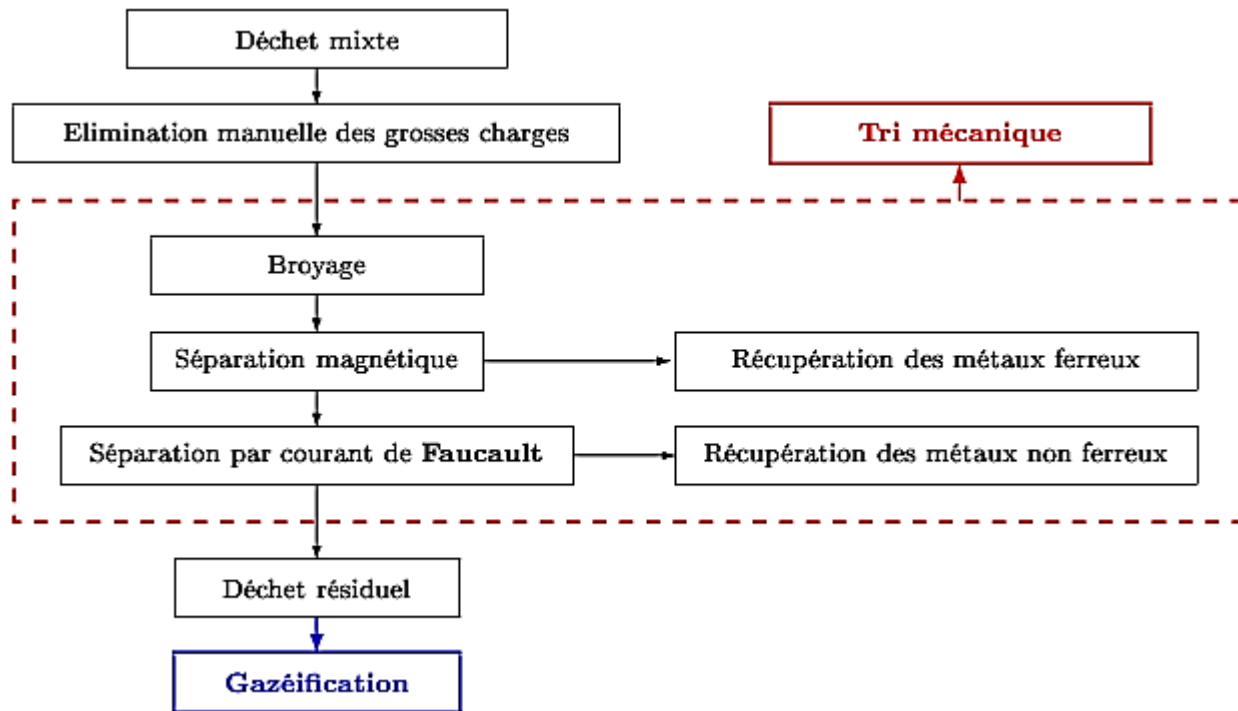


Figure 73 : Représentation du système 12 de gestion des déchets ménagers

La Gazéification est un processus thermochimique qui génère des gaz (produits riches en combustibles) qui réagissent avec la vapeur d'eau ou se brûlent avec l'air ou l'Oxygène pur. La Gazéification avec l'air produit l'Azote enrichi qui est un gaz combustible à faible qualité. La Gazéification avec l'Oxygène pur produit un mélange de haute qualité constitué par le monoxyde de Carbone, l'Hydrogène et pratiquement pas d'Azote. La Gazéification avec la vapeur produit l'Hydrogène et le dioxyde de Carbone enrichi (gaz synthétique). La Figure 73 présente schématiquement le schéma 12.

Système 13 Autoclave/Processus mécanique.

Le schéma 13 fait référence à une technologie relativement nouvelle. Ce processus est sensiblement différent des autres qui sont décrits ci-dessus et il implique plusieurs étapes. Plus précisément, après un minimum de prétraitement, les déchets sont broyés et les métaux ferreux sont enlevés par des aimants. Le prétraitement serait de supprimer les matériaux qui sont trop volumineux ou non appropriés pour le broyeur. Ces déchets partiellement traités sont transférés ensuite à l'autoclave pour éliminer les agents pathogènes. L'autoclave soumet les déchets à haute température sous haute pression pour une durée suffisante de temps afin de tuer toutes les bactéries et les agents pathogènes qui pourraient se trouver dans les déchets.

Les métaux non ferreux sont ensuite retirés après que les déchets quittent l'autoclave, et le flux de déchets passe par un broyeur pour donner un produit final (appelé "poussière") qui est, comme son nom l'indique, une matière légère sèche. La poussière est relativement homogène et a une haute teneur en matières organiques. Mais elle contient également tous le verre et les plastiques (et d'autres matières non organiques qui n'ont pas été enlevées par les séparateurs des métaux ferreux et non ferreux) et qui ont été dans le flux de déchets d'origine. Ces matériaux sont

apparemment moulus très finement qu'ils ne sont pas visiblement détectables dans le produit final. La poussière peut être utilisée avec succès pour améliorer la fertilité des sols stériles et aussi en tant que matière première pour remplacer les composites de bois. Le concept du système 13 est schématiquement donné par la Figure 74.

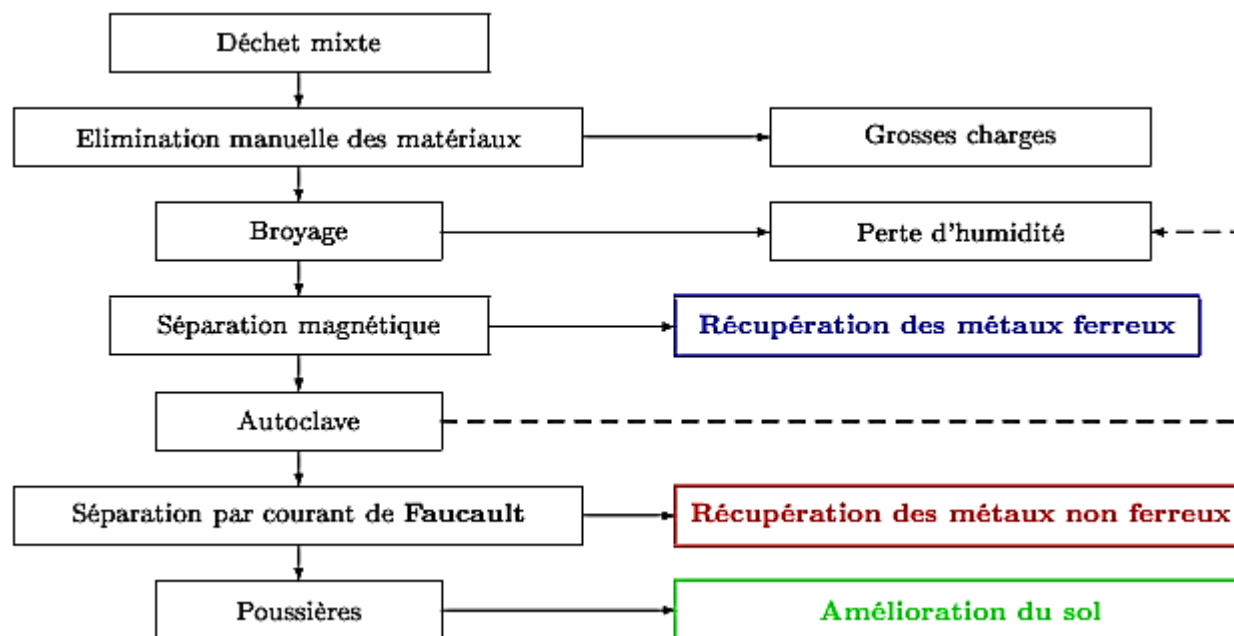


Figure 74 : Représentation du système 13 de gestion des déchets ménagers

Système 14 Fermentation de l'Éthanol

Le schéma 14 concerne la fermentation de l'Éthanol. C'est un processus biologique dans lequel la matière organique est transformée par les micro-organismes en des composés organiques simples d'un faible poids moléculaire, en l'occurrence l'Éthanol.

La première étape du processus concerne le tri mécanique (pour éliminer les matériaux recyclables et les contaminants) des déchets mixtes. Plus pratiquement, les déchets entrants sont inspectés visuellement sur une tapis roulant pour supprimer les éléments indésirables et les éléments exceptionnels (par l'intermédiaire de la séparation manuelle) avant le broyage. Les déchets broyés sont soumis à la séparation par l'air, où les matériaux en papier et en plastique sont concentrés dans la fraction légère, tandis que les métaux et les autres matériaux sont les principales composantes de la fraction lourde. Après la séparation à l'air, le déchet sortant est criblé par des séparations électromagnétiques et par courant de Foucault pour récupérer les métaux ferreux et non ferreux, respectivement. Les sortants sont broyés dans le but de réduire leurs tailles.

Ensuite, le matériau est traité à travers des récipients utilisant différents systèmes dans le but de l'Hydrolyse. Celle-ci peut être réalisée dans des conditions de haute température, traitement à l'acide et/ou à haute pression. Ensuite, les matières organiques hydrolysées sont soumises à la fermentation par la levure pour produire l'éthanol et le dioxyde de carbone. L'éthanol est ensuite

purifié par distillation et/ou filtration pour produire l'éthanol de qualité désirée. Les matériaux solides produits peuvent être envoyés à la décharge ou traités thermiquement. Le concept du schéma 14 est schématiquement donné par la Figure 75.

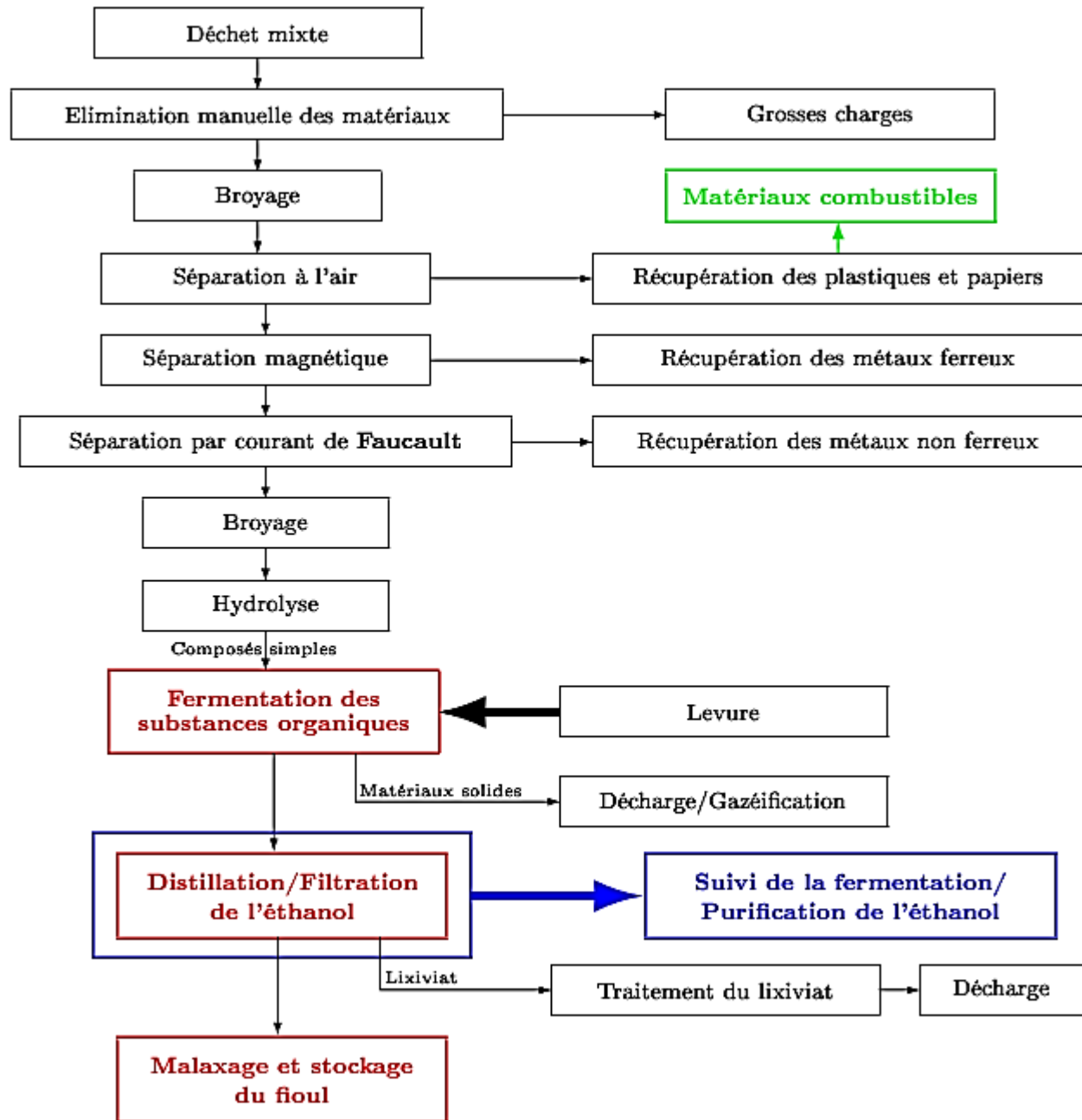


Figure 75 : Représentation du système 14 de gestion des déchets ménagers

II.4.2-Choix des systèmes à analyser pour la ville de Khouribga\):

Les systèmes décrits ci-dessus présentent différents niveaux et options de gestion des déchets ménagers, le choix des systèmes à étudier pour le cas de la ville de Khouribga, reposera sur le

degré de complexité du système et principalement sur les coûts financiers relatifs à son application. Pour cela une analyse sur les coûts financiers est exigée.

a- Analyse des coûts :

Cette section présente un aperçu sur les coûts des technologies de traitement des déchets ménagers. En ce qui concerne le compostage des déchets organiques biodégradable, le système de compostage en andains est le plus simple et le plus courant et le moins cher. Cependant, il a le plus faible coût en investissement mais il nécessite plus de travail pendant le procédé.

Le principal inconvénient de ces systèmes par rapport au coût est l'espace important requis pour le traitement de grands volumes de déchets organiques, ainsi que le temps de traitement par rapport aux systèmes en vase clos.

Selon Diaz et al. (2002), le coût en investissement par tonne de déchets organiques traités pour les systèmes de compostage en andains (statiques et tournées) avec une capacité de 10 à 800 tonnes par jour, varie entre 33,5 à 88,7 \$ / tonne, alors que le coût de fonctionnement et Maintenance le coût d'un système d'une capacité de 10 à 600 DPT, varie de 24 à 71 \$ / tonne (Diaz et al., 2002). Des coûts similaires des fonctionnements et maintenance (F & M) ont été rapporté par d'autres études selon lesquelles le coût des F & M pour les systèmes d'andains ouverts est de 32 à 79 \$ / tonne (Mavropoulos, 2008; Banque mondiale, 2008).

Le Compostage en cuve est de loin le plus coûteux et l'option de forte intensité en investissement, mais il nécessite moins d'espace et de temps de traitement. Selon la Banque mondiale, le coût en capital pour le développement d'un système en cuve d'une capacité de 500 DPT est 46-72 M \$, tandis que le coût de fonctionnement et d'entretien est 32-52 \$ / tonne. Mavropoulos (2008) indique que le coût estimatif d'investissement en capital d'une installation ferme de compostage (y compris la technologie en cuve) varie de 236 \$ / tonne (capacité égale à 330 DPT) à 789 \$ / tonne (capacité inférieure à 330 DPT), tandis que les O & M est respectivement de 157 \$ / tonne et 39 \$ / tonne.

Le coût des systèmes de digestion anaérobie varie d'une catégorie à l'autre ainsi que d'un pays à une autre car il existe un grand nombre de différentes technologies impliquées dans la digestion anaérobie dans le marché mondial.

Selon les données de la Banque mondiale, le système anaérobie de digestion avec une capacité de 300 tonnes / jour besoin d'un coût en capital d'environ 19-72 M \$, tandis que le coût des O & M varie de 52 à 131 \$ / tonne (Banque mondiale, 2008).

D'autres études suggèrent un capital de 197 à 328 \$ / tonne et un coût des opérations de maintenance à 46-105 \$ / tonne (Mavropoulos, 2008) en ce qui concerne le coût des installations de traitement biomécanique (MBT), il doit être considéré qu'ils employer des différent technologies de systèmes de gestion des DSM. Par conséquent, la gamme des coûts est élevée par rapport aux autres technologies de traitement des déchets solides.

Selon une récente étude sur le coût des installations commerciales MBT effectuées par Archer et al.(2005), une installation MBT d'une capacité qui varie entre 71-685 DPT, le coût en capital est de 2,8 à 87,3 M \$, tandis que les coûts d'exploitation varient de 60 à 77\$/tonne de déchets traité.

En ce qui concerne le coût des installations d'incinération, le coût en capital d'un incinérateur d'une capacité de 1300 DPT est de 26 à 157 \$ / tonne, alors que le coût d' F & M est de 72 à 105 \$ / tonne (Banque mondiale, 2008).

Il est supposé que l'installation d'incinération fonctionne sur une capacité totale de 260 jours par an. Néanmoins, les paramètres tels que les chiffres d'affaires de l'énergie électrique excédentaire produite (environ 450 kWh / tonne MSW) et le coût de l'élimination des résidus (14 \$ / tonne MSW) ne sont pas incorporés dans le total des coûts.

Le coût en capital d'un système de gazéification avec une capacité de 70-270 DPT est 300-600 \$ / tonne, tandis que le O & M coût est de 72 à 131 \$ / tonne (**Banque mondiale, 2008; Mavropoulos, 2008**). Le coût en capital d'une pyrolyse système varie de 700 à 950 € par tonne traitée MSW, tandis que le coût d'O & M est de 105 à 157 \$ / tonne (**Mavropoulos, 2008**).

En ce qui concerne le coût O & M de la Banque mondiale a valeurs similaires rapportés (105-197 \$ / tonne). Cependant, les technologies de gazéification et de pyrolyse ne sont pas incluses dans cette étude car ils sont trop coûteux. Ils sont au-delà de la capacité des communautés marocaines,

Enfin, la mise en décharge contrôlée (capacité de 500 DPT) a un coût en capital qui varie de 5 à 10 M \$ et F & M coût qui varie de 10 à 20 MUS dollars.

Les coûts d'investissement des casiers de remplissage sont difficiles à trouver, parce que la construction se poursuit souvent pendant toute la durée de la décharge au lieu d'être achevé au début des opérations. Une estimation des coûts de démarrage de l'enfouissement sanitaire qui répond à tous les règlements de l'UE varie de 13 à 20 MUS dollars (**Loizidou, 1993**).

b- Choix des systèmes :

La proposition des systèmes de gestion à étudiés a été basé sur l' l'expérience acquise à partir des applications au niveau européen et au niveau international. Ensuite, on a fait référence aux caractéristiques spécifiques du pays Maroc (par exemple quantités annuel produites de DSM, les infrastructures existantes et marché relatif). La prise en considération de ses caractéristiques est nécessaires pour la détermination des systèmes de gestion les plus appropriées pour une éventuelle mise en œuvre dans les petites municipalités urbaines marocaines tel que la ville de Khouribga. Les systèmes relatifs à la pyrolyse et la fermentation de l'Ethanol et la gazéification sont des modes qui demandent une grande technicité et un coût très élevé, ainsi les systèmes sélectionnés sont :

Système 1 : la mise en décharge sauvage (choisi entant que référence)

Système 2 : est le système 4 décrit précédemment (collecte mixte - décharge)

Système 3 : est le système 2 décrit précédemment (collecte séparé - décharge)

Système4 : est le système 3 décrit précédemment (collecte séparé - compostage - décharge)

Système 5 : est le système 5a décrit précédemment (collecte mixte - tri - compostage - décharge)

Système 6 : est le système 10 décrit précédemment (collecte mixte - tri mécanique - incinération)

Système 7 : est le système 5b décrit précédemment (collecte mixte – tri mécanique – compostage – traitement thermique)

II.4.3-Evaluation et exécution des données des systèmes choisis :

a- Evaluation des poids :

L'évaluation des poids pour notre cas a été inspiré des données de l'étude citée en haut avec le changement des poids du groupe social et technique auxquels on a attribué un poids de 25% et 15% respectivement. On s'est basé pour cette attribution sur les entretiens qu'on a effectués au niveau de la ville de Khouribga et aussi on a pris en considération le principe de l'économie sociale et l'implication du citoyen dans le choix de système de gestion, d'où l'importance du critère social dans nos poids.

Tableau 36 : Coefficients de poids du groupe de critères, poids de chaque critère dans le groupe pour les systèmes de gestion des déchets ménagers sélectionnés

Groupe	Poids	Description des sous-critères	Poids	Poids total
Social	25%	Harmonisation avec la structure législative (S1)	30%	7,50%
		Application des priorités de la législation (S2)	25%	6,25%
		Acceptation sociale (S3)	15%	3,75%
		Possibilités de création de nouveaux emplois (S4)		
		Total du groupe	100%	25,00%
Environnement	30 %	Niveau d'impact environnemental possible (E1)	25%	7,50%
		Émissions d'air (E2)	20%	6,00%
		Génération des eaux usées (E3)	20%	6,00%
		Production des résidus solides (E4)	10%	3,00%
		Pollution par le bruit (E5)	5%	1,50%
		Nuisance visuelle (E6)		
Total du groupe		100%	30%	
Financier	30%	Coût d'investissement total (F1)	35%	10,50%
		Coût d'opération et de maintenance (F2)	30%	9,00%
		Exigences du terrain (F3)	15%	4,50%
		Production de matériaux secondaires utiles (F4)	20%	6,00%
Total du groupe		100%	30%	
Technique	15%	Fonctionnalité (T1)	25%	3,75%
		Fiabilité de l'expérience existante (T2)	30%	4,50%
		Adaptabilité aux conditions locales (T3)	25%	3,75%
		Flexibilité (T4)	20%	3,00%
Total du groupe		100%	15%	
Total				100%

b- Calibrages des différents critères :

Chaque critère a été mesuré selon son exécution pour chaque système alternatif et dans le détail, son exécution réelle a été comparée à l'ensemble du calibrage des critères, de 1 (les plus défavorables) à 10 points (les cas les plus favorables). La quantification des critères a été menée à bonne fin après des discussions avec les acteurs locaux impliqués dans le domaine et en prenant en considération les significations de la section (d) précédente sur les critères d'évaluation.

Exécution des systèmes par rapport aux critères sociaux :

Tableau 37 : Calibrage des systèmes de gestion des déchets ménagers en fonction des critères sociaux

système	Critères sociaux			
	S1	S2	S3	S4
Système 1	1	1	1	2
Système 2	4	4	4	6
Système 3	5	5	5	4
Système 4	9	9	10	7
Système 5	7	7	9	8
Système 6	8	6	6	8
Système 7	8	8	8	9

Exécution des systèmes par rapport aux critères environnementaux :

Tableau 38 : Calibrage des systèmes de gestion des déchets ménagers en rapport aux critères environnementaux

système	Critères environnementaux					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Système 1	2	3	4	1	8	1
Système 2	4	5	4	3	7	4
Système 3	4	4	4	4	7	5
Système 4	7	6	7	9	7	8
Système 5	7	7	7	7	7	7
Système 6	6	5	8	6	6	4
Système 7	5	5	6	6	5	5

Exécution des systèmes par rapport aux critères financiers :

Tableau 39 : Calibrage des systèmes de gestion des déchets ménagers en fonction des critères financiers

système	Critères financiers			
	F1	F2	F3	F4
Système 1	9	9	3	1
Système 2	8	6	5	4
Système 3	8	8	7	6
Système 4	7	8	6	9

Système 5	6	7	4	7
Système 6	4	5	6	5
Système 7	3	3	3	7

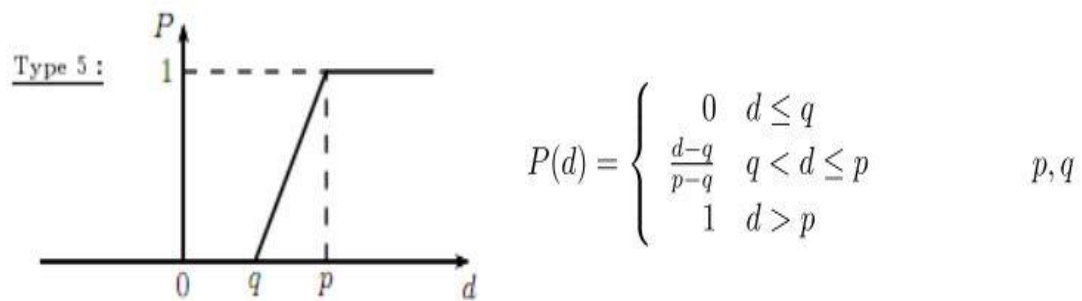
Exécution des systèmes par rapport aux critères techniques :

Tableau 40 : Calibrage des systèmes de gestion des déchets ménagers en fonction des critères techniques

système	Critères techniques			
	T1	T2	T3	T4
Système 1	9	10	9	9
Système 2	7	8	7	8
Système 3	8	9	8	8
Système 4	8	9	8	7
Système 5	6	7	7	7
Système 6	8	9	7	8
Système 7	5	6	6	4

c- Choix de la fonction linéaire :

La fonction linéaire a été choisie dans cette étude du faite de sa simplicité aussi elle est la plus recommandé dans le choix des critères d'indicateurs numériques:



d- Calcul des seuils d'indifférence et de préférence :

L'utilisation des seuils d'indifférence et de préférence facilite aux décideurs d'exprimer ses préférences, sans qu'il soit nécessaire la détermination des valeurs de corrélations. Le type et le coût des seuils dépendent de la nature du critère, la diffusion d'enregistrements de choix, l'incertitude objective et les hésitations subjectives des décideurs sur de petites différences d'enregistrements. Habituellement, le seuil d'indifférence est estimé ne pas dépasser 5 – 15% et le seuil de préférence est estimé ne pas dépasser 10 – 30% de cette différence (Rousis et al. 2008). Dans notre travail, le seuil d'indifférence est fixé à 10% de la différence entre le plus haut score et le plus bas, tandis que le seuil de préférence est fixé à 30% de la même différence. Le seuil d'indifférence signifie que si la différence dans la performance des deux scénarios a et b

dans un critère est inférieure à ce seuil, ceux-ci sont considérés comme équivalent ($p(a, b) = 0$). Le seuil de préférence signifie que la préférence stricte ($p(a, b) = 1$) du scénario a sur b n'est prise que si la différence de leurs performances du scénario est supérieur à ce seuil.

Le Tableau 41 résume les seuils d'indifférence et de préférence de tous les critères.

Tableau 41 : Résultats des seuils d'indifférence et de préférence de tous les types de critères influençant le choix du système de gestion des déchets ménagers

Critères	Seuils	
	q	p
Harmonisation avec la structure législative (S1)	0,8	2,4
Application des priorités de la législation (S2)	0,8	2,4
Acceptation sociale (S3)	0,9	2,7
Possibilités de création de nouveaux jobs (S4)	0,7	2,1
Niveau d'impact environnemental possible (E1)	0,5	1,5
Émissions d'air (E2)	0,4	1,2
Génération des eaux usées (E3)	0,4	1,2
Production des résidus solides (E4)	0,8	2,4
Pollution par le bruit (E5)	0,3	0,9
Nuisance visuelle (E6)	0,7	2,1
Coût total d'investissement (F1)	0,6	1,8
Coût d'opération et de maintenance (F2)	0,6	1,8
Exigences du terrain (F3)	0,4	1,2
Production des matériaux secondaires utiles (F4)	0,8	2,4
Fonctionnalité (T1)	0,4	1,2
Fiabilité de l'expérience existante (T2)	0,4	1,2
Adaptabilité en conditions locales (T3)	0,3	0,9
Flexibilité (T4)	0,5	1,5

e- Résultats du Logiciel Lab :

	S1	S2	S3	S4	E1	E2	E3	E4	E5	E6	F1	F2	F3	F4	T1	T2	T3	T4
Min/Max	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize	Maximize
Weight	0.0750	0.0750	0.0625	0.0375	0.0750	0.0600	0.0600	0.0600	0.0300	0.0150	0.1050	0.0900	0.0450	0.0600	0.0375	0.0450	0.0375	0.0300
Type	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Q	0.8000	0.8000	0.9000	0.7000	0.5000	0.4000	0.4000	0.8000	0.3000	0.7000	0.6000	0.6000	0.4000	0.8000	0.4000	0.4000	0.3000	0.5000
P	2.4000	2.4000	2.7000	2.1000	1.5000	1.2000	1.2000	2.4000	0.9000	2.1000	1.8000	1.8000	1.2000	2.4000	1.2000	1.2000	0.9000	1.5000
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Threshold Unit	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute	Absolute
Average	6.0000	5.7143	6.1429	6.2357	5.0000	5.0000	5.7143	5.1429	6.7143	4.8571	6.4286	6.5714	4.8571	5.5714	7.2357	8.2357	7.4286	7.2357
Standard Dev.	2.8284	2.6904	3.1320	2.4876	1.8257	1.2910	1.7043	2.6726	0.9512	2.2878	2.2254	2.0702	1.5726	2.5728	1.3801	1.3801	0.9759	1.6136
Unit																		
Système 1	1.0000	1.0000	1.0000	2.0000	2.0000	3.0000	4.0000	1.0000	8.0000	1.0000	9.0000	9.0000	3.0000	1.0000	9.0000	10.0000	9.0000	9.0000
Système 2	4.0000	4.0000	4.0000	6.0000	4.0000	5.0000	4.0000	3.0000	7.0000	4.0000	8.0000	6.0000	5.0000	4.0000	7.0000	8.0000	7.0000	8.0000
Système 3	5.0000	5.0000	5.0000	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	4.0000	7.0000	5.0000	8.0000	8.0000	7.0000	6.0000	8.0000	9.0000	8.0000	8.0000
Système 4	9.0000	9.0000	10.0000	7.0000	7.0000	6.0000	7.0000	9.0000	8.0000	8.0000	7.0000	8.0000	6.0000	9.0000	8.0000	9.0000	8.0000	7.0000
Système 5	7.0000	7.0000	9.0000	8.0000	7.0000	7.0000	7.0000	7.0000	7.0000	7.0000	6.0000	7.0000	4.0000	7.0000	6.0000	7.0000	7.0000	7.0000
Système 6	8.0000	6.0000	6.0000	8.0000	6.0000	5.0000	8.0000	6.0000	6.0000	4.0000	4.0000	5.0000	6.0000	5.0000	8.0000	9.0000	7.0000	8.0000
Système 7	8.0000	8.0000	8.0000	9.0000	5.0000	5.0000	6.0000	6.0000	5.0000	5.0000	3.0000	3.0000	3.0000	7.0000	5.0000	6.0000	6.0000	4.0000

Figure 76 : Résultats de la méthode PROMETHEE pour les systèmes de gestion des déchets ménagers à Khouribga

La figure 76 présente les résultats de la méthode PROMETHEE pour les systèmes de gestion des déchets solides à Khouribga avec l'utilisation de la fonction linéaire. Les résultats du calcul du flux pour les 7 systèmes.

	$\Phi+$	$\Phi-$	Φ
Système 1	0.3139	0.5902	-0.2763
Système 2	0.2467	0.4902	-0.2435
Système 3	0.3309	0.3589	-0.0280
Système 4	0.6319	0.0973	0.5346
Système 5	0.4697	0.2614	0.2082
Système 6	0.3650	0.3418	0.0232
Système 7	0.2847	0.5029	-0.2182

Figure 77 : Résultats des flux des systèmes de gestion de déchets ménagers par le logiciel de décision Lab.

On constate que les systèmes 4-5-6 ont des flux positif tandis que les autres systèmes 1-2-3-7 présentent des flux négatifs, d'après le résultat des flux le classement des systèmes est comme suit :(tableau 42)

Tableau 42: Classement des systèmes de gestion de déchets ménagers dans la ville de Khouribga

systeme	Classement
Système 4	1
Système 5	2
Système 6	3
Système 3	4
Système 7	5
Système 2	6
Système 1	7

La figure 78 présente le classement partiel, tandis que la figure 79 illustre le classement complet des schémas alternatifs du meilleur au pire en termes de flux net avec l'utilisation de la fonction linéaire.

Les systèmes 4, 5, 6, et 3 sont de l'ordre décroissant de préférence alors que les systèmes 7, 2 et 1 sont incomparables vis-à-vis de la méthode

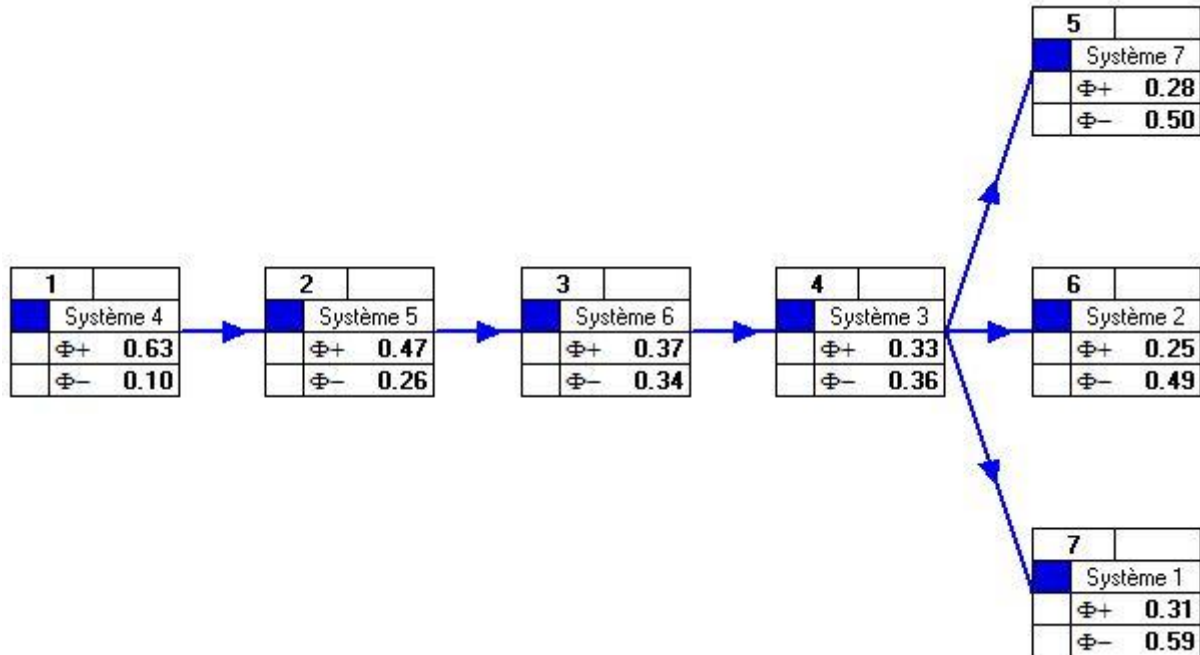


Figure 78: Classement partiel PROMETHEE I des systèmes de alternatives de gestion des déchets ménagers à Khouribga avec le l'utilisation de la fonction linéaire

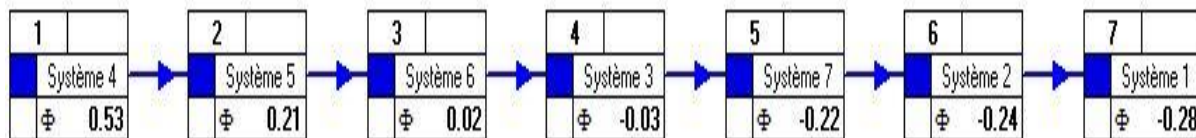


Figure 79 : Classement complet PROMETHEE II des systèmes de gestion des déchets des déchets ménagers à Khouribga avec l'utilisation de la fonction linéaire (les schémas sont classés du plus préféré à gauche au moins préféré à droite)

L'équilibre optimal entre les critères sociaux, environnementaux, financiers et techniques est assuré par le système de gestion 4. Plus spécifiquement, les priorités pour le traitement de déchets ménagers à Khouribga sont dans l'ordre suivant: système 4, système 5, système 6, système 3, système 7, système 2, système 1.

Les figures de 80 à 86 sont fournies par l'option de profil du logiciel DECISION LAB et présentent la comparaison de préférence des sept systèmes de gestion pour les différents critères. Les scores sont compris entre 1 (le meilleur) et -1 (le pire). Grâce à ces évaluations, les côtés forts et faibles de chaque système de gestion sont connus d'avance

La figure 80 (système1) montre que les critères sociaux (S1 - S4), ainsi que ceux de l'environnement (E1 - E4, E6) ont un effet négatif sur le système 1, sauf pour le critère environnemental E5 qui est relative à la pollution par le bruit qui semble avoir un effet positif sur le système 1. En outre, les critères financiers F1 - F2 (coût total d'investissement, coût

d'opération et de maintenance) semblent avoir une influence positive sur ce schéma, tandis que les critères F3 et F4 (exigences du terrain, production de matériaux secondaires utiles) semblent avoir des impacts négatifs sur le schéma 1. Enfin, tous les critères techniques (T1 - T4) ont des effets positifs sur le schéma 1.

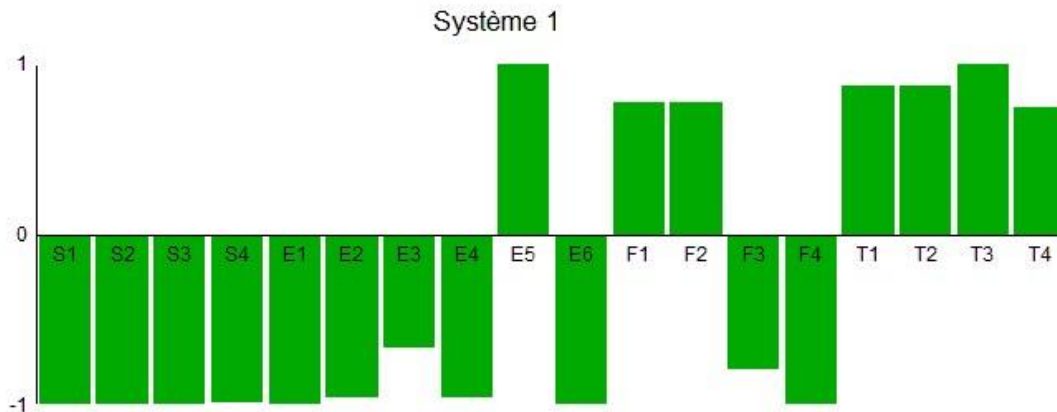


Figure 80 : Effet de chaque critère sur le système alternatif de gestion 1 de déchets ménagers dans la ville de Khouribga

Il est montré dans la figure 80 du système1, que tous les critères sociaux (S1 - S4) et la plupart des critères environnementaux (E1 - E4, E6) affectent négativement le système 1. Toutefois, le critère E5, lié à la pollution par le bruit, contribue positivement au système 1. En outre, les critères financiers F1 et F2 concernant le coût d'investissement total et les coûts d'opération et de maintenance semblent être plutôt bénéfique pour le système, tandis que F3 et F4, qui sont liés aux exigences du terrain et production de matériaux secondaires utiles, ont des répercussions négatives sur ce système. Enfin, tous les critères techniques présentent des points avantageux pour le système.

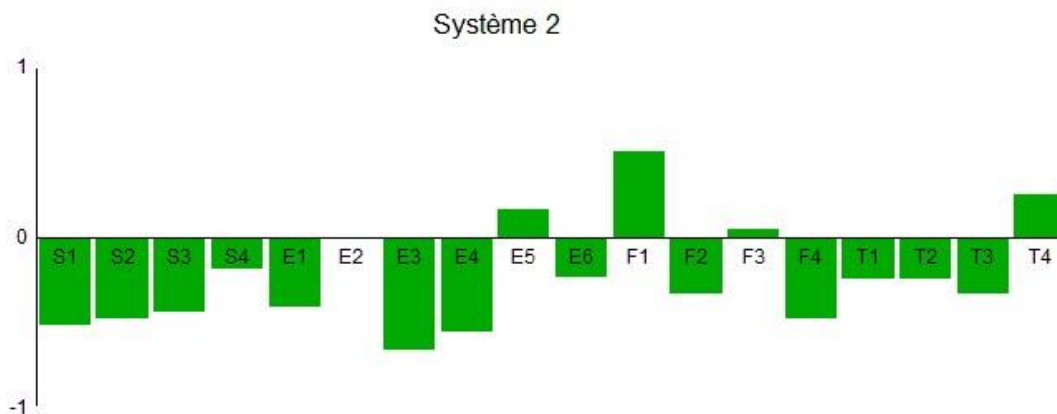


Figure 81 : Effet de chaque critère sur le système alternatif de gestion 2 de déchets ménagers dans la ville de Khouribga

Les effets des critères sur le système de gestion 2 présenté dans la figure 81 montre que tous les critères sociaux affectent négativement le système, aussi tous les critères environnementaux sauf le E2 et E5 affectent négativement le système, les critères E 2 et E5 liés à l'émission d'air et la pollution par le bruit ont un impact positif sur le système 2, tandis que les critères financier F1 et F3 ont des effets positifs alors que les critères F2 et F4 concernant les coût d'opération de maintenance et production de matériaux secondaires utiles affectent négativement le système. Tous les critères techniques affectent négativement le système à l'exception du critère T4 lié à la flexibilité qui présente un effet positif. Il est vu que la majorité des critères affectent négativement le système 2.

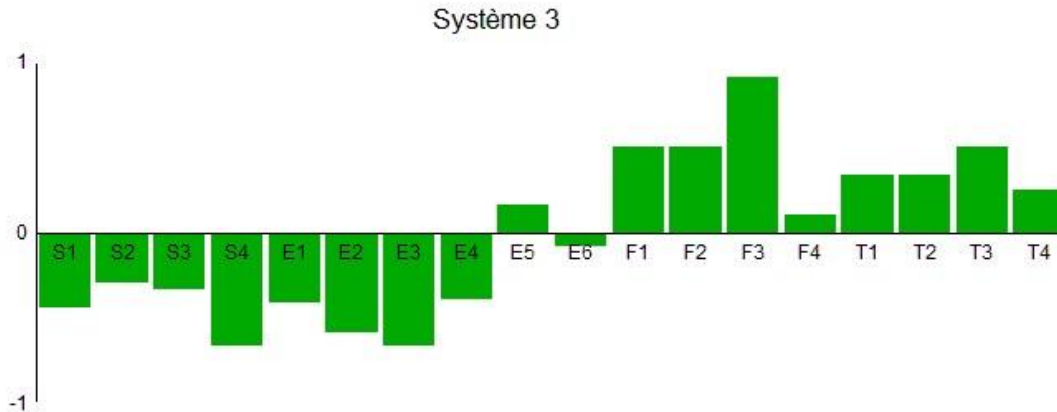


Figure 82 : Effet de chaque critère sur le système alternatif de gestion 3 de déchets ménagers dans la ville de Khouribga

La figure 82 montre que les critères sociaux (S1-S4) ainsi que ceux de l'environnement (E1- E4, E6) ont un effet négatif sur le système 3, sauf pour le critère environnemental E5 qui est relative à la pollution par le bruit qui semble avoir un effet positif. En outre, tous les critères financiers (F1-F4) présentent un score positif pour le système. Aussi tous les critères techniques (T1-T4) marquent des points positifs pour le système. Ainsi, ce système présente plus d'avantages que les systèmes précédents.

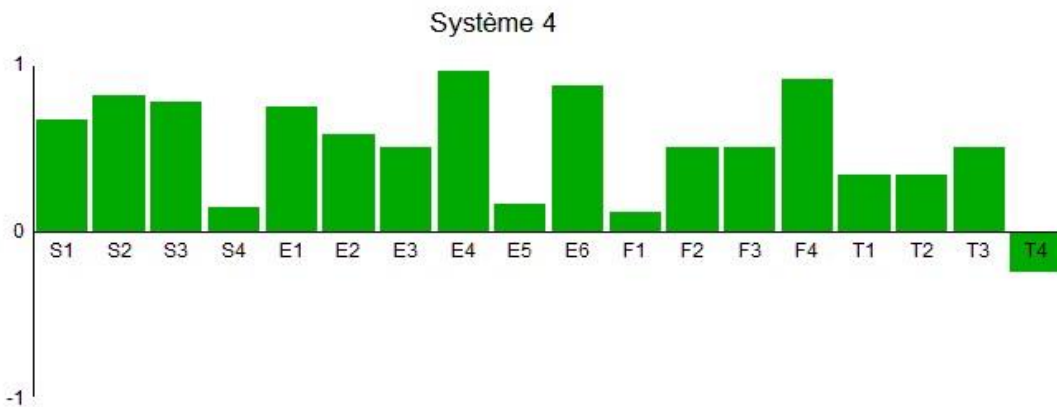


Figure 83 : Effet de chaque critère sur le système alternatif de gestion 4 de déchets ménagers dans la ville de Khouribga

Il est montré dans la figure 83 que tous les critères sociaux (S –S4), aussi environnementaux (E1 – E6) , les critères financier (F1 -F4) et la majorité des critère technique (T1 – T3) présentent un effet positif sur le système 4 sauf le critère technique T4 lié à la flexibilité qui présente un effet négatif sur le système 4, ce système présente plusieurs plus d'avantages que des inconvénients.

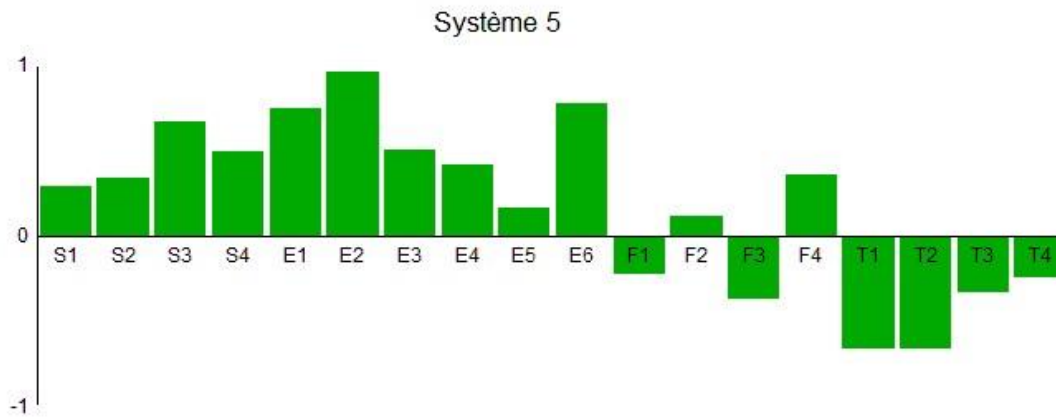


Figure 84 : Effet de chaque critère sur le système alternatif de gestion 5 de déchets ménagers dans la ville de Khouribga

La figure 84 montres que les critères sociaux (S1–S4) et tous les critères environnementaux (E1–E6) présentent un effet positif pour le système 5, les critères financiers (F 1, F3) liés au cout de l’investissement et exigences du terrain contribuent négativement sur le système 5. Alors que les critères financiers F2 et F4 liés à cout d’opération et de maintenance et la production des matériaux secondaires utiles contribuent positivement au système. Les critères techniques (T1 – T4) ne sont pas favorables pour le système 5.

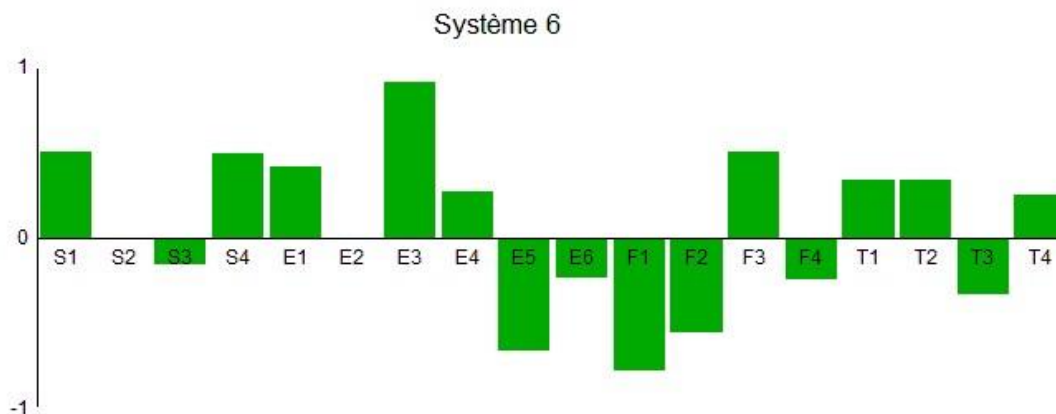


Figure 85 : Effet de chaque critère sur le système alternatif de gestion 6

Dans la figure 85, il est évident que les critères sociaux S1 et S4 affectent positivement le système. Tandis que le critère social S2 concernant l’application des priorités de la législation n’a pas d’influence sur ce système par contre le critère social S3 présente un léger effet négatif sur le

système 6. Les critères environnementaux (E1, E3 – E4) sont pour le système 6, le critère E2 lié aux émissions d'air n'a aucun effet sur le système. Les critères financiers F1, F2 et F4 rejettent le système alors que le critère financier F3 sur les exigences du terrain l'appuie positivement. Tous les critères techniques T1, T2, T4 soutiennent le système 6 sauf le critère technique T3 lié à l'adaptabilité aux conditions locales.

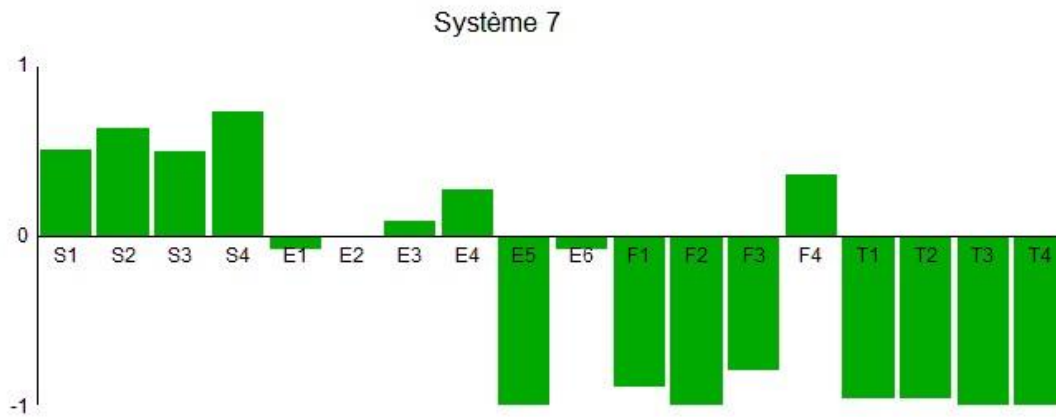


Figure 86 : Effet de chaque critère sur le système alternatif de gestion 7

La figure 86 Sur le système 7 montre un effet positif de tous les critères sociaux, les critères environnementaux présentent des effets négligeables sur le système sauf le critère E4 lié à la production des résidus solides qui présente un effet positif, tous les autres critères soit financiers ou technique ont un effet négatif sauf le critère financier F4 lié à la production de matériaux secondaires utiles.

La comparaison des sept systèmes montre des différences entre les systèmes et leurs relations avec les critères, cependant le système 4 présente plus d'avantages et de corrélation avec les critères d'évaluation.

Analyse de sensibilité de la méthode PROMETHEE

Des outils interactifs sont disponibles pour faciliter une large sensibilité et une robuste analyse. Il est possible de calculer les intervalles de stabilité du poids pour des critères individuels ou pour des catégories des critères. La fenêtre du poids variant (Figure 87) peut être utilisée pour modifier de manière interactive les poids des critères et de voir immédiatement l'impact de la modification sur le classement complet Promethee II et sur la position de l'axe de la décision dans le plan GAIA. Cela peut être utile particulièrement lorsque le décideur n'a aucune idée claire sur les poids appropriés des critères et veut explorer son espace de liberté.

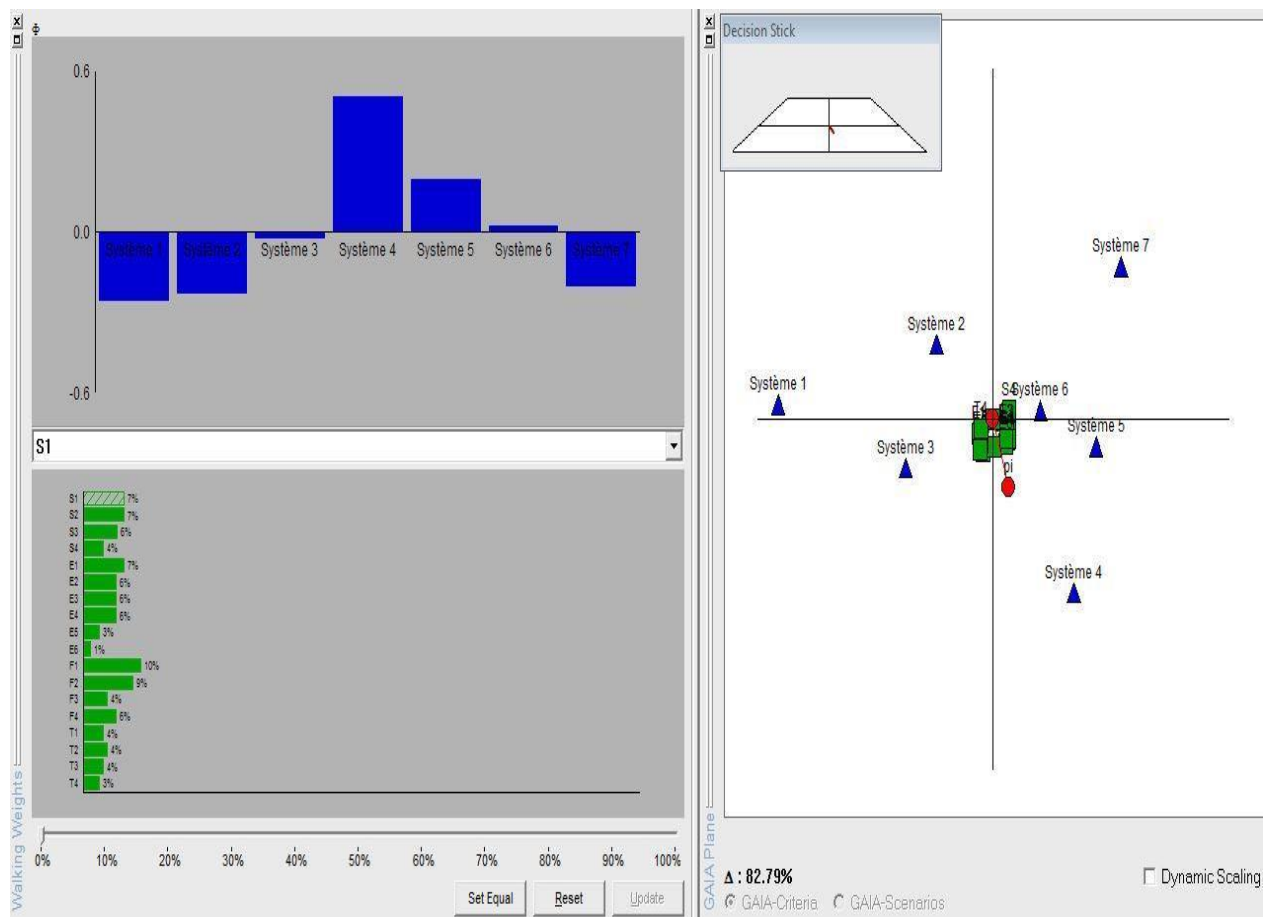


Figure 87 : Sensibilité des résultats pour le choix d'un modèle de gestion de déchets ménagers aux variations des entrées

En général, l'analyse de sensibilité fournit des informations sur la façon dont la variation des entrées change le résultat (sorties) d'un modèle (**French & Papamichail, 2003**). Le résultat doit être interprété avec grand soin toutes les fois qu'il change de manière significative pour les fluctuations d'entrée qui sont avec l'erreur réel ou - peut-être plus approprié - dans l'intervalle de confiance (**French & Geldermann, 2005**).

D'abord, avec l'analyse de sensibilité, l'importance de la grandeur d'incertitudes dans les données et les modèles est évaluée par les décideurs. En outre, ils peuvent juger si l'analyse est nécessaire ou s'ils doivent recueillir plus de données pour permettre une analyse plus sophistiquée (**French & Insua, 2000**). Dans un deuxième temps, on doit chercher un compromis entre les décideurs (**Renn et al. 1995**).

Ainsi, dans ce travail le logiciel qui a été appliqué pour l'AMC fournit la possibilité du traitement des résultats en changeant les poids des critères. Par conséquent, cette option est appropriée pour analyser la sensibilité de la commodité de décision en ce qui concerne les poids des critères.

La figure 88 illustre, pour chaque critère, les limites de poids qui pourraient être varié sans changer le classement complet Promethee par l'utilisation de la fonction linéaire.

	Interval		% Weight	% Interval	
	Min	Max		Min	Max
S1	0.0503	0.2779	7.50%	5.15%	23.10%
S2	0.0521	0.2825	7.50%	5.34%	23.40%
S3	0.0355	0.2933	6.25%	3.65%	23.83%
S4	0.0100	0.1741	3.75%	1.02%	15.32%
E1	0.0187	0.6457	7.50%	1.98%	41.11%
E2	0.0257	0.3861	6.00%	2.67%	29.12%
E3	0.0276	0.3136	6.00%	2.86%	25.02%
E4	0.0297	0.3453	6.00%	3.06%	26.87%
E5	0.0000	0.0516	3.00%	0.00%	5.05%
E6	0.0000	0.3461	1.50%	0.00%	26.00%
F1	0.0000	0.1232	10.50%	0.00%	12.10%
F2	0.0000	0.1195	9.00%	0.00%	11.61%
F3	0.0056	0.0753	4.50%	0.58%	7.31%
F4	0.0297	0.2047	6.00%	3.06%	17.88%
T1	0.0000	0.0667	3.75%	0.00%	6.48%
T2	0.0000	0.0742	4.50%	0.00%	7.21%
T3	0.0000	0.0621	3.75%	0.00%	6.06%
T4	0.0000	0.0502	3.00%	0.00%	4.92%

Figure 88 : Intervalles de stabilité pour la fonction linéaire utilisée dans l'analyse Promethee pour le choix d'un système de gestion approprié de déchets ménagers

Les critères S1 (harmonisation avec la structure législative existante), S2 (Application des priorités de la législation), E1 (Niveau d'impact environnemental possible), F1 (Coût total d'investissement), F2 (Coût d'opération et de maintenance) ont le % de poids le plus important donc ils présentent un grand impact sur le classement complet. Ainsi, l'analyse de sensibilité se basera sur la modification de ces critères importants.

Le tableau 43 illustre les résultats des informations analytiques concernant la modification du classement complet par la variation du poids des critères sélectionnées :

Le Tableau 43 indique que la variation des coefficients de poids dans les critères choisis ne change pas le classement des deux premières positions système 4 suivi du système 5. Plus spécifiquement, le système 4 semble être le meilleur schéma de compromis, tandis que les systèmes 5 et 6 possèdent la deuxième et la troisième position respectivement.

Tableau 43 : Résultats des informations analytiques concernant la modification du classement complet des systèmes de gestion appropriés des déchets ménagers par la variation du poids des critères sélectionnées.

critère	Variation de poids	classement
S1	7 → 2	4 → 5 → 3 → 6 → 2 → 1 → 7
	7 → 12	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
	7 → 17	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
S2	8 → 2	4 → 5 → 6 → 3 → 2 → 1 → 7
	8 → 12	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
	8 → 17	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
E1	8 → 2	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
	8 → 12	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
	8 → 17	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
F1	10 → 5	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
	10 → 2	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
	10 → 12	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
	10 → 17	4 → 5 → 3 → 6 → 2 → 1 → 7
	10 → 22	4 → 5 → 3 → 6 → 1 → 2 → 7
F2	9 → 4	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
	9 → 1	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
	9 → 16	4 → 5 → 3 → 6 → 1 → 2 → 7
	9 → 21	4 → 5 → 3 → 6 → 1 → 2 → 7
F4	6 → 1	4 → 5 → 6 → 3 → 2 → 7 → 1
	6 → 11	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
	6 → 16	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
T2	5 → 1	4 → 5 → 6 → 3 → 7 → 2 → 1
	5 → 11	4 → 5 → 6 → 3 → 1 → 2 → 7
	5 → 16	4 → 5 → 6 → 3 → 1 → 2 → 7

II.5-Conclusion :

Cette section est basé sur le développement et l'application de l'approche « Analyse de Décision Multicritères » afin de choisir parmi les systèmes alternatifs le meilleur compromis pour la gestion des déchets ménagers dans la ville de Khouribga. Ce choix est basé sur la comparaison des alternatives selon leurs exécutions en ce qui concerne des critères sociaux, environnementaux, financiers et techniques.

Les résultats obtenus montrent que le système 4 est le plus adaptable à la ville de Khouribga :

Système 4 Collecte des matériaux recyclables dans une poubelle ⇒ Récupération Sélective des matériaux (récupération du verre, papiers, plastiques, métaux ferreux et non ferreux) et dans une autre poubelle les matériaux biodégradables ⇒ Compostage et les résidus ⇒ Décharge.

La **Figure 89** donne une représentation schématique du système 4 sélectionné. Les déchets ménagers sont misent par les habitants dans deux containers : l'un pour les matériaux recyclables (papier, verre, plastiques et métaux) et l'autre pour le reste des déchets (composés principalement de matières organiques biodégradables), les matières organiques biodégradables sont envoyées pour le compostage. Pendant le compostage, le déchet est activé pour aider le processus de dégradation des matières organiques et aussi pour atteindre des températures maximales pour éliminer les agents pathogènes. Les effluents gazeux du processus de compostage sont aspirés vers un bio-filtre pour leur traitement avant d'être rejetés dans l'atmosphère.

Le produit bio-stabilisé est passé à travers un processus de raffinage pour enlever tout résidu de verre et autres impuretés indésirables. Ces contaminants sont envoyés à la décharge, tandis que les petites particules forment le compost.

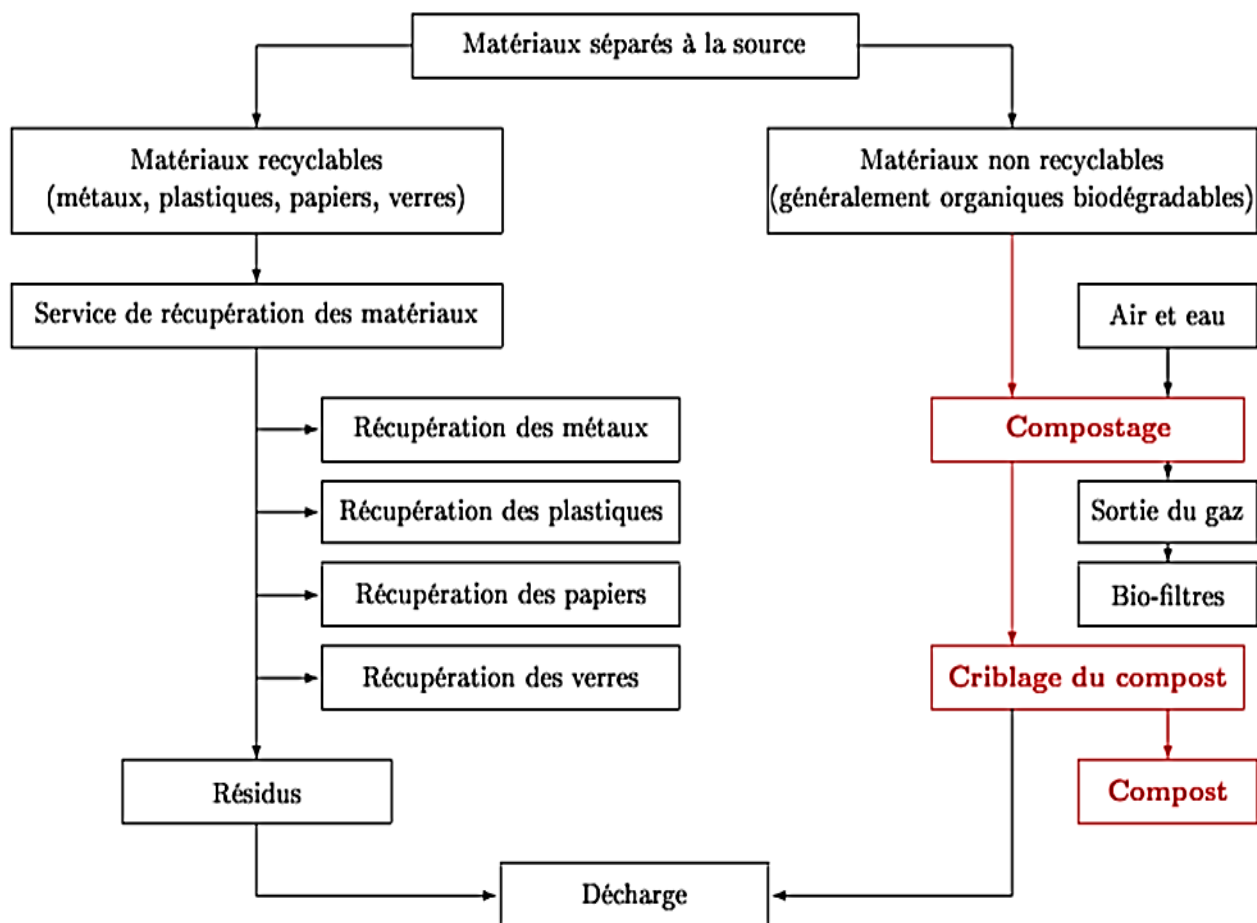


Figure 89 : Représentation du système 4 de gestion des déchets ménagers

Les systèmes 5, 6 et 3 présentent un niveau positif mais ils sont moins efficaces et convenables par rapport au système 4. Alors que les systèmes de gestion les plus déconseillés sont les systèmes 7, 2 et 1.

Ainsi, les résultats rapportés par la méthode PROMETHEE sont en accord avec nos suggestions précédentes : i) sur l'incitation des citoyens pour s'impliquer dans la séparation des déchets à la source et ii) encourager le travail des chiffonniers dans un cadre légal, organisé et bien suivi par la communauté ou la société déléguée iii) impliquer la technique du compostage pour valoriser les matières organiques et réduire ainsi le volume et les nuisances environnementaux des déchets transférés aux décharges.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Face aux menaces qui pèsent lourdement sur notre milieu de vie, il est temps que tous les acteurs et les décideurs que ce soit politiques, économiques ou sociaux, commencent à se sentir réellement concernés à la problématique afin de contribuer à la sauvegarde de notre environnement.

En effet, les nuisances sont multiples et les impacts sont redoutables et dans l'arsenal des dégradations, la production de déchets ne tient pas une place mineure, face à la marée montante de ces déchets et leurs impacts multiples sur l'environnement et la santé humaine. D'autre part, les solutions proposées restent uniquement réglementaires, certes nécessaires, mais sont insuffisantes pour infléchir la tendance et changer le comportement des consommateurs.

Le Maroc un pays en voie de développement n'échappe pas à ce problème, avec un coût de dégradation de l'environnement de l'ordre de 13 Milliard de Dh/an soit plus que 3% du PIB. Ainsi, notre pays est obligé de multiplier ses efforts pour faire face aux menaces environnementales. C'est dans ce cadre que des objectifs ambitieux en matière de gestion des déchets ont été fixés par le Ministère de l'environnement, ces objectifs proclament des enjeux différents d'ordres politique, économique, écologique et financière. Cependant, malgré le progrès constaté dans quelques villes marocaines, la gestion des déchets ménagers constitue un handicap pour toutes les communes marocaines, et les modes de gestion pratiqués restent loin des évolutions reconnus dans ce domaine.

Cette recherche a pris en charge l'analyse de la gestion des déchets ménagers, en effet, il existe différents principes et modes de gestion des déchets ménagers, dont l'usage varie selon les pays, les régions et les politiques. Cependant, l'analyse de la problématique de la gestion des déchets touche plusieurs domaines à savoir économique, technique et même social, d'où la nécessité d'avoir une vision très large afin d'amener tel analyse. Aussi, cette démarche environnementale globale et durable nécessite des budgets importants pour sa mise en place, c'est dans ce souci que notre recherche a choisi une ville de taille moyenne situé dans la région centre du Maroc et qui connaît des mutations similaires à de nombreuses villes du Maroc tel la ville de Khouribga, afin de procéder à une analyse de son systèmes de gestion des déchets ménagers et étudier des propositions d'amélioration de ce systèmes de gestion, le modèle résultant de ladite recherche peut par la suite constituer une référence pour d'autres régions.

Analyser le système de gestion des déchets ménagers de la ville de Khouribga en vue de proposer des solutions pouvant amener à un système de gestion durable dans cette ville tel a été l'objectif de notre recherche, et afin de cerner et analyser la problématique de toutes ces côtés critiques, cette recherche a décidé de poursuivre le circuit habituel des déchets ménagers en traitant chaque étape du circuit. Par la suite, une étude sur les solutions et les perspectives qui sont susceptibles d'apporter un changement au constat en tenons en considération les progrès des sciences dans ce domaine et sans oublier les spécificités relatives à notre cas.

En effet, nous avons procédé par une répartition de la recherche en quatre axes. Après la synthèse bibliographique qui nous a permis de comprendre les notions principales relatives aux déchets et particulièrement aux déchets ménagers et à leur gestion, un accès à la compréhension du contexte marocain dans le domaine de la gestion des déchets ménagers, le système de gouvernance appliqué, les textes de lois réglementant le domaine, les modes de gestion pratiqués, le niveau de développement reconnu et les différents difficultés et obstacles entravant la modernisation du secteur, par la suite, notre travail sur la ville de Khouribga a commencé par la collecte des données sur cette région et l'analyse de son système de gestion des déchets ménagers a travers la recherche des informations et le suivi de ce secteur, un suivi qui a été réalisé durant ces années de

recherche et qui nous a permis d'identifier les sources clés d'une amélioration suggérée de ce mode de gestion.

L'analyse de l'état actuel de la gestion des déchets au niveau de la ville de Khouribga a révélé l'existence de plusieurs défiances, soit au niveau des opérations quotidiennes de gestion des déchets ménagers pour la société délégué, s'occupant de ce secteur, aussi au niveau de la charge financière qui ne cesse d'augmenter appesantissant le budget du conseil communal de la ville, l'insatisfaction des habitants en face de ce service dit publique, sans ni au moins négliger la situation environnemental causé par l'impact de ce mode de gestion sur l'environnement et le risque qui présente sur la santé humaine. Les résultats trouvés par cette étude sur l'étape de la mise en décharge des déchets ménagers dans cette ville renforcent plus l'orientation vers la recherche d'un mode de gestion adéquat. En fait, le premier article rédigé dans le cadre de cette thèse "impact de la décharge de la ville de Khouribga sur les caractéristique des eaux des puits avoisinantes" illustre la nécessité d'un mode de gestion durable.

Dans le troisième axe, une recherche de solutions les plus adéquates au contexte particulier de la ville et de la spécificité du pays, et en prenant en considération les différentes techniques modernes reconnus dans ce domaine par les pays les plus avancés, nous a orienté vers l'exploitation du principe des 3R: réduire, réutiliser et recycler. En effet, il existe différents principes de gestion des déchets et quelles que soient les procédés, le principe qui est reconnu comme pierre angulaire d'une gestion optimale des déchets réside dans le fait d'utiliser au maximum les matériaux et de générer le minimum de rebuts, représenté par le concept des 3R, ce principe qui constitue la base de toute gestion de déchets ne peut être utiliser sans l'implication du consommateur producteur de déchets, dans cet optique, nous avons étudié le comportement du citoyen de la ville vers les déchets ménagers et le degrés de son implication dans un système de gestion assurant la durabilité et la pérennité d'un mode de gestion moderne et optimale, une étude qui a été le sujet de notre deuxième publication, l'étude a suscité que le défi est donc de transformer le producteur de déchets en "acteur-citoyen" adhérant aux programmes de gestion des déchets afin de réduire les quantités de déchets résiduels et de baisser les coûts de gestion, car d'après tous les données recueillis nous avons la certitude qu'aucune amélioration ne peut être assurée sans l'adhésion du citoyen.

Afin d'exploiter d'avantage ce concept, nous avons suggéré l'implication de l'économie social, un nouveau concept qui prend place durant ces dernière année dans plusieurs régions et touchant différents domaines, en effet, à travers l'implication des chiffonniers, un axe qui n'est pas exploité dans ce secteur et qui, d'après les résultats de l'étude qu'on a mené, prouve qu'il constitue un créneau qui doit être exploité et organisé, en effet les données obtenus montrent bien que l'exploitation du concept de l'économie social présente une solution pour un bon usage du concept des 3R.

Du fait que notre problématique touche aussi l'aspect géographique, l'étude des caractéristiques spécifiques de notre région d'étude et l'exploitation de ces données, sans s'éloigner du principe des 3R, nous a permis d'orienter la valorisation des déchets vers des créneaux spécifiques à la région et qui doivent être exploité afin de minimiser les gisements de déchets.

Dans le dernier axe étudié dans cette recherche, on a exploité également les méthodes nouvelles de la prise de décision tel que les méthodes d'analyse multicritères pour la prise de décision en utilisant spécifiquement la méthode PROMETHEE basé sur le logiciel LAB pour proposer le

système de gestion le plus approprié à notre cas. Les résultats de cette partie de l'étude convergent bien vers l'usage du concept des 3R ce qui approuve notre vision déjà étudiée, en effet le système 4 approuvé par le logiciel se base sur le tri et le recyclage des déchets.

D'après notre étude, un meilleur système de gestion des déchets ménagers est celui qui offre une réduction des quantités des déchets, la maîtrise des coûts et la protection de l'environnement ce système réside donc dans l'utilisation du principe des 3R qui a été bien exploité dans cette recherche.

Dans les volets de notre étude, on a proposé un système qui apporte une meilleure maîtrise de la gestion des déchets ménagers tout en respectant l'environnement et tenant compte des caractéristiques de cette ville. Ce système pourrait être un modèle pour toute commune qui présente des points de ressemblance avec la nôtre, tel est le cas de plusieurs villes marocaines.

Cette thèse donne un élément de réponse à de nombreuses interrogations laissant à une étude complémentaire le soin d'évaluer les performances environnementales des technologies de prétraitement - séparation, tri mécanique, incinération, dégradation ou valorisation - des déchets ménagers.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADAPRA, 2002, Faisabilité du conditionnement et de la valorisation des déchets des ateliers de transformation de poissons régionaux rapport final, Adapra, ,6p.

ADEME, 2005, La tarification des ordures ménagères liée à la quantité de déchets : enseignements des expériences européennes et perspectives pour la France, Paris, 53 p.

Ahotondji V, 2009, Environnement-Bénin : Des médecins déconseillent les sacs plastiques, Inter Press Service, 2009, page consultée le 22/08/2009 (en ligne).Version html de l'adresse : <http://www.ipsnews.net>.

Amir S., Hafidi M., Merlina G, Revel J-C, 2005, Sequential extraction of heavy metals during composting of sewage sludge. *Chemosphere* 59, 6, 801-810.

Amir, S., Abouelwafa, R., Meddich, A., Souabi, S., Winterton, P., Merlina, G., Revel, J-C., Pinelli, E., Hafidi, M, 2010, PLFAs of the microbial communities in composting mixtures of agro-industry sludge with different proportions of household waste. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 64, 7, 614-621.

Angus McNeill, Michel Blanc,et Kim Des Rochers, 2008, DE LA MER AU TERROIR : VALORISATION DES DÉCHETS DE POISSON, *Lettred'information sur les pêches* Numéro 126, p31 36.

Appolinaire Kombassere, 2007, L'accès à l'eau potable et les risque diarrhétiques dans les zones irrégulières de Ouagadougou : Les cas de Yamtenga, .

Balet J, 2005, Gestion des dechets, Paris Dunold.

Bénard François, 2008, Gestion des déchets et développement de la redevance incitative : exemple de transformation du modèle économique d'un service public, *Flux*, n°74, p.30-46.

Bertolini Gérard, 2008, le service public local des déchets ménagers à la recherche d'indicateurs de performance, *Annales des Mines-Réalités industrielles*, p.80-88

Bertolini, G, 1990, Le marché des ordures : économie et gestion des déchets ménagers, Collection « Environnement » L'Harmattan, 206 p

Bleuchot, H., 1969, Une ville minière marocaine : Khouribga. *Revue de l'occident musulman et de la méditerranée*. 6, pp. 29-51.

Blum, A., Chery, L., Barbier, J., Baudry, D., Petelet-Giraud, E., 2002, Contribution à la caractérisation des états de référence géochimiques des eaux souterraines. Outils et méthodologie. Rapport BRGM/RP -54549-Fr.

Boulakjame N, 1997, Le rayonnement géographique de la ville de Khouribga Maroc.

Brans, J., & Mareschal, B, 1994, The promcalc and gaia decision-support system for multicriteria decision aid. *Decis Support Syst*, 12 , 297-310.

Calijuri,M .,Marques,E.,Lorentz,J.,Azevedo,R., & Carvalho, C, 2004, Multicriteria analysis for the identification of waste disposal areas. *Geotech Geol Eng*, 22,299-312.

CCME, 1999. Conseil canadien des ministres de l'environnement Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement / des eaux : protection de la vie aquatique, Oxygène dissous (eau douce), 7p.

Chebani C , 2011, L'environnement au Maroc, Chambre Française de Commerce et d'Industrie du Maroc,33p

Deci, E. L. et Ryan, R. M, 1985, *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*, Plenum Press, New York, 371 p.

Diop O, 1989, Méthodologie systématique multicritère appliquée à la gestion des déchets solides urbains de Dakar (Sénégal), *T.S.M eau*, 187-191p.

DGCL, 2010, Direction des collectivités locales, Ministère de l'intérieur et MATEE, Ministère d'aménagement du territoire eau et environnement, Plan national des déchets ménagers.

Djermakoye, 2005, Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse de doctorat, Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie, Université de Bamako, République du Mali, 135 p.

Doucouré Djibril et El Housseynou LY, 2003, Connaissance des coûts et maîtrise des flux financiers par les collectivités publiques,

Dulmin, R., & Mininno, V., 2003, Supplier selection using a multi-criteria decision aid method. *Purchasing and Supply Manage*, 9, 177–187.

Duprés Mickaël, 2013, Représentations sociales du tri sélectif et des déchets en fonction des pratiques de tri, *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, Numéro 98, Pages 173 - 209.

El Assel, N., Kchikach, A., Durllet, C., AlFedy, N., El Hariri, K., Charroud, M., Jaffal, M., Jourani, E., Amaghaz, M., 2013, Mise en évidence d'un Sénonien gypseux sous la série phosphatée du bassin des Ouled Abdoun: Un nouveau point de départ pour l'origine des zones dérangées dans les mines à ciel ouvert de Khouribga, Maroc. *Estudios Geológicos* (in press).

El Kory Ould-Cheik, M., N'Diaye, A.D., Dick B.A., M'Baye, B.K., Mint Mohamed Salem, O.S., El Kory, M.B., 2011, Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la wilaya de Nouakchott. *ScienceLib Editions Mersenne*, 3, N ° 111202.

Elliot, H.A., Liberati, M.R., Huang, C.P., 1986. Competitive adsorption of heavy metals by soils. *J. Environ. Qual.*, 15, 214-219.

Emmanuelle Le Dorlot, Les déchets ménagers : pour une recherche interdisciplinaire, *Strates*, 11/2004, mis en ligne le 14 janvier 2005.

Fiorello, 2010, L'approche marketing public du comportement de gestion durable des déchets : Le cas des Alpes-Maritimes, p.9-22.

Fiorello, 2011, Le comportement de tri des déchets ménagers : une approche marketing, p. 26-512.

French, S., & Insua, D. R. (2000). *Statistical Decision Theory*. London : Edward Arnold.

French, S., & Papamichail, N. (2003). *Decision Behaviour Analysis and Support Decision-Making And How Computers And Analysis Bay Support This*. Manchester : Manchester Business School (MBS).

French, S., & Geldermann, J. (2005). The varied contexts of environmental decision problems and their implications for decision support. *Environ Sci Policy*, 8, 378– 391.

Fullerton D et Kinnaman T. C., 1995, Garbage, recycling and illegal burning or dumping, In GLACHANT M., 2004, La politique nationale de tarification du service des déchets ménagers en présence de politique hétérogènes, 31p.

GIZ, Le réseau régional d'échange d'informations et d'expertises dans le secteur des déchets solides dans les pays du Maghreb et du Machreq, *Rapport sur la gestion des déchets solides au MAROC*, 2014, 57p.

Gomez, La problématique de l'assainissement et de la santé dans les villes moyennes du Bénin : cas de Bantê, Mémoire de DEA en gestion de l'environnement, Ecole Doctorale Pluridisciplinaire d' Espace Culture et Développement, 2004.

Gouhier J, Les déchets et la ville ou de la façon d'être en société, *Cenomane* n°6, 1985, p. 51-56

- Guergazi, S., Achour, S., 2005. Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. pratique de la chloration. Larhyss Journal, 4, 119-127
- Hammani, A., Kuper, M., Debbarh, A., Bouarfa, S., Badraoui, M., Bellouti, A. Evolution de l'exploitation des eaux souterraines dans le périmètre irrigué du Tadla. Projet INCO-WADEMED Actes du Séminaire, Modernisation de l'Agriculture Irriguée, Rabat, du 19 au 23 avril, 2004.
- Hazan, R., Ferre, M. Exploitation de la nappe de Sidi Amor-Guelaf utilisée pour le complexe phosphatier de Khouriga, p 473-481, Ed. Assemblée générale de Berkeley, 19–31 Août / August 1963, n° 64, 1964, Gentbrugge, out of print, 609 p.
- Hoibian S, 2010, enquête sur les attitudes et comportements des Français en matière d'environnement, ADEME, 96p.
- Hokkanen, J., & Sminen, P, 1997, Choosing a solid.waste management system using multi-criteria analysis. Oper Res, 98,19-36.
- Hunt James B; Jonathan B. HOWES; Gary E. Hunt, 1997, Analysis of the Full Costs of Solid Waste Management for North Carolina Local Governments, 16p.
- INERIS, 2004 (Institut National de l'environnement industriel et des risques). Effets des dépôts atmosphériques de soufre et d'azote sur les sols et les eaux douces en France. Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. Ed. Le Gall, A.C., Unité de modélisation et analyse économique pour la gestion des risques Direction des risques chroniques, INERIS DRC – 04-45928-ALe-049-v4.doc, 116 p.
- INERIS, 2006 (Institut National de l'environnement industriel et des risques). Fiches de données toxicologiques et environnementales. Eléments traces métalliques Guide méthodologique Recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines. Rapport final INERIS-DRC-06-66246/DESP-R01a, 119 p.
- Jolivet P. 1999, Le consommateur responsable ? Etude du cas des déchets ménagers, Humanisme et Entreprise, 238, pp. 33-46.
- Jouraiphy A., Amir S., Hafidi M., El Gharous M., Revel J.C, 2005, Stabilisation of activated sludge plus green waste during composting. International biodeterioration biodegradation 56, 101-108.
- Keller, H., Massart, D., & Brans, J. (1991). Multicriteria decision making : a case study. Chemometrics Intel Lab Syst , 11 , 175–189.
- Karkouri, Etude d'optimisation et d'amélioration de la collecte des déchets ménagers et assimilés dans la ville de Beni Mellal, ENGEES, 2009, 83p.
- Kerbachi ., Belkacemi, 1994. Caractérisation et évolution des lixiviats de la décharge de Oued-Smar à Alger. T.S.M. N°11 : 615-618.
- Krysanova, V., Becker, A., 2000. Integrated modeling of hydrological processes and nutrient dynamics at the river basin scale. Hydrobiologia 410, 131–138.
- Loizidou, M., Kapetanos, E.G. 1993. Effect of leachate from landfills on underground water quality. Science of The Total Environment. 128, 1, 69–81.
- Makan, analyse de décision multicritère pour la gestion des déchets solides ménagers et mis au point d'un nouveau procédé de compostage : application à la ville d'Azemmour, Maroc , p10-102
- Makan, A., Malamis, D., Assobhei, O., Loizidou, M., & Mountadar, M. (2012c), Multi-criteria decision aid approach for the selection of the best compromise management scheme for the treatment of municipal solid waste in morocco. Int J Environ Waste Manag, In press .

- Mathieu N et Robic M , Géographie et durabilité : redéployer une expérience et mobiliser de nouveaux savoir-faire , *Le développement durable, de l'utopie au concept*. Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS, 2001, pp. 167-190.
- Mavropoulos A. (2008), Waste Treatment Technologies, United Association of Waste Management of Crete
- Meybeck, M., Helmer, R. 1992. An introduction to water quality and strategies for water quality assessments. In Chapman D., (Ed) Water Quality Assessments. Chapman and Hall, London, pp. 1-50.
- Migan K, ELV, La problématique de la gestion des déchets dans les mégapoles africaines et perspectives d'avenir : cas de la ville de Cotonou. Thèse de médecine FSS-UNB, Bénin, 1993, 90p.
- Millot, N. 1986. Les lixiviats de décharge contrôlée : caractérisation analytique et étude des filières de traitement. Thèse INSA-Lyon-France, 180p.
- Mohamadou M, 1996, Analyse des déterminants des déchets ménagers à Ouagadougou : une étude sur les quartiers populaire et résidentiel (mémoire de DEA)
- Navarro A, 1992, Gestion et traitement des déchets, In : Collection Les techniques de l'ingénieur. Traités Généralités et Construction. Section A8660 - C4260, 32 p.
- Ndombé, N.H.: Le Compost d'Ordures Ménagères et son Utilisation en Agriculture. pp. 31-59, In: Proceedings du Séminaire sur la Vulgarisation du Compost. M.A. Seck, M .A. (Ed.), Yaoundé (Cameroun), 17-18 Mai 1994, Gie Alouch, Yaoundé. (1994).
- Ngnikam, Les villes d'Afrique face à leurs déchets, université de Technologie de Belfort Montbéliard, 2006,288p.
- Oga, M-S., Lasm, T., Yao, T.K., Soro, N., Saley, M.B., Kouassi, D., Gnamba, F. 2009. Caractérisation chimique des eaux des aquifères de fracture: cas de la région de tiassalé en côte d'ivoire. European Journal of Scientific Research 31, 1, 72-87.
- Paradis. O, MARCE. P, LAURENT. S, 1983. Ecologie, un monde à découvrir, édition HRW itee, montreal, p 371.
- PNUD./MATE, 2008, Guide des techniciens communaux pour la gestion des déchets ménagers. Alger.
- Renn, O., Webler, T., & Wiedermann, P. (1995). Fairness and Competence in Citizen Participation : Evaluating Models and Environmental Discourse. Dordecht : Kluwer.
- Rodier, J. 1984. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, Ed. Dunod, Paris.
- Rodier, J. 1996. L'analyse de l'eau « eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer » (8édition) Paris : Dunode .1434 pages.
- Sadani, M. 2005. Impact des sources de pollution sur la qualité des ressources en eau en milieu aride : Cas du bassin versant du lac de barrage Mansour Eddahbi (Ouarzazate, Maroc). Thèse de doctorat. Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech.
- Salanié, Microéconomie les défaillances du marché, Economica, 1998,213p.
- Samihi, Y. 2009. Le potentiel économique de la province de Khouribga. PFE, Faculté Polydisciplinaire de Khouribga. Université Hassan 1er –Settat.
- Sané Y, Une ville face à ses déchets : une problématique géographique de la pollution à Abidjan, Université Laval Quebec, 290p.
- SECE, Secrétariat d'Etat auprès du ministère des mines de l'eau et de l'environnement, chargé de l'eau et l'environnement, Etat de l'environnement du Maroc, 2010.

Semedo, Economie des finances publiques, Paris: Ellipses, 2001,319p.

Sotamenou J., Parrot L., Kamgnia Dia, « Efficacité de la collecte des déchets ménagers et agriculture urbaine et périurbaine dans la ville de Yaoundé au Cameroun ». Mémoire de DEA-PTCI en Economie, Université de Yaoundé II, Cameroun, 2005,144p.

Talami, Z. 1998. Application des méthodes biologiques et chimiques pour la détermination de la qualité des eaux des rivières du Haut-Atlas Marocain ; cas des oueds Tensift, Oukaimeden et Ourika-Thèse de 3ème cycle. Uni.Cadi Ayyad. Fac.Sci. Marrakech. 220 pp.

Tardat, H., Beaudry, J. 1984. Chimie des eaux, Ed Le Griffon d'argile, INC, Québec.

WaterAid, 2006. Politique de la qualité de l'eau WaterAid Madagascar. Version 3.

Xiangyou Wu Regnia; SASKATCHEWAN ,1997, Inexact Nonlinear Programming and Its Application to Solid Waste Management and Planning,, 171p.

Yamada, K., Urase, T., Matsuo, T., Suzuki, N., 1999. Constituents of organic pollutants in leachates from different types of landfill sites and their fate in the treatment processes. J. Japan Soc. Water Environ. 22, 40-45.

Yasuhara, A., Shiraishi, H., Nishikawa, M., Yamamoto, T., Uehiro, T., Nakasugi, O., Okumura, T., Kenmotsu, K., Fukui, H., Nagase, M., Ono, Y., Kawagoshi, Y., Baba, K., Noma, Y. 1997. Determination of organic components in leachates from hazardous waste disposal sites in Japan by gas chromatography/mass spectrometry. J. Chromatogr. A, 774, 321-332.

ANNEXE

La gestion des déchets ménagers au Maroc est soumise aux textes de lois suivants :

- **La loi n°11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement qui 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.**
- **La loi n°12-03 relative aux études d'impacts sur l'environnement qui concerne l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement.**
- **Loi n° 10-95 : relatives à la gestion de l'eau au niveau des bassins versants, définit le cadre juridique de la politique gouvernementale de l'eau. Loi 10-95 sur l'eau : cette loi a prévu d'une manière générale la réglementation des dépôts : elles interdit de déposer ou d'enfouir des déchets solides dans le domaine public hydraulique. Les agences de bassin sont chargées dans le cadre de cette loi de surveiller les risques potentiels que représentent les décharges.**
- **Loi n° 13-03 : relatives à la lutte contre la pollution de l'air, publiée en juin 2003, a pour but de prévenir et de limiter les émissions de polluants de l'air. Les déchets par leur combustion sauvage génèrent des nuisances olfactives et la dissémination des gaz de combustion comme gaz carbonique et le méthane.**
- **Charte communale : La charte communale du 30 Septembre 1976 confie aux Collectivités locales, l'assainissement tant liquide que solide. La charte communale précise la responsabilité des communes envers la gestion des déchets solides ménagers et assimilés.**
- **Loi 12-90 sur l'urbanisation : cette loi précise le schéma directeur d'aménagement urbain qui prévoit notamment les endroits devant servir de dépôts aux conseils communaux concernées quant au plan d'aménagement prévu par la même loi il doit définir des servitudes à établir dans l'intérêt de l'hygiène de la sécurité et de la salubrité publique.**
- **Le décret n° 2-03-538 : relatif aux modalités d'élaboration du plan national directeur des déchets**
- **Décret n° 2-07-253 : sur la classification des déchets solides et fixant la liste des déchets dangereux.**
- **Le décret n° 2-09-139 : relatif à la gestion des déchets médicaux et pharmaceutiques**
- **Décret du 7janvier 2010 : sur les procédures administrative et prescriptions techniques relative aux décharges contrôlées.**

Les techniques d'analyses :

MESURE DE PH

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire de pH, le potentiel d'électrode est lié à l'activité des ions H⁺ présents dans la solution.

Matériel et solutions

- PH mètre avec électrode de pH
- KCl saturé
- PH 4, 7 et 10.

Mode opératoire

Etalonnage de pH mètre : on devait calibrer l'appareil en 2 points proches de l'échantillon pH 4 et pH 7 ou pH 7 et pH 10. Après l'étalonnage on mesure le pH des solutions en plongeant l'électrode dans la solution, on attend la stabilité pour lire la valeur affichée.

MESURE de Conductivité

Définition

La conductivité électrique de l'eau est donnée par $C=K/R$. Où K est la constante d'étalonnage de la cellule et c'est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm.

Matériel et solutions

- Conductimètre avec électrode spécifique
- Solution mère de KCl 0,01 N = 1290 ms/m de conductivité
- Solution fille de KCl 0,01 N = 141 ms/m
- Solution fille de KCl 0,001 N = 14,7 ms/m
-

Mode Opératoire

L'étalonnage de l'appareil est mémorisé après calibrage avec une solution des trois solutions filles, puis on a plongée l'électrode dans la solution et la valeur affichée après la stabilisation de l'affichage est prise.

Matière en suspension par filtration MES

Mode opératoire

On imbibé le filtre millipores 0,45 µm avec l'eau distillé et on le sèche à l'étuve à 105°C puis on le laisse refroidir dans le dessiccateur et on le pèse jusqu'à masse constante à 0.1 mg près. Puis on place le filtre dans la cellule de filtration. On filtre un volume connue (au moins 100 ml) et on rince les parois avec 10

ml d'eau distillé. On laisse sécher le filtre à 105°C (environ 3h) et on le met dans le dessiccateur puis on le pèse jusqu'à masse constante.

1- Matériels

- Cellule de filtration
- Pompe à vide
- Filtres Millipores 0,45 µm

2- Expression des résultats

Mo : masse du filtre imbibé avant filtration

V : volume du filtrat

M1 : masse du filtre séché après filtration

Les MES = $(M1-M0) * 1000/V$ mg/l

Oxydabilité à chaud

On chauffe à 100°C l'eau à analyser avec une solution de KMnO₄ (N/100) et l'on détermine après l'opération la quantité de KMnO₄ (N/100) qui n'a pas été réduite en la titrant avec une solution d'acide oxalique. Comme les substances organiques ou minérales qui détruisent le KMnO₄ sont de composition inconnue, il importe d'opérer en gardant toujours les mêmes conditions de travail.

Réactifs :

- Acide sulfurique concentré
- KMnO₄ (N/100)
- Acide Oxalique (N/100)

Mode opératoire

Mettre 100 ml d'eau dans une érène de 250 ml.

Ajouter 2 ml d'acide sulfurique concentré puis 10 ml de KMnO₄ (N/100) et le chauffer à 100°C dans un bain marie pendant 13 mn à partir de son immersion.

Retirer le récipient et ajouter 10 ml d'acide oxalique (N/100) le liquide doit se décolorer rapidement puis le titrer en retour avec le KMnO₄ (N/100).

Expression des résultats :

Le résultat est exprimé en mg/l d'oxygène consommé par litre :

Oxydabilité = $(a+b-c)/c * 8$ (mg/l d'O₂)

a : le volume de KMnO₄ ajouté au début

b : le volume de KMnO₄ ajouté au virage au rose

c : le volume de KMnO₄ ajouté au titrage de l'acide oxalique

Dosage de (N-NH₄) Au bleu d'indophénol

Réactif

- 1- Solution de phénol et de nitroprussiate
 - 1- Phénol : 35 g
 - 2- Nitroprussiate de sodium : 0.4 g
 - 3- Compléter le volume à 1 litre avec l'eau distillée
 - 4- A conserver au frais à 4°C
 - 5-
- 2- Solution alcaline
 - 1- eau distillé : 800 ml
 - 2- hydroxyde de sodium : 20 g
 - 3- citrate trie sodique : 380 g
 - 4- Porter à ébullition pendant 20 min et refroidir
 - 5- Compléter le volume à 1000
- 3- Hypochlorite de Sodium à eau de javel
 - 1- Si l'eau de javel est de 12° ajouter 40 ml
 - 2- Si l'eau de javel est de 12° ajouter 20 ml

(l'effet de l'eau de javel diminue avec le temps)

Mode opératoire

- 1- Prise d'essai = 10 ml d'échantillon
- 2- Solution alcaline = 0.5 ml
- 3- Solution de phénol et de Nitroprussiate = 0.5 ml
- 4- Eau de javel quelques gouttes et agiter
- 5- Mettre à l'obscurité pendant 6 heures et lire la densité optique à 630.

Dosage de N-NO₂

Réactifs :

Réactifs de diazotation :

- 1- Acide Orthophosphorique :100 ml
- 2- Sulfanilamide : 40 g
- 3- Dichlorure N-1Naphtyléthylène Diamine : 2g.
- 4- Compléter le volume à 1000 ml avec l'eau distillé.

Mode opératoire :

- 1- Prise d'essai 25 ml d'échantillon filtrée

- 2- Réactif de Diazotation 0.5 ml et agiter
- 3- Attendre 30 minute et lire la densité optique à 537 nm

Dosage de N-NO₃ par (Colonne de cadmium)

Réactifs

- A- Solutions de traitement du Cadmium
 - 1- Acide chlorhydrique (12 N) : 100 ml diluée au ½
 - 2- Sulfate de Cuivre à 20 g pour 1000 ml.
- B- Solution Tampon
 - 1- Chlorure d'ammonium : 100g
 - 2- Tetraborate de sodium : 20 g
 - 3- Compléter à un litre
- C- Réactif de diazotation
 - 1- Acide orthophosphorique : 100 ml
 - 2- Sulfanilamide :40 g
 - 3- Di chlorure N-1 Naphtyléthylène diamine : 2g
 - 4- Conservation au frais

Mode Opérateur

- 1- Prise d'essai : 5 ml d'échantillon
- 2- Solution tampon : 5 ml
- 3- Ajuster le volume à 50 ml
- 4- Couler les premiers 25 ml et récupérer les 2 ièmes 25 ml
- 5- Ajouter 0.5 ml du réactif de diazotation et agiter
- 6- Attendre 30 min et lire la densité optique à 537 nm

Dosage des orthophosphates

Réactifs :

- a- **Réactifs combiné**
 - 1-acide sulfurique : 70 ml/ 430 ml d'eau distillé
 - 2-Tartrate double d'antimoine et de potassium : 0,15 g/50 ml d'eau distillé
 - 3-molybdate d'ammonium : 6 g/150 ml d'eau distillé
 - 5- le mélange des solutions 1+2+3 et le réactif Combiné

- b- **Acide Ascorbique : 0.5 g/25 ml d'eau distillé**

Mode opératoire

- Prise d'essai : 10 ml
- Acide ascorbique : 0.5 ml
- Réactif combiné : 2ml
- Agiter et attendre 30 min puis lire la densité à 700 nm

Dureté totale par complexométrie

- 1- Solution du Noir d'ERiechrome T : 0,4 g/ 100 ml d'éthanol
- 2- Solution Tampon pH (9.5 -10)
 - *chlorure d'ammonium 34 g
 - * ammoniaque 285 ml
 - * tartate double de K⁺ et Na⁺ 200 g
 - * compléter le volume à un litre d'eau
- 3- Solution d'EDTA N/50
 - * EDTA sel di sodique 4 g
 - * Chlorure de Magnésium 0,1 g
 - * Compléter le volume à litre d'eau distillé

Mode opératoire

- 1- Prise d'essai 25 ml d'échantillon chauffer jusqu'à 60°C
- 2- Ajouter 2 ml du Tampon pH (9,5-10)
- 3- Ajouter quelques gouttes du Noir d'ERiechrome T.
- 4- Titrage avec l'EDTA N/50 (virage du rouge au bleu)

Transformation des résultats :

Ve : volume de l'EDTA N/50 versé pour l'échantillon

Vt : volume de l'EDTA N/50 versé pour le témoin

La dureté totale = $(V_e - V_t) * 40$ mg/L de CaCo₃

Dosage des sulfates

Réactifs :

-Solution Chlorhydrique

Acide Chlorhydrique 10 ml/100 ml d'eau distillée.

- Solution de chlorure de Barium stabilisé par Tween 20 :
 - Chlorure de Barium 10 g

- Tween 20 : 20 ml
- Compléter le volume à 100 ml avec l'eau distillé.

Mode opératoires :

- 1- Prise d'essai 39 ml d'échantillon
- 2- Solution chlorhydrique : 1 ml
- 3- Solution de Chlorure de Barium stabilisé : 5 ml
- 4- Agiter et attendre 15 mn.
- 5- Lire la densité optique à 650 nm

L'Alcalinité (TA et TAC)

Réactifs :

- 1-Phénophtaléine 0.1 g/ 100 ml d'éthanol à 50 %
- 2-acide chlorhydrique N/50 (1,666 ml/ 1litre d'eau distillé)
- 3-Vert de Bromocrésol 0.1 g/ 100ml d'éthanol à 50 %

Mode opératoires :

- Prise d'essai : 25 ml
- Ajouter quelques gouttes de phénophtaléine
Si il y'a coloration rose titrer avec l'acide Chlorhydrique N/50
- Ajouter quelques gouttes de Vert de Bromocrésol
Si il y'a coloration bleu titrer avec l'acide Chlorhydrique N/50

Transformation des résultats :

- V_e = volume titré pour l'échantillon
- V_t = volume titré pour le témoin

$$\begin{aligned} \text{TA (CO}_3^{--}) \text{ et TAC (HCO}_3^-) &= (V_e - V_t) * 0.02 * 1000 / 25 \text{ méq/L} \\ &= (V_e - V_t) * 0.8 * 5^\circ\text{F} \\ &= (V_e - V_t) * 4^\circ\text{F} \end{aligned}$$

Dosage du (Na⁺, K⁺ et Ca⁺⁺)

Par spectrophotométrie de Flamme

Réactifs

- 1- **Solution Mère de calcium à 1 g/l de Ca⁺⁺**
 - Chlorure de calcium : 2.774 g

- Solution fille de 50 mg /L de Ca⁺⁺ :
5 ml de 1 g/l dans 100 ml d'eau distillé

2- Solution Mère de sodium à 1 g/l de Na⁺

- Chlorure de sodium : 2.5217 g/l
- Solution fille de 50 mg /l de Na⁺
5 ml de 1 g/l dans 100 ml d'eau distillé

3- Solution Mère de sodium à 1 g/l de K⁺

- Chlorure de potassium : 8.974g/l
- Solution fille de 50 mg /l de K⁺
5 ml de 1 g/l dans 100 ml d'eau distillé

Mode opératoire

L'étalonnage du spectro se fait dans l'intervalle (0 et 100 nm)

0 est l'eau bidistillé le blan

100 est la solution fille de 50 mg de l'élément qu'on veut doser

Si l'échantillon sort de l'intervalle, on doit faire une dilution et lire la densité optique.

Transformation des résultats

Les équations des courbes d'étalonnage

- [Ca⁺⁺] = 0.4994* (DO) mg/L
- [Na⁺] = 0.4803* (DO) mg/L
- [K⁺] = 0.4915* (DO) mg/L

Questionnaire sur les déchets ménagers

Nom :

Adresse :

1- Votre âge :

< 18ans de 18 à 30ans de 30 à 40 ans de 41 à 50ans

>51ans

2- Vous êtes :

Père de famille

Mère de famille

Autre

3- Niveau d'étude :

non scolarisé Primaire secondaire supérieur

4- Fonction du père :

sans fonctionnaire salariés commerçant/entrepreneur

5- Fonction de la mère :

sans fonctionnaire salariés commerçant/entrepreneuse

6- Vous habitez :

Un appartement

Une maison

Une villa

7- Votre famille est composée :

..... Adulte Enfant

8- Qui s'occupe de la gestion des déchets dans votre foyer ? :

La mère

Le père

Les enfants

9- Dans quoi vous rassemblez vos déchets journaliers ? :

Un sot

Des sachets en plastique

Autre à préciser

10- Quand vous sortez votre poubelle? :

Le matin

Le soir

Sans précision

11- Combien de fois vous videz votre poubelle ? :

1 fois/jour

2 fois/jour

plus de 2 fois/jour

12- vos déchets vous les mettez dans :

Bac à déchets

La rue

13- si c'est dans un bac, Le bac le plus proche à votre maison il est à :

20 m

100 m

- 200 m
- Plus 200 m

14 Trouvez-vous des problèmes pour se débarrasser de vos déchets ? :

- Oui
- Non

Les quels :

15- Votre quartier souffre t-il de problèmes liés aux déchets ?

- bac insuffisant
- bac inexistant
- horaire de ramassage
- gestes incorrects des habitants.....

16- Bénéficiez-vous autrement de vos déchets ?

- Vente de reste de pain
- Vente de bouteille en verre
- Vente de bouteille en plastique
- Autre à préciser

17- Savez vous ou vont vos déchets :

- Oui
- Non
- Vaguement.
- Ca ne m'intéresse pas

18- Seriez vous intéressés pour savoir ou vont vos déchets ?

- Oui
- Non
- Ca ne m'intéresse pas

19- Pensez-vous que vous êtes bien informé sur le recyclage des déchets ?

- Oui
- Non
- Pas assez

20- Pensez vous que les informations apportées sur le recyclage sont un moyen de sensibiliser le public sur la protection de l'environnement ?

- Oui
- Non
- Je ne sais pas

21- Trier, pour vous, c'est quoi ?

- Séparer les déchets recyclable et non recyclable.
- Séparer les déchets humides et sèches.
- Je ne sais pas.

22- Seriez –vous près à faire le tri chez vous ?

- Oui
- Non

23- Si oui, quels seront les moyens que vous aurez besoin chez vous ?

.....

24- Seriez-vous près à payer une taxe pour moderniser la gestion des déchets dans votre ville ?

- Oui
- Non

Le plan de situation et les images satellitaires de zone de la future décharge contrôlée de Khouribga :



Situation du site de la nouvelle décharge contrôlée de la province de Khouribga



Vue aérienne du site de la future décharge contrôlée