

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION
AND SCIENTIFIC RESEARCH

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES
--T L E M C E N--



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
-تلمسان-

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : Génie industriel

Spécialité : management industriel et logistique

Présenté par :

Amar ALLOUN

Issam BELACHOU

Thème

Organisation du réseau de la collecte de déchets ménagers dans une approche de tri sélectif

Soutenu publiquement, le 26/09/ 2021, devant le jury composé de :

M. Mohammed El Amine
MKEDDER

Ingénieur en R&D

Président

M. Mohammed BENNEKROUF

MCB

Encadreur

M. Mustapha Anwar BRAHAMI

MCB

Co-Encadreur

M. Fouad MALIKI

MCB

Examineur 1

M.Mehdi SOUIER

Professeur

Examineur 2

Année universitaire : 2020 /2021

Remerciement

Au terme de ce travail nous tenons compte à exprimer nos sincère gratitude et profonde reconnaissance à :

Notre encadreur Mr BENNEKROUF, et notre Co-encadreur Mr BRAHAMI d'avoir acceptés de diriger ce mémoire et pour leurs soutien, leur précieux conseils et orientations qu'ils nous avaient adressé durant toute la période de réalisation de ce modeste travail et nous vous sommes très reconnaissantes de bien vouloir porter intérêt à ce travail.

Aux membres de notre jury, pour le grand honneur qu'ils nous font en acceptant de juger ce modeste travail.

A l'ensemble de nos enseignants qui ont contribué dans L'efficacité de notre formation et tout le personnel administratif de l'ESSAT.

Enfin, nous adressons nos remerciements à tous ceux qui ont Participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.

Alloun Amar

Dédicace

Je dédié ce modeste travail :

*A celle qui m'a inséré le goût de la vie et le sens de la responsabilité
ma mère bien aimé.*

*A mon cher père qui a payé des années d'amour et de sacrifice le
Prix de ma façon de penser, **Papa**, je te remercie d'avoir fais de moi
Un homme.*

*A mon frère Karim et ma chère sœur, sans oublié mon cousin et
mon frère faouzi pour leurs soutiens et encouragements,*

*A ma grande mère et mes tantes pour leurs soutiens et
Encouragements,*

*À mes amis et particulièrement les plus proches, en témoignage des
moments inoubliables,*

Mes amis, mes camardes de génie industriel promo 2018/2021

*À mon cher binôme **Belachoui Aissam**,*

Alloun Amar

Remerciement

Au terme de ce travail nous tenons compte à exprimer nos sincère gratitude et profonde reconnaissance à :

Notre encadreur Mr BENNEKROUF, et notre Co-encadreur Mr BRAHAMI d'avoir acceptés de diriger ce mémoire et pour leurs soutien, leur précieux conseils et orientations qu'ils nous avaient adressé durant toute la période de réalisation de ce modeste travail et nous vous sommes très reconnaissantes de bien vouloir porter intérêt à ce travail.

Aux membres de notre jury, pour le grand honneur qu'ils nous font en acceptant de juger ce modeste travail.

A l'ensemble de nos enseignants qui ont contribué dans L'efficacité de notre formation et tout le personnel administratif de l'ESSAT.

Enfin, nous adressons nos remerciements à tous ceux qui ont Participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.

Issam Belachoui

Dédicace

*C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que je dédie ce
modeste*

Travail de fin d'étude à :

*Mes chers parents; qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite et
m'ont
Éclairé le chemin par leurs conseils judicieux, que dieu leur prête
bonheur et longue vie.*

*A mes très chers frères et sœur que j'aime beaucoup et je leur
souhaite le bonheur et de chance.*

*A tous mes amis qui me sont aidé je leur souhaite également tout
le succès qu'ils méritent.*

*A toutes personne qui m'ont encouragé ou aidé au long de mes
études.*

A toute ma famille

*À mes amis et particulièrement les plus proches, en témoignage des
moments inoubliables,*

Mes amis, mes camarades de génie industriel promo 2018/2021

*À mon cher binôme **Alloun Amar,***

Issam Belachoui

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Liste des abréviations	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
Sommaire	
I-Introduction générale.....	1
I. Chapitre I : Généralité sur les déchets (lubrifiants)	
I.1-Notions et généralités sur les déchets.....	4
I.1.1-Définition de déchet	4
I.2-Cadre réglementaire.....	4
I.3-Classification de déchets.....	5
I.3.1-Classification en fonction de l'activité initiale du déchet.....	6
I.3.1.a- Les déchets ménagers et assimilés.....	6
I.3.1.b- Les déchets industriels.....	6
I.3.1.c- Les déchets agricoles.....	7
I.3.1.d-Les déchets hospitaliers.....	7
I.3.2-Classification selon la nature du déchet.....	8
I.3.2.a- Les déchets dangereux.....	8
I.3.2.b- Les déchets toxiques en petites quantités.....	9
I.3.2.c- Les déchets non dangereux.....	9
I.3.2.d-Les déchets inertes.....	9
I.3.2.e- Les déchets ultimes.....	10
I.3.3- Classification selon le mode de traitement des déchets.....	10
I.3.3.a- Les déchets biodégradables ou décomposables.....	10
I.3.3.b- Les déchets recyclables.....	11
I.3.3.c- Les déchets ultimes.....	12
I.3.3.d-Les déchets spéciaux et déchets industriels spéciaux.....	12
I.4-Nomenclature des déchets.....	12
I.5-La notion de déchet ultime et le cycle de vie des déchets.....	12
I.6-Classification réglementaire et législative des déchets.....	14
I.6.a- Les Ordures ménagères.....	14
I.6.b-Déchets Industriels Banals	15
I.6.c- Les déchets industriels spéciaux	15
I.6.c.1-Les déchets toxiques en quantités dispersées	15
I.6.c.2-Les déchets à haut risque	15
I.6.c.3-Les déchets d'activité de soins	15
I.7- Généralités sur les sacs compostables	16
I.8-Déchets ménagers.....	16
I.8.1-Définition.....	16
I.8.2-Composition.....	17
I.8.3-Caractéristiques.....	17
I.9-Gestion des déchets	18
I.9.1-Le tri sélectif	18
I.9.2-Collecte des déchets	19
I.9.2.1-Collecte en mélange « porte à porte ».....	19

I.9.2.2-Collecte sélective par apport volontaire	19
I.9.2.3-Collecte sélective « porte à porte »	19
I.9.2.4-Collecte par points de regroupement	19
I.9.3-Transport	19
I.9.4-Stockage	20
I.9.5-Installations de collecte et de traitement.....	20
I.9.5.1-Station de transit	20
I.9.5.2-Centre de tri	20
I.9.5.3-Centres d'enfouissement technique	20
I.9.5.4-Déchetteries.....	21
I.9.6-Valorisation des déchets.....	21
I.9.6.1-Compostage.....	21
I.9.6.2-Méthanisation	21
I.9.6.3-Incinération	21
I.9.6.4-Thermolyse	21
I.9.6.5-Recyclage	21
I.10-Conséquences de la mauvaise gestion des déchets	22
I.10.1-Impacts environnementaux.....	22
I.10.1.1-Pollution de l'air.....	22
I.10.1.2-Pollution de l'eau.....	22
I.10.1.3-Pollution du sol.....	23
I.10.2-Impacts et risques sanitaires.....	23
I.10.3-Impacts économiques.....	23
I.11-conclusion.....	23

II. Chapitre II : La logistique inverse

II. Introduction	25
II.1. Historique de la reverse logistics	25
II.2. Un problème de vocabulaire	26
II.3. Importance de la rétro-logistique	26
II.3.1. Enjeux des retours	27
II.3.2 Les raisons des inefficacités de la rétro-logistique	28
II.4. La reverse logistics	28
II.4.1. Vers une définition	28
II.4.2. Les bénéfices de la logistique à rebours	30
II.4.3.Les différentes activités de la rétro-logistique	30
II.5. Les méthodes de traitement des produits usagés.....	32
II.6. Les motivations de la mise en place du processus de la logistique inverse	35
II.6.1. La diversification des sources de revenu	35
II.6.2. Un gain supplémentaire en valorisant les produits récupérés	35
II.6.3. Limitation des achats d'intrants	35
II.6.4. Réduction des taxes environnementales	36
II.6.5. Amélioration de l'image de marque	36
II.7. Les conditions de succès de la mise en place de la logistique inverse	36

II.7.1. La mutualisation des ressources	37
II.7.2. La mutualisation des infrastructures	37
II.8. Problématiques de la logistique inverse	38
II .9.conclusion	38

III. Chapitre III : Optimisation de la localisation des bacs de collecte des déchets - zone d'Abou tachefine

III.1. Introduction.....	40
III.2.les logiciels utilisés.....	41
III.2.1. Système d'information géographique	41
III.2.2. Le solver LINGO.....	41
III.3-le problème résolu.....	42
III.3.1-Définition de problème de location allocation.....	42
III.3.2-Le problème P-médiane.....	42
III.3.3-Définition de la zone d'étude.....	42
III.3.4- La récolte des données.....	44
III.3.5-Les sites de population.....	45
III.3.6-Emplacement potentiel des bacs.....	47
III.4-Les modèles mathématiques.....	48
III.4.1-Le premier modèle.	48
III.4.2-Le deuxième modèle.....	52
III.4.3-La représentation spectrale.....	57
III.4.4-Le troisième modèle.....	57
III.4.5-Le quatrième modèle.....	62
III.4.6- Le cinquième modèle.....	65
III.4.7- Le sixième modèle.....	71
III.4.8- Interprétation Générale.....	71
III.5-Localisation de bac pour les déchets recyclables.....	72

III.6-Localisation de bac pour les déchets dangereux	77
III.6.1- Définition MCDM.....	78
III.6.2-Définition de TOPSIS	78
III.6.3- Principe de la méthode TOPSIS.....	79
III.6.4- Mis en pratique de la méthode TOPSIS.....	81
III.7- configuration de réseau tri sélectif	86
III.7.1-Qu'est-ce que le tri	86
III.7.2- À quoi ça sert	87
III.7.3- Les différents types de bacs	87
III.7.3.1- Trier les déchets à la maison.....	87
III.7.3.2- Trier les déchets avec les bacs séparés.....	90
III.7.4- sensibilisation.....	92
III.7.5- Comment diminuer ses déchets.....	92
III.8- conclusion.....	93
Conclusion générale	95
Références bibliographique.....	
Résumé	

Liste des abréviations

AND : Agence Nationale des Déchets

CET : Centre d'Enfouissement Technique

C : carbone

DAS : Déchets d'Activités de Soins.

DIB : Déchets Industriels Banals

DIS : Déchets Industriels Spéciaux

DHR : Déchets à Haut Risque.

DTQD : Déchets Toxiques en Quantités Dispersées

DM : Déchets Ménagers

JO : Journal officiel

N : Azote

OM : Ordures Ménagers

PCB : Poly-Chloro Bi-vinyle

PCS : Le pouvoir Calorifique Supérieur.

PCI : Le pouvoir Calorifique Inférieur.

SIG : Système D'Information Géographique

SN : Service de nettoyage

H : Humidité

SLI : le Soutien Logistique Intégré.

LR : logistique à rebours.

gatekeeping : contrôle de l'accès des flux retours.

DDM : Date de durabilité minimale

IBM : International Business Machines Corporation

RSE : La responsabilité sociétale des entreprises

LCP : La Chaîne Parlementaire

ERP : Entreprise resource planning

hab : habitant.

DA : dinar algérien.

QGIS : un logiciel dédié à Créer, éditer, visualiser, analyser et publier des données géo spatiales.

L : 1 litre.

m : mètre.

AND : Agence Nationale des Déchets.

Kg : 1 kilogramme.

An : une année.

DMA : déchets ménagers et assimilés.

SNGID: Stratégie Nationale de la Gestion Intégrée des Déchets.

Liste des figures

Figure I.1 : composition des déchets ménagers.....	6
Figure I.2 : Déchets industriels inoffensifs.....	7
Figure I.3 : Déchets agricoles.....	7
Figure I.4 : déchets hospitaliers.....	8
Figure I.5 : Déchets dangereux.....	8
Figure I.6 : déchets de piles.....	9
Figure I.7 : les déchets inertes.....	10
Figure I.8 : les déchets biodégradables.....	11
Figure I.9 : les déchets recyclables.....	11
Figure I.10 : les déchets spéciaux.....	12
Figure I.11 : Cycle de vie du déchet.....	13
Figure I.12 : Cycle de vie du déchet.....	13
Figure I.13 : Cycle de vie du déchet.....	14
Figure II.1 : Logigramme de la logistique inverse.....	34
Figure III.1 : la carte de ABOU TACHEFINE sur Google map.....	43
Figure III.2 :lotissement de la zone géographique d'Abou Tachefine et les sites localisés....	44
Figure III.3 : Composition des déchets Ménagers et Assimilés (DMA) – Algérie.....	45

Figure III.4 : les sites potentiel pour placer les bacs sur la zone Abou Tachefine sur QGIS.....	46
Figure III.5 : l'affectation des échelles aux sites localisés.....	47
Figure III.6 :maillage de 50m sur la zone Abou Tachefine sur QGIS.....	47
Figure III.7 : la solution affichée par le solveur Lingo.....	49
Figure III.8 : les emplacements des bacs et les sites du 1 ^{ère} Modèle sur QGIS selon street map.....	51
Figure III.9 : les emplacements des bacs du 1 ^{ère} Modèle sur QGIS selon Google Hybride.....	52
Figure III.10 : la solution affichée par le solveur Lingo.....	53
Figure III.11 : les emplacements des bacs et les sites du 2 ^{ème} Modèle sur QGIS selon street map.....	55
Figure III.12 : les emplacements des bacs du 2 ^{ème} Modèle sur QGIS selon Google Hybride.....	56
Figure III.13 : la variation de taux de remplissage selon les rayons spectraux.....	57
Figure III.14 : une insuffisance de la solution affichée par le solveur Lingo.....	57
Figure III.15 : une insuffisance de la solution affichée par le solveur Lingo.....	58
Figure III.16 :les résultats donnés par me solveur Lingo du 3 ^{ème} modèle (avec la nouvelle capacité des bacs qui égale a 630L).....	59
Figure.III.17 :les emplacements des bacs et les sites du 3 ^{ème} Modèle sur QGIS selon street map.....	61
Figure III.18 :les emplacements des bacs du 3 ^{ème} Modèle sur QGIS selon Google Hybride.....	62
Figure.III.19 :Les résultats de solveur Lingo du 4 ^{ème} modèle.....	63
Figure.III.20 : les emplacements des bacs du 4 ^{ème} modèle sur QGIS selon street map....	64

Figure III.21 : Les emplacements des bacs du 4 ^{ème} modèle sur QGIS selon Google Earth.....	65
Figure III.22 : Les résultats de solveur Lingo du 5 ^{ème} modèle.....	67
Figure III.23 : Les emplacements des bacs du 5 ^{ème} modèle dans QGIS selon street map.....	70
Figure III.24 : Les emplacements des bacs et les sites du 5 ^{ème} modèle dans Google Earth.....	71
Figure III.25 : Les résultats de solveur lingo du modèle de 10%.....	73
Figure III.26 : Les emplacements des bacs du modèle de 10%.de dans QGIS selon street map.....	74
Figure III.27 : Les résultats de solveur lingo du modèle de 20%.....	75
Figure III.28 : Les emplacements des bacs du modèle de 20%.de dans QGIS selon street map.....	75
Figure III.29 : Les résultats de solveur lingo du modèle de 40%.....	76
Figure III.30 : Les emplacements des bacs du modèle de 40%.de dans QGIS selon street map.....	77
Figure III.31 : Sites candidats pour localiser les déchets dangereux.....	78
Figure III.32 : Le site localisé pour mettre en place le bac des déchets dangereux.....	86
Figure III.33 : poubelle a pédale.....	88
Figure III.34 : poubelle pour les déchets organiques.....	90
Figure III.35 : poubelle pour les déchets recyclables.....	91
Figure III.36 : poubelle pour les déchets dangereux.....	91

Liste des tableaux

Tableau II.2 : Rôle stratégique des retours.....	27
Tableau II.2 : Exemples de taux de retour.....	29
Tableau II.3 : Les activités des réseaux de logistique à rebours.....	30
Tableau III.1 : l'affectation des échelles aux sites localisés.....	46
Tableau III.2 : Les résultats du 1 ^{ère} modèle.....	50
Tableau III.3 : Les résultats du 2 ^{ème} modèle.....	54
Tableau III.4 : les résultats du 3 ^{ème} modèle.....	60
Tableau III.5 : les résultats de 4 ^{ème} modèle.....	63
Tableau III.6 : les bacs localisés dans le 5 ^{ème} modèle et leurs taux de remplissage.....	68
Tableau III.7 : l'affectation + type de bac et le cout de localisation des bacs selon le 5 ^{ème} modèle.....	69
Tableau III.8 : Échelle de l'importance des critères.....	81
Tableau III.9 : les coordonnées des points candidats.....	82
Tableau III.10 : Matrice originale.....	82
Tableau III.11 : Matrice normalisée.....	83
Tableau III.12 : Matrice normalisée et pondérée.....	84
Tableau III.13 : la solution idéale positive et négative.....	84
Tableau III.14 : la distance de chaque alternative.....	85
Tableau III.15 : la proximité de chaque alternative.....	85

Introduction générale

I. Introduction générale :

Avec l'accroissement spectaculaire de la population et de ses besoins, les activités humaines pèsent d'un poids de plus en plus lourd sur notre planète. Conséquence de notre mode de vie, les déchets ne cessent de croître en quantité, en complexité, voir en nocivité.

Si pendant longtemps le problème des déchets n'a pas constitué le thème majeur des préoccupations en matière d'environnement, à l'heure actuelle, la prise de conscience conduit les pouvoirs publics et l'ensemble des partenaires concernés (industriels, collectivités locales, etc.) à mettre en place les politiques nécessaires à une meilleure gestion des déchets, cherchant à maîtriser les conséquences environnementaux et sanitaires surtout la filière de leur élimination.

Les déchets constituent un fléau mondial. En Algérie, la question des déchets ménagers renvoie à l'important problème de l'environnement que vivent les divers secteurs de l'activité humaine. En effet, le problème des déchets est suffisamment important au point de figurer parmi les grandes missions du ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables. L'évolution qu'a connue l'Algérie durant ces dernières années notamment en matière de mode de vie et de consommation, s'est répercutée sur les déchets ménagers au point de vue qualitatif et quantitatif avec une gestion qui connaît des insuffisances.

La gestion des déchets ménagers en milieu urbain n'est pas à l'heure actuelle développée. Les problèmes des sols pollués, de déchets abandonnés, d'infiltration de polluants dans le cycle d'eau, d'impacts sur la santé publique des citoyens sont pourtant importants et reconnus. Dans les villes, la collecte, le stockage et quelquefois la récupération de certaines matières valorisables sont pratiqués, mais la qualité de ces prestations reste très insuffisante. Cette situation exige un programme d'action urgent et la mise en œuvre d'actions appropriées.

La gestion des déchets est importante dans le processus de la valorisation des déchets, notamment le tri sélectif qui permet d'économiser les ressources naturelles et de simplifier le travail d'une entreprise de recyclage et de la valorisation énergétique des déchets et de réduire les coûts du recyclage et contribue à la création d'emplois,...etc.

L'emploi de différentes bacs pour chaque type de déchet permet d'inciter au tri sélectif, et temps que les bacs appartiennent au mobilier urbain et on les retrouve partout et participent à la mise en valeur de l'espace public, il est important de bien choisir leur types, leur taille et leur localisations. (AURELIE, 2011).

La deuxième chose qui permet d'impliquer les gens au tri sélectifs c'est la sensibilisation.

Dans ce mémoire on va effectuer une étude pour la localisation des bacs afin de valoriser les déchets au niveau de la zone d'Abou tachfine et aussi proposé pour chaque type de déchets une poubelle qu'il a convient afin d'adopter la démarche de tri sélectif

A cet effet notre mémoire est subdivisé en trois chapitres, Présentés comme suite :

Dans la première partie, nous présenterons les différentes notions de base dans le domaine des déchets ménagers solides,

Dans la deuxième partie, Nous allons parler sur la logistique inverse en général et son importance et les différentes activités liées au ce domaine et les motivations de la mise en place du processus de la logistique inverse.

Dans Le troisième chapitre on propose des modèles mathématiques implantés dans le solver LINGO, pour la localisation optimale des bacs dans la zone d'Abou tachfine et des démarches de tri sélectif des déchets et de sensibilisation pour impliquer les gens et afin d'améliorer la gestion des déchets ménagers au sein de la résidence et à favoriser la valorisation des déchets recyclables par les différentes filières de traitement et de récupération.

CHAPITRE I

Généralité sur les déchets

I.1-Notions et généralités sur les déchets :

I.1.1-Définition de déchet:

Un déchet peut être défini de différentes manières selon le domaine et l'intérêt d'étude et parfois l'origine et l'état des déchets.

La loi N° 01-19 du 12/12/ 2001 article 3 du journal officiel de la république algérienne N° 77 en 2001, définit le déchet comme: 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 obligation de se défaire ou de l'éliminer. La diversité des produits de consommation excède maintenant la biodiversité.

I.2-Cadre réglementaire :

- **Loi N° 01-19 du 12 décembre 2001**, publiée dans le JO du 15 décembre 2001, relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, stipule dans son article 2 que « la gestion, le contrôle et l'élimination des déchets reposent sur les principes suivants :

- La prévention et la réduction de la production et la nocivité des déchets à la source;
- L'organisation du tri, de la collecte, du transport et du traitement des déchets;
- La valorisation des déchets par leur réemploi, leur recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir de ces déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie;
- Le traitement écologiquement rationnel des déchets;
- L'information et la sensibilisation des citoyens sur les risques présentés par les déchets et leur impact sur la santé et l'environnement ainsi que les mesures prises pour prévenir, réduire ou compenser ces risques ». Dans ses articles 29 au 36, cette loi fixe les modalités de gestion des déchets ménagers et assimilés ;[I.6]

- **Loi N° 03-10 du 19 juillet 2003**, parue dans le JO, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable

- **Loi N° 11-10 du 22 juin 2011**, parue dans le JO de la République Algérienne Démocratique et Populaire du 03 juillet 2011 portant code communal, stipule dans son article 1 2 3 que « la commune veuille, avec le concours des services techniques de l'État, au respect de la législation et de la réglementation en vigueur, relative à la préservation de l'hygiène et de la salubrité publique, en matière, notamment de distribution d'eau potable, d'évacuation et de traitement des eaux usées, de collecte, transport et traitement des déchets solides, lutter contre les vecteurs des maladies transmissibles, d'hygiène des aliments, des lieux et établissements accueillant le public, d'entretien de la voirie communale et de signalisation routière qui relève

de son réseau routier». Cette loi donne de ce fait obligation aux communes de gérer les déchets sur leurs territoires, et donc d'assurer leur collecte et leur traitement;

- **Décret N° 02-175 du 20 mai 2002**, portant création, organisation et fonctionnement de l'Agence Nationale des Déchets ;

- **Décret exécutif N° 02-372 du 11 novembre 2002**, porte sur les déchets d'emballages. Il stipule notamment dans son article 3 que « le détenteur de déchets d'emballages est tenu ; soit de pourvoir lui-même à la valorisation de ses déchets d'emballages, soit de confier la prise en charge de cette obligation à une entreprise agréée ; soit d'adhérer au système public de reprise, de recyclage et de valorisation, créé à cet effet » ;

- **Décret N° 04-199 du 19 juillet 2004**, fixant les modalités de création, organisation, fonctionnement et de financement du système public de reprise et de valorisation des déchets d'emballages « Eco-Jem » ;

- **Décret exécutif N° 04-210 du 28 juillet 2004**, définit les modalités de détermination des caractéristiques techniques des emballages destinés à contenir directement des produits alimentaires ou des objets destinés à être manipulés par les enfants ;

- **Décret exécutif N° 04-410 du 14 décembre 2004**, fixe les règles générales d'aménagement et d'exploitation des installations de traitement des déchets et les conditions d'admission de ces déchets au niveau de ces installations ;

- **Décret exécutif N° 07-205 du 30 juin 2007**, fixe les modalités et procédures d'élaboration, de publication et de révision du schéma communal de gestion des déchets ménagers et assimilés ; - **Arrêté interministériel du 6 décembre 2004**, fixe les caractéristiques techniques des sacs plastiques destinés à contenir directement des produits alimentaires.

- **Arrêté interministériel du 6 décembre 2004**, fixe les caractéristiques techniques des sacs plastiques destinés à contenir directement des produits alimentaires.

1.3-Classification des déchets:

Quel que soit la nature des déchets (solides, liquides ou gazeux/nocif ou biodégradable); on peut les classer de plusieurs façons:

- Selon leur provenance.
- Selon leur composition et leur propriété physique et chimique.
- En fonction de l'activité à l'origine du déchet.
- En fonction de sa nature.
- En fonction de son mode d'élimination [I.2]

1.3.1-Classification en fonction de l'activité initiale du déchet

a- Les déchets ménagers et assimilés:

Sont les déchets produits par les ménages, les commerçants, les artisans, et même les entreprises et industries à condition qu'ils ne soient pas considérés comme étant dangereux ou polluant (exemple: papiers, cartons, bois, verre, textiles, emballages, etc.). Si l'élimination de

ces déchets ne nécessitent pas une sujétion technique particulière et qu'ils ne représentent pas de risques pour les personnes qui se chargent de leur collecte et ne nuisent pas à l'environnement, ils seront collectés par la commune si non ce sera aux entreprises spécialisées de le faire.



Figure I.1: composition des déchets ménagers.

b- Les déchets industriels:

Déchets industriels inoffensifs : Il s'agit de déchets d'entreprises inoffensifs, également appelés déchets d'assimilation d'ordures ménagères.

Déchets industriels dangereux ou spéciaux : Ce sont les déchets de l'entreprise et ne peuvent être stockés dans des installations de stockage qui reçoivent d'autres types de déchets en raison de leurs caractéristiques dangereuses.



Figure I.2:Déchets industriels inoffensifs.

c- Les déchets agricoles:

Sont les déchets induit de l'activité agricole .Nous citons quelques exemples de déchets agricoles: déchets organiques (résidus de récolte, déjections animales).



Figure I.3:Déchets agricoles.

d- Les déchets hospitaliers :

Il s'agit des déchets des hôpitaux et autres institutions médicales, des laboratoires et centres de recherche, des centres mortuaires et d'autopsie, des banques de sang et des services de collecte de sang.



1.3.2-Classification selon la nature du déchet :

a- Les déchets dangereux:

Si le déchet présente une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, il est considéré comme dangereux : explosif, oxydant, inflammable, irritant, nocif, toxique, cancérigène, corrosif, infectieux, mutagène, écologique.



Figure I.5:Déchets dangereux.

b- Les déchets toxiques en petites quantités:

Il s'agit d'une petite quantité de déchets dangereux générés par les ménages et les commerçants (garages, salons de coiffure, studios photo, imprimeries, laboratoires de recherche, etc.). Il peut s'agir de déchets ordinaires sales (chiffons, boîtes, etc.), de piles, de résidus de peinture, etc.



Figure I.6:déchets de piles.

c- Les déchets non dangereux:

Les déchets non dangereux sont les déchets qui ne présentent aucune des caractéristiques relatives à la dangerosité mentionnées au préalable (toxique, explosif, corrosif, ...). Ce sont les déchets banals des entreprises, commerçants, et artisans (papiers, cartons, bois, textiles,...) et les déchets ménagers.

d- Les déchets inertes:

Un déchet inerte est un solide minéral qui ne subisse aucune transformation physique, chimique ou biologique importante comme Pavés, carrelage et gravats. Ces déchets proviennent des chantiers du bâtiment et travaux publics, des mines et des carrières.



Figure I.7: les déchets inertes

Les déchets ultimes, qu'ils soient générés par le traitement des déchets ou non, ne peuvent plus être traités dans les conditions techniques et économiques actuelles, notamment en extrayant des pièces recyclables ou en réduisant leur pollution ou leur caractère dangereux.

1.3.3-Classification selon le mode de traitement des déchets

a- Les déchets biodégradables ou décomposables:

On parle dans ce cas des résidus verts, boues d'épuration des eaux, restes alimentaires..., ces déchets sont entièrement ou partiellement détruits par la nature « biodégradation » (en général par des micro-organismes tels les bactéries et les champignons, et/ou par des réactions chimiques laissant des produits de dégradation identiques ou proches de ceux qu'on peut trouver dans la nature, parfois néanmoins contaminés par certains résidus) d'une façon relative ment rapide.



Figure I.8:les déchets biodégradables

b- Les déchets recyclables:



Figure I.9:les déchets recyclables

c- Les déchets ultimes:

Cette nomenclature englobe l'ensemble des déchets qui ne nécessitent plus un traitement dans les conditions techniques et économiques du moment. Ce sont les seuls déchets à être mis en décharge.

d-Les déchets spéciaux et déchets industriels spéciaux:

Ces déchets comprennent tous les déchets qui représentent une menace capitale (les déchets toxiques, les déchets radioactifs et tous autres déchets nucléaires), ils devront être traités d'une façon particulière parce-que les enjeux dûs à leur nocivité sont néfastes.



Figure I.10: les déchets spéciaux

I.4-Nomenclature des déchets:

Dans certains pays (comme la France), tous les déchets sont identifiés par un code à six chiffres. Les deux premiers chiffres désignent la catégorie d'origine, les deux suivants le regroupement intermédiaire et les deux derniers la désignation du déchet. Un astérisque (*) est ajouté pour distinguer les déchets dangereux.

I.5-La notion de déchet ultime et le cycle de vie des déchets:

La loi du 13 juillet 1992, s'appuyant sur la directive européenne de 1991, a rénové la loi cadre sur les déchets du 15 juillet 1975, en initiant une politique plus ambitieuse axée en particulier « sur le développement de la prévention, de la valorisation et du recyclage, avec pour corollaire la limitation du stockage des déchets ». A partir du 1er juillet 2002, ce stockage est réservé aux seuls déchets ultimes, C'est à dire « ceux qui ne sont plus susceptibles d'être traités dans les conditions économiques et techniques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction des caractères polluants ou dangereux ». Le déchet ultime constitue une référence importante pour le traitement. En effet, la loi du 13 juillet 1992 (article 2-1) stipule qu'à partir de juillet 2002, seuls les déchets ultimes seront admis dans les sites de stockage. [I.1]

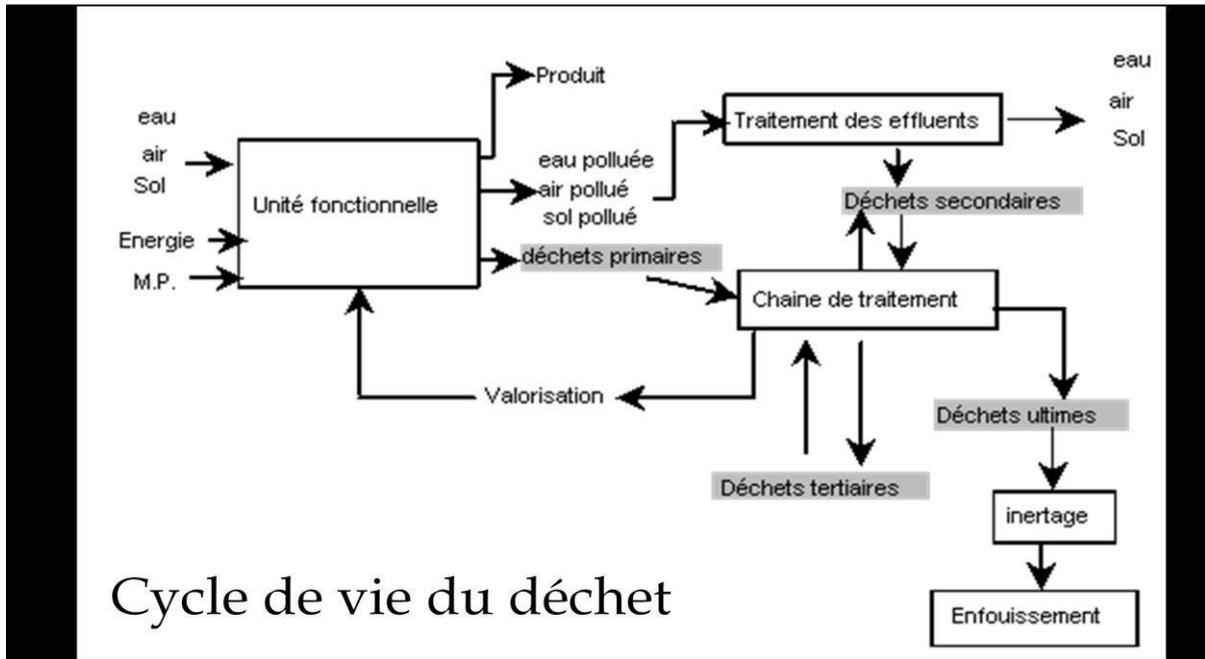


Figure I.11 : Cycle de vie du déchet
Source: Revue n°01« Environnement et vie».

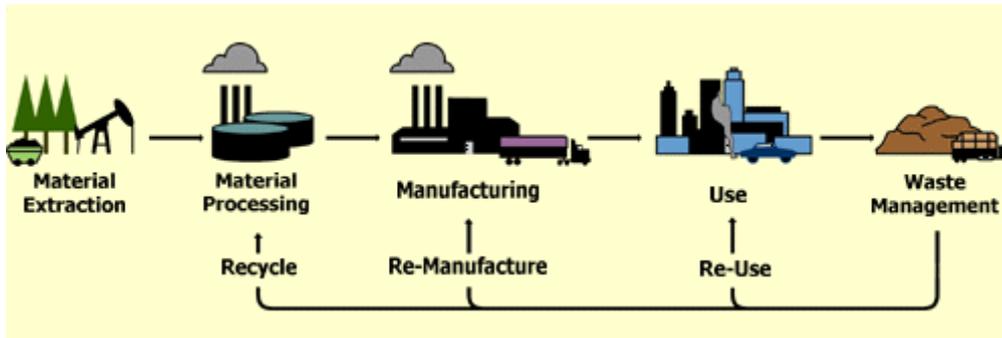


Figure I.12: Cycle de vie du déchet
Source: Revue n°01« Environnement et vie».

Des déchets sont générés à tous les stades de la fabrication et de l'utilisation d'un produit.

C'est tout au bout du cycle de vie des produits que siestent les déchets ultimes

3-Les modes de collecte

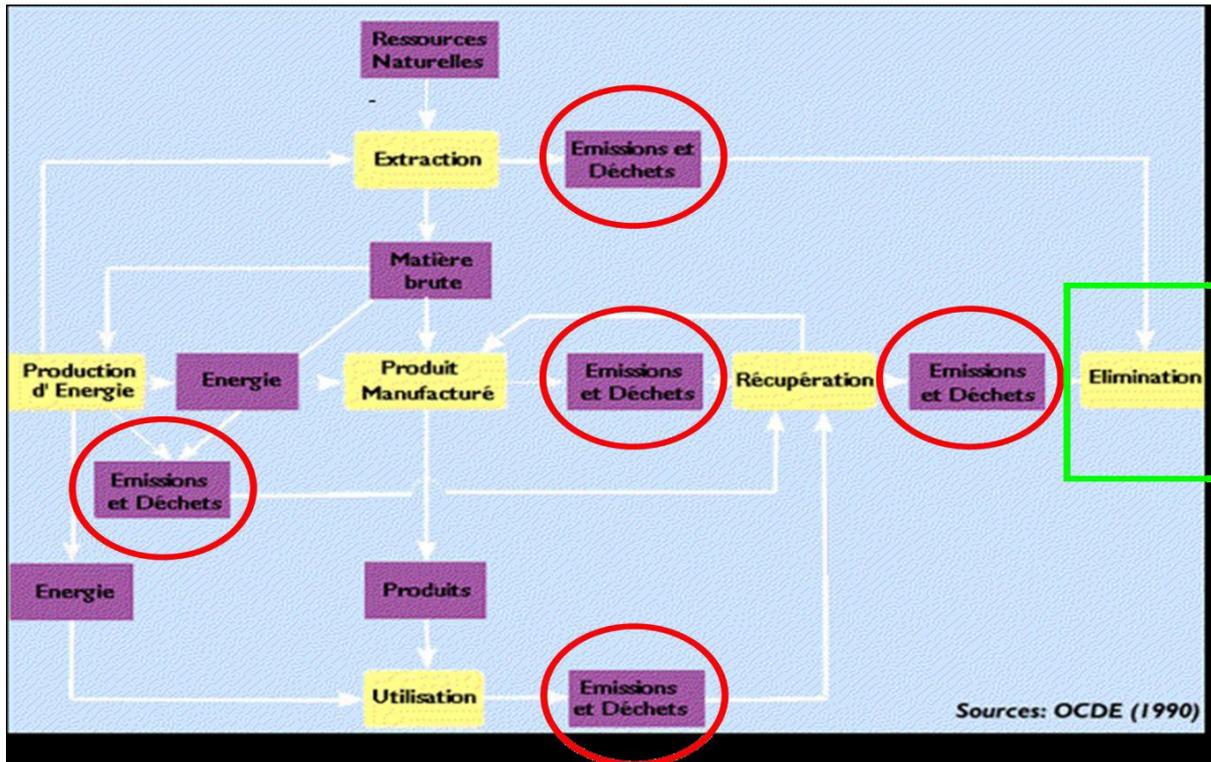


Figure I.13: Cycle de vie du déchet

Source: OCDE 1990

I.6-Classification réglementaire et législative des déchets :

Dans l'article 5, la loi 01/19 classe les déchets en trois grandes classes:

- Les déchets ménagers et assimilés;
- Les déchets inertes.

Les déchets sont de plus en plus: Abondants - Variés - Complexes - Nocifs, académiquement les déchets produits peuvent être classés en cinq catégories :

- Ordures ménagères (OM);
- Déchets industriels banals (DIB);
- Les déchets industriels spéciaux (DIS);
- Les déchets d'activités de soins (DAS);
- Les déchets inertes. [I.6]

a- Les Ordures ménagères (OM):

Ce sont les déchets produits par les activités des ménages, les commerces, les collectivités et d'autres. Elles se composent essentiellement de :

- Matières organiques;
- Matières minérales (porcelaine, verre, métaux, cendres, etc.);
- Déchets de cantine, de jardinage, des commerces, des administrations, des écoles, balayures de la voie publique ;
- Les déchets de l'industrie alimentaire assimilés aux OM.

b-Déchets Industriels Banals (DIB):

Les **DIB** ou Déchets Industriels Banals sont définis comme étant des déchets issus des entreprises (commerce, artisanat, industrie, service) qui, par leur nature, peuvent être traités ou stockés dans les mêmes installations que les déchets ménagers ou OM. Ils contiennent les mêmes composants mais dans des proportions différentes.

c- Les déchets industriels spéciaux(DIS):

Définition : On appelle Déchets Industriels Spéciaux, **DIS**, les déchets spécifiques potentiellement polluants pouvant contenir des éléments toxiques en quantités variables et présenter de ce fait des risques pour l'environnement s'ils ne sont pas traités ou stockés correctement. [I.2]

c-1-Les déchets toxiques en quantités dispersées(DTQD):

Au sein de la famille des (DTQD), on trouve:

- Les acides, les sels métalliques, les peintures.
- Les piles, les batteries, les tubes fluorescents.
- Les médicaments périmés, les produits chimiques de laboratoire.
- Les insecticides, les désherbants, les produits de nettoyage, les bains photographiques, etc.

(MATET,2008)

c-2-Les déchets à haut risque(DHR) :

Les DHR sont constitués pour l'essentiel des huiles contenant des (PCB) et des farines de viandes contaminées (ESB). Cette catégorie de déchets fait l'objet de contraintes (MATET,2008).

c-3-Les déchets d'activité de soins(DAS):

La famille des (DAS) regroupe [I.2]:

- Les champs opératoires.
- Les seringues.
- Les gants et autre matériel à usage unique.
- Les déchets ultimes : déchets de l'incinération (cendres et mâchefer et autres déchets prétraités)(MATET, 2008).
- Les déchets inertes : tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction, ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique, ou biologique lors de leurs mises en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et / ou à l'environnement [I.6].

I.7-Généralités sur les sacs composables:

Les matières plastiques présentent plusieurs avantages comparativement à d'autres matériaux, notamment leur faible coût d'élaboration, leur polyvalence et leur durabilité. Elles donnent lieu à un vaste éventail de polymères ayant des propriétés et des applications particulières et diversifiées, comparativement à d'autres matériaux. Toutefois, plusieurs critiques leur sont faites. En effet, les matières plastiques soulèvent des problèmes liés à l'environnement, à la santé, ainsi qu'à la gestion des matières résiduelles. Leur persistance dans l'environnement

a un impact notable sur la faune et sur la gestion en fin de vie de ces matières. Aussi, la présence d'additifs dans certains matériaux, comme les phtalates ou le bisphénol A, a suscité une vive controverse relativement à leurs risques toxicologiques. Plusieurs pays ont limité, voire banni, l'utilisation de certains produits plastiques. Les sacs en plastiques jetables, de même que les contenants en polystyrène expansé ont fait l'objet de telles.

I.8-Déchets ménagers :

Dans ce travail de recherche notre étude est centrée sur la problématique des déchets Ménagers et leur processus de la collecte tri-sélectif.

I.8.1-Définition:

Les déchets ménagers sont un mélange hétérogène de produits avec différentes propriétés physicochimiques. Leur composition est variable et dépend de la nature des produits, des coutumes de la population, du niveau de vie et du type d'habitat.

Selon (**Gillet, 1985**) les déchets ménagers sont l'ensemble de résidus hétérogènes dans lesquelles on trouve:

- ❖ Les débris de toute nature générés par les ménages (déchets de nourriture, débris de réparation, balayures, textile, journaux Etc.)
- ❖ Les déchets de bureaux, commerces, industries et administrations, déchets des cours et jardins dans la mesure où ces déchets peuvent prendre place dans une limite à fixer, dans les récipients individuels ou collectifs aux fins d'enlèvement par les services municipaux.
- ❖ Les crottins, fumier, feuilles mortes, bois résidu du nettoyage et du balayage de la voirie, jardins, cimetières, parcs, etc., rassemblés aux fins d'évacuation.
- ❖ Les débris de foires, Souks et marchés, etc.
- ❖ Les résidus des collectivités (cantines, écoles, casernes, hospices, prisons... etc.), ainsi que les résidus des hôpitaux ayant un caractère ménager que l'on rassemble dans des récipients appropriés.
- ❖ Tout objet abandonné sur la voie publique, ainsi que les cadavres des petits animaux. **[I.4]**

I.8.2-Composition:

La connaissance de la production d'ordures ménagères est essentielle dans la planification d'un système de gestion. La quantité produite par collectivité est variable en fonction de plusieurs éléments. Elle dépend essentiellement, du niveau de vie de la population, de la saison, du mode de vie des habitants, du mouvement des populations pendant la période des vacances, les fêtes des maires et les jours fériés, du climat. Elle peut être exprimée en poids ou en volume, seul le poids constitue une donnée précise et facilement mesurable.

❖ Composition physico-chimique des déchets ménagers

La connaissance de la composition des déchets est indispensable pour leur

gestion. Elle permet de choisir et de dimensionner correctement les outils de collecte, de traitement et d'élimination, et aussi de connaître la destination des:

- Parts pouvant être recyclées.
- Parts appropriés au compostage.
- Types et quantités appropriés à une valorisation matérielle ou énergétique ;
- Quantités de déchets ultimes des tinées à l'incinération ou à la décharge.

❖ **Composition physique** : La composition physique des ordures ménagères est la répartition selon des catégories spécifiques comme les plastiques, papiers, cartons, textiles, verres, métaux, ...etc. [I.8] Les variations de composition peuvent provenir de la méthode même d'évaluation de la production des déchets : évaluation au sein de foyers, ou évaluation à l'année sur le site de regroupement, de transfert ou de traitement, dans ce cas il faut tenir compte du secteur informel, qui recycle une partie des déchets produits. [I.8]

❖ **Composition chimique** : La composition chimique, c'est-à-dire la teneur en eau et celle en matière organique déterminée respectivement par évaporation et par calcination. Ainsi les teneurs en carbone et en azote, et le rapport C/N paramètres importants pour le compostage.

I.8.3- Caractéristiques :

❖ **Caractéristiques physico-chimique:**

❖ **La densité (ou masse volumique)** : La densité met en évidence la relation qui existe entre la masse des déchets ménagers et le volume qu'elle occupe. Sa connaissance est essentielle pour le choix comme les ordures ménagères sont essentiellement compressibles, leur densité varie au cours des différentes manipulations auxquelles elles sont soumises. [I.4]

Remarque : En règle générale, la densité en poubelle est d'autant moins grande que les ordures proviennent de quartiers ou le standard de vie est plus élevé.

❖ **L'humidité et le pouvoir calorifique :**

➤ **L'humidité (H en %)** : L'eau est le plus important facteur d'influence de la sensibilisation des déchets, le taux d'humidité affecte particulièrement la vitesse de la dégradation du massif la circulation de l'eau dans les déchets joue aussi un rôle prépondérant en assurant la dispersion des micro-organismes et des nutriments. Dans les régions arides et semi-arides dans lesquelles il y a un manque d'eau et une forte chaleur, le temps de dégradation est augmenté car la dégradation des déchets est limitée aux périodes humides. [I.2]

➤ **Le pouvoir calorifique** : En matière de déchets ménagers considérés comme combustibles, on utilise soit:

Le pouvoir calorifique supérieur (**PCS**) : qui prend en compte la chaleur de vaporisation de l'eau contenue dans les déchets ménagers pendant la combustion. Le pouvoir calorifique inférieur (**PCI**) : qui ne tient pas compte de la chaleur de vaporisation de cette eau pendant la combustion.

C'est ce dernier le (**PCI**) qui est d'usage dans les pays méditerranéens.

En règle générale, le (**PCI**) est inversement proportionnel à l'humidité.

Les déchets ménagers n'ont jamais été un bon combustible, mais lorsqu'elles contiennent Plusde **50%** d'humidité, elles sont réellement impropres à l'incinération et c'est là le cas desdéchets ménagers en Algérie. Donc la connaissance des deux paramètres (**P.C.I. et H%**) sont étroitement liés et leur connaissance est essentielle pour le choix du mode de traitement (incinération ou compostage...).[I.4]

❖ **Le rapport carbone/azote (C/N) :** Ce paramètre mesure la qualité desordures Ménagères pour leur valorisation en tant qu'amendements organiques, c'està dire qu'il permet d'apprécier aussi bien l'aptitude des ordures ménagères aucompostage que la qualité du composte obtenu. Un compost est valable à partir durapport $C/N < 35$ au départ de la fermentation aérobie et contrôlée et en obtenant unrapportde $18 \leq C/N \leq 20$. En Algérie leC/Ndépasse rarement 15.[I.4]

❖ **La température :** Elle influence également sur la vitesse de dégradation eneffectuant le développement des bactéries et des réactions chimiques, Etant donnéque chaque micro-organisme possède une température optimale de développementdonc toute variation de température peut engendrer un déclin de croissance.[I.2]

I.9-Gestion des déchets :

La loi N° 01-19 du 12 décembre 2001, parue dans le JO de la République Algérienne Démocratique et Populaire du 15décembre2001 relative à la gestion, le contrôle et L'élimination des déchets, précise dans son article 3 que « la gestion des déchets, est toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations».

I.9.1-Le tri sélectif

Selon **Desachy (2001)**le tri peut être envisagé à plusieurs niveaux de la filière d'élimination :

- À la source lorsqu'il est réalisé par le ménage;
- Dans un centre de tri lors queles déchets ont été collectés en mélange.

Pour effectuer un tri à la source, il faut que l'usager ait à sa disposition plusieurs poubelles oudiversconteneursetqu'unecollectesélectivesoitmiseen placeparallèlementàlacollecte traditionnelle. Le tri peut se faire en deux catégories (une que l'on veut valoriser et le reste qu'il faudra traiter)ou en de plus nombreuses catégories.[I.9]

I.9.2-Collecte des déchets

Selon la loi N° 01-19 du 12 décembre 2001, parue dans le JO de la République Algérienne Démocratique et Populaire du 15décembre2001relative à la gestion, le contrôle et l'élimination des déchets, stipule dans son article 3 que « la collecte, est le ramassage et/ou le regroupement des déchets en vue de leur transport vers un lieu de traitement ». On distingue plusieurs types de collecte qui sont :

I.9.2.1-Collecte en mélange «porte à porte»:

C'est la collecte traditionnelle : sacs plastiques ou tous autres récipients (poubelles en forme de lesiveuse, cartons, petits containers, etc.) contenant des ordures non triées, déposés devant les maisons et ramassés à jours fixe [I.16]

I.9.2.2-Collecte sélective par apport volontaire:

C'est la collecte traditionnelle : sacs plastiques ou tous autres récipients (poubelles en forme de lessiveuse, cartons , petits containers, etc.) contenant des ordures non triées, déposés devant les maisons et ramassés à jours fixe [I.16]

I.9.2.3-Collecte sélective «porte à porte»:

Ce mode de collecte, permet de collecter séparément une partie des déchets disposés dans ces conteneurs spécifiques jusqu'à leur livraison vers un centre de tri, de traitement ou destockage. [I.3]

I.9.2.4-Collecte par points de regroupement :

Qui consiste à établir et mettre à disposition du public un certain nombre de lieux de réception convenablement choisis, constitués soit par des bacs roulants ou des conteneurs mis en place et vidés ou enlevés périodiquement, soit par une aire de regroupement de sacs perdus enlevés périodiquement. La collecte par points de regroupement implique pour les usagers l'obligation d'apporter eux-mêmes leurs déchets aux lieux de réception. [I.9]

I.9.3-Transport:

Après leurs collectes , les déchets sont évacués vers les lieux de traitement et de stockage. Il existe une grande variété de véhicules de collecte et d'options sur les équipements de transport:

- Camion de collecte avec benne tasseuse.
- Camion de collecte avec carrosserie fermée et compression des déchets;
- Camion de collecte avec équipement hydraulique de chargement et de compression;
- Camion pour collecte sélective muni d'une grue pour l'enlèvement des conteneurs spécialisés [I.11]

I.9.4-Stockage:

Le stockage constitue le dernier maillon de la filière de tri et de traitement des déchets. [I.16]

I.9.5-Installations de collecte et de traitement:

Il existe plusieurs installations de collecte et de traitement :

I.9.5.1-Station de transit (centre de transfert):

Une station de transit ou centre de transfert est une installation intermédiaire entre la collecte par benne des déchets ménagers et leur transport vers un centre de traitement. Les déchets acheminés par les véhicules de collecte, y sont regroupés et stockés dans une fosse ou sur des aires ou dans des conteneurs de grande capacité ; ils sont éventuellement compactés puis transférés par des véhicules de grande capacité (camions gros porteur, chemin de fer, péniche) vers le centre de traitement. [I.9]

I.9.5.2-Centre de tri:

Lieu où s'effectuent le tri industriel et le conditionnement des déchets par type de matériau avant leur valorisation, traitement ou élimination. Après passage, contrôle de la radioactivité et identification de leur origine, les déchets sont réceptionnés et déposés dans la zone destockage. Ils sont acheminés ensuite par un tapis roulant jusqu'aux premiers postes de pré-tri où les refus et les cartons d'emballages sont retirés au fur et à mesure. Ces matériaux recyclables sont triés en partie réalisée mécaniquement par détection optique ou par magnétisme et en partie manuellement. Chaque type de déchet est séparé et stocké provisoirement dans des bennes. Les refus de tri sont évacués vers les centres D'enfouissement techniques ou les installations d'incinération [I.15]

I.9.5.3-Centres d'enfouissement technique(CET):

Appelés aussi décharges contrôlées, qui est un site de stockage des déchets de qualités géologiques convenables où les déchets sont disposés en couches minces, recouvertes de terre ou compactées par des engins spéciaux. Cette meilleure utilisation du terrain peut cependant, entraîner la production de gaz et d'un liquide, le lixiviat, qu'il faut traiter selon les techniques d'aujourd'hui bien maîtrisées. [I.10]

Selon **Balet (2008)** on distingue trois types de **CET** selon la nature des déchets concernés:

- **Classe1**: réservée aux déchets industriels spéciaux ou toxiques;
- **Classe2**: réservée aux déchets ménagers et assimilés;
- **Classe3**: réservée aux déchets inertes. [I.16]

I.9.5.4-Déchetteries:

Les déchetteries sont des lieux fermés, clôturés et gardés. Leur rôle principal est la prévention des décharges sauvages. Elles jouent un rôle primordial dans l'orientation des déchets vers les centres de traitements. Elles doivent être bien dimensionnées et situées proches des lieux d'habitation des usagers. [I.14]

I.9.6-Valorisation des déchets :

La valorisation des déchets est définie comme un mode de traitement qui consiste dans « l'emploi, le recyclage ou toute autre réaction visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie » [I.15] On distingue cinq types de valorisation :

I.9.6.1-Compostage:

Selon **Mustin (1987)** le compostage est un procédé biologique en aérobie contrôlé de conversion et de valorisation de substrats organiques en un produit stabilisé, hygiénique et riche en composés humiques appelé le compost.[I.12]

I.9.6.2-Méthanisation :

La méthanisation ou digestion est un procédé anaérobie de dégradation biologique qui transforme la matière organique en biogaz (méthane et dioxyde de carbone) par une flore microbienne complexe et spécifique[I.15]

I.9.6.3-Incineration:

L'incinération est un procédé de traitement thermique des déchets en présence d'oxygène de l'air. Elle consiste en une oxydation des déchets, à haute température, dans des fours spécialement adaptés aux caractéristiques des déchets. Cette dernière permet de produire par tonnes de déchets 2 tonnes de vapeur, qui peut être transformée en eau chaude et injectée dans un réseau de chauffage ou un réseau urbain en vue de produire de l'électricité.[I.10]

I.9.6.4-Thermolyse(Pyrolyse):

La thermolyse est un procédé de traitement en l'absence d'oxygène et qui nécessite un apport de chaleur (réaction endothermique), cette chaleur est généralement produite par combustion d'une fraction des sous-produits carbonés de la dégradation thermique. On destine à la pyrolyse les déchets organiques présentant des difficultés lors de l'incinération (corrosion du four, colmatage de la grille et formation de cendres trop importantes).[I.3]

I.9.6.5-Recyclage:

Selon **Moletta(2009)** le recyclage d'un déchet consiste à réutiliser la ou les différentes matières qui entrent dans sa composition ce qui permet d'économiser des matières premières et de l'énergie, les principaux matériaux recyclables sont les matières plastiques, l'aluminium, l'acier, le verre, le papier et le carton. Des objets composés d'un seul matériau, comme les bouteilles de verre ou de plastique, peuvent être facilement recyclés. En théorie, presque tous les matériaux sont recyclables, mais en pratique ils ne sont pas tous recyclés. En effet, le recyclage nécessite de mettre en place une collecte sélective et un tri pour séparer les matériaux en fonction de leur nature. Il faut de plus que cette filière de recyclage puisse être rentabilisée. C'est pour cela par exemple que les pots de yaourt ou de fromage blanc ne sont pas acceptés par la collecte sélective : il n'y a pas assez de matières à récupérer pour rentabiliser le recyclage. Les matériaux collectés sélectivement vont subir des transformations permettant de concevoir de nouveaux produits.[I.7]

I.10-Conséquences de la mauvaise gestion des déchets:

La loi N° 01-19 du 12 décembre 2001, parue dans le journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire du 15 décembre 2001 relative à la gestion, le contrôle

et l'élimination des déchets, précise dans son article 11 que « la valorisation et/ou l'élimination des déchets s'effectue dans des conditions conformes aux normes de l'environnement, et ce notamment sans:

- Mettre en danger la santé des personnes, des animaux et sans constituer des risques pour les ressources en eau, le sol ou l'air, ni pour la faune et la flore;
- Provoquer des incommodités par le bruit ou les odeurs;
- Porter atteinte aux paysages et aux sites présentant un intérêt particulier».

❖ Il existe divers impacts liés aux déchets:

I.10.1-Impacts environnementaux:

Les principaux risques liés aux déchets pour l'environnement sont:

I.10.1.1-Pollution de l'air:

Certains déchets sont susceptibles de polluer directement l'air si au contact de l'air ou de l'eau ou d'un acide ils dégagent un gaz toxique. Mais ils peuvent participer indirectement à la pollution atmosphérique lorsque leur traitement par incinération est réalisé dans de mauvaises conditions. Le méthane que dégagent certaines décharges de déchets qui n'ont pas été préalablement traités contribue de façon non négligeable à l'effet de serre ; les conséquences prévues sont des perturbations du climat à l'échelle de la planète. [I.9]

I.10.1.2-Pollution de l'eau :

Selon **Desachy (2001)** l'eau est le principal vecteur de la pollution générée par les déchets abandonnés ou éliminés dans des conditions écologiquement peu satisfaisantes:

- La pollution d'une rivière par un rejet inconsidéré de déchets est bien connue parce que ses conséquences apparaissent sans tarder : mort des poissons, eutrophisation;
- La dégradation de la qualité des eaux souterraines dues à l'infiltration d'eaux polluées par des déchets, car elle est moins visible mais peut toucher les nappes phréatiques qui contribuent à l'alimentation en eau destinée à la boisson. [I.9]

I.10.1.3-Pollution du sol:

C'est à partir de la surface des sols que sont émis les polluants et par elle qu'ils transitent souvent avant de passer dans l'hydrosphère. Elle occupe aussi une position clef dans les échanges et donc les pollutions avec les autres milieux. Étant donné que le sol constitue le support indispensable aux animaux et végétaux terrestres et à l'homme, toute pollution du sol retentira sur la flore, la faune et sur l'homme lui-même [I.10]

I.10.2-Impacts et risques sanitaires:

Selon **Turlan (2013)** la gestion des déchets, en partant de la collecte, en passant par le transport pour enfin arriver aux filières de traitement ; pose un problème d'exposition pour les populations (travailleurs, riverains, usagers). En effet, l'homme peut être exposé à des nuisances et/ou à des substances dangereuses émises par les installations de traitement des déchets. Les voies d'expositions sont multiples :

- Voie directe : inhalation de gaz, particules ou bio aérosols émis dans l'atmosphère, ou particules présentes sur le sol remises en suspension ;
- Voie indirecte : ingestion d'aliments, d'eau issus de sols contaminés (rejets liquides ou retombées atmosphériques). **[I.13]**

I.10.3-Impacts économiques : La production de déchets pose de sérieux problèmes d'élimination compte tenu des quantités en cause et de la toxicité de certains d'entre eux : source de risques pour l'environnement et pour les individus, elle s'accompagne aussi d'un gaspillage important de matière, de devises, d'énergie et de possibilité d'emploi. **[I.17]**

I.11.conclusion:

Ce premier chapitre a été consacré à des généralités, après un avoir donné des définitions au terme déchet, nous avons exposé les différents types de déchet. Par la suite nous avons exploré les déchets ménagers, leurs compositions et leur caractéristique. La section troisième a été consacrée aux généralités sur les déchets compostables. Après nous avons exposé les différents modes de traitement et valorisation des déchets, ensuite nous avons abordé le principe de la gestion des déchets qui regroupe la collecte et le tri, cette partie a détaillé les différents étapes et modes de collecte et de tri.

CHAPITRE II

La logistique inverse

II. Introduction :

Le domaine des chaînes logistiques a été particulièrement traité dans la littérature ces dernières années. Cependant, ce développement n'a pas été le fait d'une seule et unique communauté scientifique car les chaînes logistiques se trouvent au carrefour de plusieurs disciplines. A travers ce chapitre, nous allons essayer d'éclaircir tout d'abord quelques notions liées au domaine de la logistique inverse, en particulier la définition de la logistique inverse, ainsi que l'historique de ce domaine.

Nous présentons ensuite l'importance de la rétro logistique et les différentes activités liées au ce domaine et les motivations de la mise en place du processus de la logistique inverse. Enfin, nous terminons ce chapitre par les conditions de succès de la mise en place de la logistique inverse et sa problématique qui consiste à savoir déterminer un modèle de logistique inverse à développer.

II.1. Historique de la reverse logistics :

La reverse logistique, un concept ancien mais obsolète, bien au contraire elle fait partie des grands titres des problématiques dont fait face la logistique de nos jours ; le Soutien Logistique Inverse (SLI) qui considérée comme l'approche managériale la plus complète dans le domaine de la logistique, inclut dans un même processus l'ensemble des flux, allers et retours, en suivant le cycle de vie du produit et de ses composantes.

Pour la logistique des flux, le concept de reverse logistics est apparu au tout début des années 90 en Amérique du Nord et en Europe.

Aux USA, le Council of Logistics Management publiait dès 1991 un document intitulé « Reverse Logistics » suivi en 1993 du livre « Reuse and Recycling- Reverse Logistics opportunities ».

En Allemagne, on a agité en faveur du développement du concept : R. Frerich-Saguma proposa en 1991 à La Haye ; lors du congrès international de la logistique ; de dupliquer le schéma classique de la chaîne logistique, en y incluant les flux retours et en imaginant une **consuming entreprise**, miroir de l'entreprise productrice classique. [II.1]

En France, le concept est introduit par l'association française pour la logistique ASLOG en organisant le 1er forum de la logistique et de l'environnement en avril 1992. Logistique verte ou Eco-logistique firent ensuite l'objet de quelques journées d'études, notamment au CERELOG de Metz.

Après une dizaine d'années, son développement reste encore limité. Un certain nombre d'initiatives a été pris, la récupération et le recyclage des emballages fut le plus important en terme de flux traités, en particulier pour les produits grand public par l'organisme Eco-Emballages. Cependant la part de flux retours dans l'ensemble des flux physiques reste faible, c'est pour ça que la nouvelle directive européenne a mis en application sur les DDM (Date de durabilité minimale) afin d'accélérer l'essor de la reverse logistics.

II.2. Un problème de vocabulaire :

La reverse logistics tout comme la logistique prend des formes distinctes selon la nature des produits considérés. Reverse logistics est une locution américaine qui désigne les flux qui ne descendent pas la supplychain la remontent depuis le consommateur vers le producteur (réparation, produit invendu, défaillance, extermination, recyclage, etc.). en effet, la prévision de la demande étant par nature soumise à des erreurs, beaucoup de produits sont repris et « recyclés » vers d'autres zones de consommation, on remarque dans le monde 20% du flux « recyclés » est dû à cette seule raison. Cependant l'expression recouvre aussi les déchets dont on doit se débarrasser de la façon la plus écologique possible sans qu'ils reviennent aux producteurs.

C'est pour ce qu'on n'a pas de traduction exacte en langue française : logistique des retours, logistique à rebours, logistique inverse ou rétro-logistique sont autant de termes rencontrés pour désigner une même réalité : l'organisation de la gestion des retours.

II.3. Importance de la rétro-logistique :

Bien que la rétro-logistique soit un outil stratégique ayant un impact sur la rentabilité à long terme d'un secteur, son importance n'est pas encore vraiment établie comme il se doit.

En effet, si l'on a avantagé au début certaines fonctions de gestion telles que la finance et le marketing, les années 90 ont placé les capacités logistiques au centre des préoccupations des entreprises. Dans ce contexte, la majorité des entreprises n'avait pas encore décidé à caser la rétro-logistique. Néanmoins, on remarque une croissance dans le nombre de secteurs ayant compris que la gestion de la logistique du point de consommation vers l'amont est plus complexe et demande d'autres mixtures dans l'accommodement logistique (stockage, entreposage, transport, informatisation) pour un taux de retour et de satisfaction clientèle donné.

II.3.1. Enjeux des retours :

Dans un projet de recherche du Reverse Logistics Executive Council qui interrogeait les entreprises pratiquant la rétro-logistique, différents rôles stratégiques ont été mis en évidence, tel présenté dans le Tableau II.1. . [II.2]

Raison invoquées	%de réponse
<p>Pression concurrentielle</p> <p>La libéralisation des procédures de retour en vertu de laquelle si un article ne satisfait pas il peut être retourné, défectueux ou non, exerce une pression concurrentielle dans la recherche de la fidélisation/satisfaction des clients. Le courant entreprise citoyenne oblige les entreprises qui acceptent les retours à les traiter dans le respect de l'environnement et selon des pratiques socialement responsables.</p>	65
<p>Supplychain propre</p> <p>En acceptant de reprendre des articles, pièces ou composants ; auprès de leurs clients, les fabricants peuvent à la fois refabriquer et recapter la valeur des produits mais aussi permettre au client d'acheter et de stocker de nouvelles marchandises. Ce désengorgement des stockages associé à une extension des lignes de crédit et une augmentation du taux de satisfaction clientèle permet de faire d'une pierre deux coups : vendre le nouveau et recycler l'ancien pour le revendre.</p>	33
<p>Réglementation</p> <p>Elle force la reconfiguration des systèmes de production et de distribution pour s'assurer de ce que sur le cycle de vie de l'article à des phases différentes, l'ensemble de la supplychain de retour soit géré effectivement.</p>	25
<p>Recapter la valeur et recouvrer les actifs</p> <p>Les entreprises qui ont effectivement pris en charge des programmes de recouvrement des actifs ont pu revaloriser et améliorer la rentabilité à partir de matières qui sinon auraient été éliminées ou gaspillées.</p>	20
<p>Protéger les marges d'exploitation</p> <p>Les raisons invoquées ci-dessus permettent de mieux protéger à long terme la rentabilité en créant de nouvelles sources de revenus et de profits.</p>	18

Tableau II.1 : Rôle stratégique des retours.

II.3.2 Les raisons des inefficacités de la rétro-logistique :

On a pût identifier six symptômes d'une gestion inefficace des retours. La fréquence d'occurrence de ces symptômes suffit pour comprendre l'importance de la gestion efficace et de la rétro-logistique.

- Les retours arrivent plus vite qu'il n'est possible de les traiter (stocker, transformer..), le symptôme est un manque de capacité face à la demande.
- Des quantités considérables de stocks de retour qui restent entreposés dans les entrepôts.
- Des retours non autorisés ou non identifiés.
- Cycles de traitements des retours lents.
- Ignorance du coût logistique requis par les processus de retours.
- Manque de confiance du client dans le processus de réparation.

Il résulte de ces symptômes qu'il est primordial d'identifier les obstacles à une logistique correcte des retours. Si l'on venait à les classer par ordre d'importance, le classement serait comme suite :

- Lorsque le coût logistique total de la logistique de retours n'est pas évalué, il en suit sa dépréciation et sous-estimation ; il peut s'agir d'une politique délibérée par l'entreprise et/ou d'un manque d'attention du top management.
- Le manque d'investissement informatique, de ressources financières et de personnel, engagés dans la gestion.
- L'analyse juridique des retours est déconnectée de la gestion managériale

II.4. La reverse logistics :

II.4.1. Vers une définition :

D'après le Council of Logistics Management, la reverse logistics est définie comme suite :

Partant du point de consommation jusqu'au point d'origine, la rétro-logistique est un processus efficace de planification, de mise en œuvre et de contrôle des flux de matières premières, d'encours, de produit finis, et de l'information relative à ces flux, dont le but est de recapter la valeur des matières en les remettant à disposition dans une supplychain de retour. Il en découle que la rétro-logistique inclut des activités telles que la retransformation, le reconditionnement, la réutilisation des contenants, composants et emballages, tout comme la conception de produits et emballages destinés à réduire la pression environnementale (énergie, transport..).

La rétro-logistique traite aussi du retour de marchandises dû à des méventes, des excès de stocks saisonniers, des rappels pour défauts, aussi bien que des programmes de recyclage d'équipements obsolètes et de matériaux dangereux et/ou dérangeants. Son importance économique fluctue selon les secteurs considérés. A titre d'exemple, Le Tableau II.2: présente les taux de retour de quelques secteurs.

Secteur	%
Journaux et magazines	20-30
Distributeurs de livres	10-30
Vente par correspondance	18-35
Distributeurs de composants électroniques	10-12
Ordinateurs	10-20
Grandes distributions	4-15
Pièces de rechange automobiles	4-6
Électronique grand public	4-5
Produits chimiques ménagers	2-3

Tableau II.2 : Exemples de taux de retour. [II.3]

Pour Martin Beaulieu, une définition de la logistique à rebours (LR) doit tenir compte de 4 paramètres [II.4] :

- La LR est associée autant à un produit qu'à un déchet possédant une valeur de récupération ou de réutilisation. Ainsi, les papiers récupérés, les produits défectueux ou les retours suite à un achat par catalogue peuvent être considérés comme des intrants d'un réseau à rebours.
 - Le destinataire final de ces produits retournés ou de ces déchets peut être le producteur initial, un intervenant différent de la même industrie ou un intervenant d'un autre secteur d'activités. Par exemple, un produit défectueux sera réacheminé vers son producteur, le papier récupéré sera retourné dans l'industrie papetière alors que les pneus seront valorisés par des producteurs de tapis en caoutchouc.
 - La LR implique davantage que la seule décision du choix du réseau de distribution.
 - Elle comprend également un ensemble d'activités de gestion.

D'où il sa définition de la reverse logistics :

La logistique à rebours est un ensemble d'activités de gestion visant la réintroduction d'actifs secondaires dans des filières à valeur ajoutée.

Le terme «actif» est le pivot de la définition car il précise la nature de l'intrant qui se déplace dans les réseaux de logistique à rebours. Le choix de ce terme peut sembler surprenant mais il offre suffisamment de neutralité pour englober tous les aspects de la logistique à rebours.

Pour Davis [II.5], la reverse logistics est la gestion des actifs qui ne remplissent plus leur fonction première. La notion d'actif désigne un bien appartenant en propre à une personne ou à une personne morale (Sylvain [II.6], 1986). Un déchet ou un produit hors d'usage a un propriétaire même si ce dernier est implicite. Par ailleurs, le terme «actif» offre plus de neutralité car celui-ci permet d'inclure également les produits qui sont retournés ou rappelés par les entreprises. Le qualificatif secondaire est ajouté au terme «actif» pour préciser qu'il a déjà subi une dégradation (suite à son utilisation ou à une défectuosité).

II.4.2. Les bénéfices de la logistique à rebours :

En plus des bénéfices pour l'environnement qui sont connus et sensibles, il est nécessaire de lui donner une valeur ajoutée sur les plans financier et stratégique. La logistique à rebours continue toujours de culminer sur le plan stratégique, préconisée par l'engouement des consommateurs pour les produits faits de matières recyclées, les manufacturiers se trouvent contraints de concevoir de nouveaux produits et procédés, en autre termes, mettre en place des réseaux capables de récupérer ce nouvelle matière première.

D'autre part, l'intensité croissante de façon continue pousse les entreprises à augmenter et accroître leur service à la clientèle, pour récupérer les quantités non écoulées après une vente saisonnière ou des produits défectueux ou endommagés.

Rogers et Tibben-Lembke (1998) précisent que le retour de produits représente en moyenne de 3 à 5% des ventes d'une entreprise et qu'il génère de 5 à 6% des coûts totaux logistiques. L'essor du commerce électronique participera d'ailleurs à l'augmentation des volumes des flux retours. Les entreprises qui développent un flux intégré de prise en charge du produit utilisé et de son retour au consommateur, bénéficient de délais plus courts.

A partir de ces faits, des économies substantielles peuvent être réalisées par une gestion efficace des réseaux de logistique à rebours. Accotons que les organisations peuvent être aussi avantagées de façon indirecte en acquérant une meilleure connaissance du produit et des causes de défectuosité. Ainsi, l'entreprise peut alors faire des corrections de perfectionnement pour améliorer et corriger ces problèmes.

II.4.3. Les différentes activités de la rétro-logistique :

Les réseaux à rebours peuvent avoir dans leur composition d'intermédiaires, mais quelle que soit sa taille, les intermédiaires devront certaines activités que nous allons définir dans le tableau II.3.

Activité	Définition
Collecte	Démarche visant à détourner les actifs secondaires à les diriger vers un réseau à valeur ajoutée.
Triage	Séparation des différentes matières qui auraient été récupérées en vrac (papier, aluminium, fer, etc.) ou démontage des produits complexes en leur différentes composantes (ordinateurs par exemple).
Entreposage	Constitution d'un volume suffisant pour permettre un transport de façon économique.
Transport	Déplacement des actifs secondaires vers les activités de traitement intermédiaire ou retraitement.
Traitement intermédiaire	Série d'activités en vue de préparer les actifs secondaires pour les activités de traitement (par exemple lavage, granulation, filtration). Cette activité peut consister en des contrôles exhaustifs de la qualité des matières récupérées.
Retraitement	Activités permettant à l'actif secondaire de retrouver un état lui permettant d'être réutilisé. Ces activités peuvent prendre la forme de réparation, de reconditionnement ou de recyclage des actifs.

Tableau II.3: Les activités des réseaux de logistique à rebours (*M. Beaulieu, 2000*).

➤ **La collecte** : est une activité nécessaire pour avoir un réseau de logistique à rebours performant. Le point d'entrée dans le pipe-line de rétro-logistique mérite une attention accrue. Le **gatekeeping** (contrôle de l'accès des flux retours) est filtrage stratégique qui nous permet de gérer et rentabiliser les flux retour dans leur globalité. La forte participation des utilisateurs assurera une masse critique d'actifs récupérés, une condition sine qua non au succès de réseau.

Cette situation illustre et met en valeur l'instauration d'inactifs afin que l'utilisateur modifie ses comportements. Ces incitatifs peuvent être économiques ou prendre la forme d'aménagements favorisant la participation des utilisateurs.

➤ **Le triage** : c'est l'étape opérationnelle la plus vitale. S'il est effectué à la source, il réduit la complexité et le coût de l'activité. Mais ce n'est pas toujours possible à cause, entre autres, de la complexité des produits. En effet, certains produits ne sont pas conçus pour le désassemblage ; des spécialistes sont requis pour effectuer cette opération. Le triage permet également d'aiguillonner les actifs vers les bonnes filières de revalorisation et de séparer les produits qui peuvent être revendus, ceux qui doivent être réparés, ceux dont certaines pièces peuvent être réutilisées, ceux qui peuvent être donnés à des organismes de charité et ceux qui seront finalement envoyés sur des sites d'enfouissement.

➤ **L'entreposage** : L'entreposage peut être nécessaire pour combler l'écart entre l'offre et la demande. Par ailleurs, l'entreposage peut être une activité critique pour certains intervenants des réseaux de logistique à rebours. En effet, le processus de retour de produits peut créer un dédoublement des stocks (produits à vendre et produits retournés) à certains points du réseau, par exemple chez le détaillant.

➤ **Le transport** : c'est une contrainte à prendre au 1^{er} degré pour garantir la performance du réseau. Dans le cas du recyclage des produits, le transport accapare 25% des coûts logistiques. Lambert et Stock(1993) ont même estimé que les coûts de déplacement d'un produit du consommateur vers le producteur peuvent être neuf fois supérieurs à ceux du flux traditionnel. Davis et al. (1995) identifient trois causes qui empêchent d'optimiser les activités de transport : [II.7]

- Le produit est rarement retourné dans son emballage original.
- Il peut y avoir une grande diversité de produits retournés.
- L'expéditeur est incapable de déterminer le poids du chargement.

Une seconde action critique consisterait à palettiser les produits à retourner ce qui faciliterait l'évaluation des quantités et des coûts de transport. Dans le cas des produits recyclés, la compaction peut être un moyen de comprimer les coûts de transport en réduisant le volume des ressources. D'une façon plus globale, Shearre commande de lier le plus possible les activités du réseau logistique à rebours avec ceux du réseau traditionnel. Précisons que les réseaux de logistique à rebours détournent des actifs qui auraient terminé leur existence dans les filières d'enfouissement ou d'incinération. Cependant, le taux de récupération de ces réseaux n'est pas de 100%. De plus, le taux de récupération peut être limité par des contraintes technologiques qui restreignent la réutilisation de certains actifs secondaires. [II.8]

Si l'on examine le coût de la rétro-logistique en guise de les comparer avec ceux de la logistique classique, il sera aussi la somme de plusieurs coûts :
 Coût d'entreposage + Coût de transport + Coût de traitement + Coût de gestion des processus de retour + Coût associé aux réseaux de rétro-logistique utilisés et au niveau de service requis dans ce réseau. = **Coût de rétro-logistique.**

D'un autre point de vue, pour avoir un bon niveau de service et une configuration centralisée ou non des centres de traitement de la chaîne de retour, le coût de la rétro-logistique est la somme des coûts de transport, de traitement et d'entreposage.

Donc, la logistique inverse s'intéresse à des flux multiples qui ont tous la caractéristique de ne pas être des flux massifs de produits :

- emballages de toutes sortes : palettes, cartons, bouteilles, containers...
- déchets de production, eaux usées, huiles usées...
- invendus : journaux, livres, articles démodés, restants de promotion, produits périmés ou en limite de péremption...
- produits défectueux rappelés par le producteur.
- produits refusés par le consommateur en VPC ou e-commerce.
- produits en fin de vie, soit jetables, soit usés : automobiles, toners d'imprimantes, microordinateurs, appareils ménagers, literie... qu'ils soient repris ou non par le vendeur.
- produits à réparer.

Ces produits peuvent emprunter des voies différentes que celle du retour vers le producteur, bien sûr avec l'intervention de nombreuses **tierces parties** : en effet, la supply chain est un réseau qui est souvent très complexe et non pas une simple chaîne.

II.5. Les méthodes de traitement des produits usagés :

Dès la récupération et l'acheminement des produits usagés vers les centres de tri, plusieurs processus sont envisageables, en fonction de l'état des produits. (Thierry et al. 1995), ces activités de traitement se répartissent en fonction de l'effort nécessaire au traitement des produits récupérés:

- **La remise à neuf** : C'est une opération qui consiste à rendre un produit dans son état neuf, pour l'introduire dans un circuit de vente normal. Chez IBM dans l'usine de Montpellier, lors des retours de serveurs en fin de contrat, ils sont diagnostiqués et en fonction de la demande, ils sont orientés vers la remise à neuf. Cependant, les serveurs dans un état hors état de vente, sont dirigés vers le recyclage. Cette solution est la plus profitable pour l'entreprise, vu que le produit est introduit dans le marché, au tarif pratiqué en temps normal.
- **La réutilisation** : L'idée est de réutiliser un produit récupéré, pour remplir la mission pour laquelle il a été conçu initialement. Il existe différents types de réutilisation ; le cas d'un retour immédiat d'un produit de chez un client, au moment de la livraison. Dans ce cas, le produit n'a pas encore été utilisé et a été retourné dans son état initial en préservant son emballage, l'article peut se remettre sur le marché sans aucun traitement curatif.
- **La réparation** : L'objectif de cette opération est de remplacer les pièces défectueuses d'un produit usagé, en vue de le remettre en état de fonctionnement. Pour ce cas de figure chez IBM, ils diagnostiquent les pièces défectueuses retournées pour identifier l'origine de la panne, puis, elles subissent une intervention auprès du fabricant d'origine avant d'emprunter le chemin des centres de maintenances de la compagnie. Pour le cas des pièces non réparables, elles sont systématiquement redirigées vers l'avant-dernier recours, qui n'est d'autre que le recyclage.
- **Le réassemblage** : Pour qu'un produit soit aux normes de qualité de l'entreprise, il faut le désassembler partiellement ou totalement si nécessaire. Une fois que le produit

est désassemblé et examiné avec une attention particulière, il subit une opération de nettoyage et de lubrification pour le rendre d'une bonne qualité.

- **La cannibalisation** : Elle consiste à disséquer les produits retournés, dans l'optique de les désassembler et récupérer les composants qui peuvent être utilisés ultérieurement, souvent, les composants valorisés servent de base pour alimenter le processus de fabrication, vu qu'ils peuvent faire objet d'un usage identique à leur fonction initiale ou toute autre fonction envisageable dans ce cadre.
- **Le recyclage** : Comme évoqué précédemment, cette option reste l'avant-dernier recours pour l'industriel. En effet, ce processus vise la réduction du produit à son état de base, en ressortant les matériaux (Plastique, fer, acier, verre, aluminium) qui sont ses constituants, en vue de s'en servir pour la fabrication de nouveaux produits. Cette solution contribue considérablement à la réduction des intrants de la supplychain classique (Direct Supply Chain), par le biais de l'alimentation de l'approvisionnement par les matières extraites.
- **L'élimination** : Pour les firmes qui ne s'intéressent guère à la logistique inverse, cette alternative est très convoitée. Bien qu'elle soit l'option ultime de la logistique inverse, elle est de plus en plus coûteuse et assez limitrophe, dans le sens où la réglementation environnementale incite à réduire l'impact écologique sur l'environnement, en diminuant les pistes de l'enfouissement et l'incinération.

Dans le logigramme que nous proposons en ci-dessous, nous cherchons à démontrer les différentes options qu'offre la logistique inverse en termes de traitement des produits usagés, retournés. Notre démarche se base sur les différentes données collectées de la revue de littérature pour proposer un modèle qui tient compte des différentes interactions et opérations logistiques mises en œuvre pour parvenir à cette finalité. Il est clair que plusieurs options sont proposées en fonction de l'état de détérioration du produit. Cependant, l'option de l'incinération ou de l'enfouissement constitue le dernier recours pour une entreprise pour disposer d'un produit retourné. Ainsi, l'entreprise doit chercher impérativement à privilégier les options qui offrent la possibilité de puiser dans la valeur résiduelle du produit, au lieu d'orienter le processus dès le départ vers la disposition qui n'est pas bénéfique et impacte considérablement l'environnement.

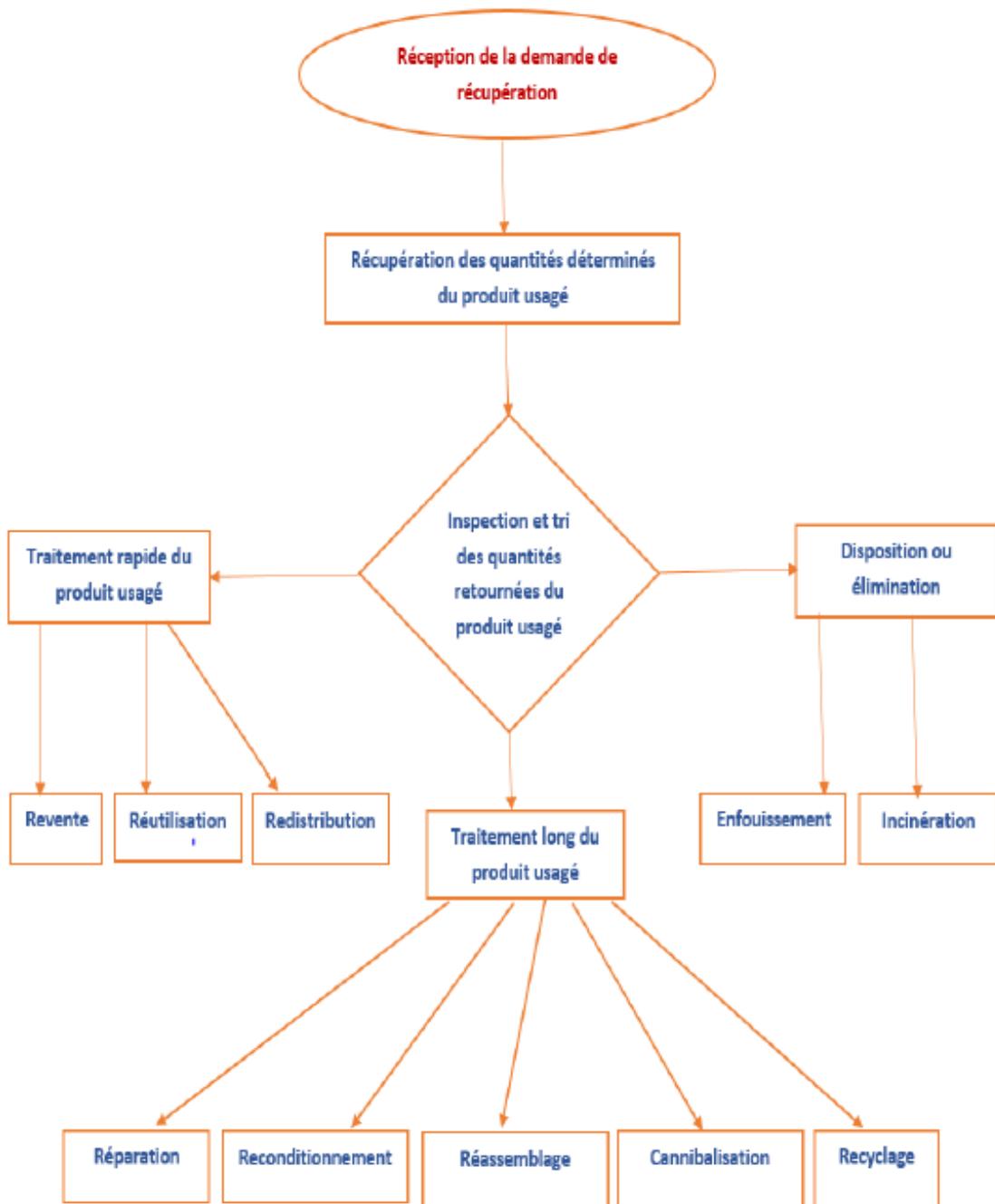


Figure II.1 : logigramme de la logistique inverse

II.6. Les motivations de la mise en place du processus de la logistique inverse :

Dans cette partie, nous allons évoquer les motivations qui poussent une entreprise à s'intéresser à la logistique inverse, en tant que processus générateur de la valeur ajoutée.

II.6.1. La diversification des sources de revenu :

L'entreprise qui s'intéresse à la récupération des produits usagés en mettant en place un paradigme de logistique inverse, accède formellement au marché de l'occasion. Ce marché, est en pleine expansion et permet de créer de nouvelles sources de profits et revenus. D'après l'étude de Xerfi qui date de 2008, le marché d'occasion en total représentait 5 milliards d'euros en 2007 (sans l'automobile, les antiquités, l'art et l'immobilier) et connaît depuis un taux de croissance qui avoisine les 6% de progression d'une année à une autre.

L'opportunité que propose le marché de l'occasion permet à l'entreprise de segmenter son marché et répondre aux attentes des clients en proposant des offres adéquates et flexibles capables de répondre à chaque besoin exprimé. Le cas d'IBM (Pauline Keh et al., 2013) est très illustratif de cette approche, en effet, les serveurs et les pièces retournées ont permis de proposer aux clients, la possibilité d'acheter des produits retravaillés en parfaite adéquation avec le pouvoir d'achats de cette niche, inexploitée dans le passé. L'entreprise arrive aujourd'hui à écouler des serveurs, dont 35% des appareils sont retouchés.

II.6.2. Un gain supplémentaire en valorisant les produits récupérés :

Les produits remis à neuf coûtent en moyenne moins cher de moitié, que les produits neufs. Le marché s'avère très rentable pour l'entreprise. Le géant mondial Caterpillar, spécialiste des équipements lourds a fait de cette activité un département séparé, vu qu'elle dégage des marges impressionnantes sur ce segment. Cette division a réalisé plus d'un milliard de dollars en 2005, et ce chiffre continu à croître de 15% au fil des années.

De plus, certaines pièces et composants qui ne peuvent pas faire l'objet d'une utilisation interne, peuvent faire l'objet d'un écoulement sur le marché d'occasion en passant par des brokers ou des intermédiaires. Enfin, les éléments qui ne sont pas écoulés, font l'objet d'un démantèlement des métaux (argent, or, cuivre), puis, revalorisés auprès d'intermédiaires spécialistes pour générer des revenus supplémentaires pour l'entreprise.

II.6.3. Limitation des achats d'intrants :

Le fait de retravailler ou remettre à neuf les pièces et composants récupérés du marché, ouvre la porte de leur réintégration dans la chaîne de production. L'usage des pièces récupérées limite les achats et la conception des composants, et engendre des économies pour l'entreprise.

II.6.4. Réduction des taxes environnementales :

La fausse idée véhiculée, est de dire que la protection de l'environnement génère des coûts additionnels à supporter par l'entreprise. Depuis les années 1990, cette hypothèse est contestée par les différents travaux, qui considèrent que l'amélioration de la performance environnementale d'une organisation, tend à l'amélioration de sa performance financière. En effet, la pollution est une résultante d'un gaspillage, dû à l'utilisation inefficace des ressources et moyens. En outre, une meilleure gestion de l'impact environnemental, réduit les taxes et frais environnementaux, car la bonne orientation, permet d'éliminer le risque de payer des amendes et de diminuer les frais de taxation liées à l'élimination des produits. Les firmes Black & Decker et Xerox, ont pris la décision de devenir des zéro émetteur de déchets et ne plus rien envoyer dans les décharges publiques. Ceci, leur a permis d'économiser des millions de dollars de coûts d'élimination.

II.6.5. Amélioration de l'image de marque :

Le client est de plus en plus exigeant et sensible à la problématique environnementale. Certaines entreprises, incluent la performance environnementale comme critère fondamental de choix d'un fournisseur. En effet, l'entreprise qui assume et gère sa chaîne logistique de bout en bout, en assurant une réutilisation ou une élimination des produits, accroît sa réputation et se considère comme protectrice, ainsi, elle arrive à fidéliser ses clients et conquérir de nouveaux.

Une entreprise qui s'intéresse à la logistique inverse réduit impérativement son impact environnemental et cherche à véhiculer l'image de l'entreprise verte qu'elle peut cultiver au fil des années. Dans ce sillage, un responsable en RSE chez IBM précise « L'emplacement de Montpellier n'envoie aucun déchet dans les décharges publiques. Il s'est pour cela entouré d'une vaste filière de recycleurs spécialisés dans le verre, le plastique, le papier et les métaux ferreux. Cette filière de recyclage a été choisie par IBM et certifiée selon des critères environnementaux en accord avec les exigences légales ».

II.7. Les conditions de succès de la mise en place de la logistique inverse :

La gestion centralisée de la logistique inverse dans un périmètre donné permet à l'entreprise de cerner les coûts engendrés par ce processus. Selon LCP consulting, une gestion éclatée des retours clients peut diminuer la rentabilité à hauteur de 4,3% pour les distributeurs et de 3,8% pour les fabricants. Comparé au coût de la logistique traditionnelle, le coût de la logistique inverse apparaît également comme étant la somme de plusieurs coûts : Le coût d'entreposage, de coût de transport, le coût de traitement, le coût de gestion des processus de retour, le coût associé aux réseaux de logistique inverse utilisés. Ce choix, permet de gérer un stock unique de produits retournés et d'optimiser les processus de valorisation et de revente, ainsi que de créer de la synergie des ressources humaines et des infrastructures matérielles. De ce fait, nous évoquons deux principes de base pour mettre en place un processus optimal de la logistique inverse.

II.7.1. La mutualisation des ressources :

Nous parlons de la mutualisation des ressources, qui en principe consiste à sensibiliser le personnel à l'importance des flux inversés et à les former en la matière pour avoir les compétences nécessaires, à l'instar de la supplychain classique. Cela, permettra de créer des synergies et de réduire les coûts d'investissements en ressources humaines et matérielles. Dans ce sens, l'équipe de production peut utiliser les mêmes outils d'assemblage et de test pour les produits récupérés. Dans le même sillage, les équipes financières (Contrôle de gestion, Master Data usine, Ingénierie) peuvent gérer les mêmes fonctionnalités des produits neufs, pour les produits intégrés dans le pipe-line inverse.

II.7.2. La mutualisation des infrastructures :

En sus de la mutualisation des ressources, l'entreprise doit chercher à optimiser l'utilisation de ses ressources matérielles. En effet, les installations et les équipements de l'entreposage et manutention, d'assemblage et de test des produits neufs peuvent servir également pour les produits retournés. Le but de cette démarche, est que les mêmes moyens et ateliers s'utilisent dans la réalisation des activités de la supplychain classique et inversée. Même son de cloche pour les moyens de transport. Un camion qui livre une zone et honore les commandes dans un itinéraire bien déterminé, servira de moyen pour récupérer les produits et les décharger dans l'entrepôt de l'entreprise. Aujourd'hui, les produits qu'ils soient neufs ou utilisés seront dirigés par le même mode de transport vers la plateforme d'entreposage et suivis par le même progiciel de gestion intégré. Ce logiciel permet de gérer la logistique aller et retour en donnant des aperçus en temps réel, sur le fonctionnement de la chaîne dans sa globalité.

L'usage de l'ERP en tant que système de gestion et de pilotage de la chaîne de bout en bout, permet d'intégrer et de prendre en considération les produits retournés, via leurs composants, dans le calcul des besoins de l'approvisionnement pour le compte de la production. Pour le cas de l'entreprise IBM en Europe, le stock des pièces remises à neuf ou pas encore et celles qui sont en cours d'acheminement dans le pipe-line inverse, ainsi que les produits expédiés aux clients, pour lesquels les flux inversés associés sont connus, mais qui n'ont pas encore intégré la chaîne inverse, sont pris en compte par le cluster des prévisionnistes dans le calcul du besoin. Ceci, permet de satisfaire une partie de la demande du service des approvisionnements, qui à son tour cherche à honorer ses engagements vis-à-vis de la production. La prise en compte des retours prévisionnels, dans le plan d'approvisionnement et dans le plan de production, permet à cette firme d'être proactive en anticipant au maximum les retours et de favoriser la réutilisation des composants avant d'acheter d'autres dans un état neuf, vu qu'ils sont coûteux. L'élément intrinsèque qui place IBM comme référence en la matière, c'est qu'aujourd'hui l'entreprise a des systèmes d'information qui prennent en compte le besoin de toutes ses entités industrielles dans le monde et qui déterminent si les stocks des pièces remises à neuf en sa détention à l'issue des activités de récupération, peuvent satisfaire le besoin. Ainsi, des pièces récupérées et remises à neuf dans l'hexagone, peuvent atterrir aux États-Unis, pour faire partie prenante d'une machine destinée à la vente sur le marché domestique.

II.8. Problématiques de la logistique inverse :

Le dernier volet évoqué dans cette partie est de savoir déterminer un modèle de logistique inverse à développer. Nous citons les symptômes majeurs qui dénotent que le système inversé est en difficulté. Ces symptômes sont :

- ✓ Quand les produits empruntant le pipe-line inverse, arrivent plus rapidement que le temps que ça prend pour les traiter ou en disposer.
- ✓ L'existence d'un stock important de retour en entrepôt.
- ✓ L'infiltration par le gatekeeping de retours non identifiés ou non autorisés.
- ✓ Quand le de traitement des retours est très long.
- ✓ Le coût de traitement est non maitrisable.
- ✓ Lorsque le client perd confiance dans le processus de logistique inverse.
- ✓ L'inexistence d'un référentiel de logistique inverse pour piloter la performance.

Nous évoquons les péchés mortels de la logistique inverse. Les péchés sont les suivants :

- ✓ Ne pas considérer la logistique inverse comme un facteur qui donne un avantage compétitif sur le marché.
- ✓ Limiter la responsabilité de l'entreprise au moment de la livraison du produit au client.
- ✓ L'inaptitude de faire converger les systèmes interne et externe avec le volet de la logistique inverse concernant les retours.
- ✓ Considérer que les efforts déployés à temps partiel sont largement suffisants pour traiter les activités inverses.
- ✓ Penser que le temps de retour d'un produit peut être plus long et plus variable que pour un nouvel article commercialisé ou distribué.
- ✓ Croire que les retours de produits, la valorisation et le recyclage vont se régler par eux-mêmes si on leur consacre le temps nécessaire.
- ✓ Se dire que les retours ne sont pas importants en termes de coûts, d'évaluation et en revenus estimatifs.

Nous évoquons ci-après deux limites principales qui touchent la littérature qui traite la logistique inverse. Les deux limites sont : le manque de vision holistique ou systémique et le déficit en recherches empiriques.

II .9.conclusion :

Dans ce chapitre nous avons définie d'une manière générale la chaîne logistique inverse. Ces définitions nous sont importantes pour entamer notre étude, pour ce permettre de comprendre les travaux de recherche et créer un savoir. A travers le chapitre prochain, nous contribuerons à l'amélioration de la démarche d'opération de la collecte des déchets dans la commune d'Abou Techfine.

Chapitre III :

Optimisation de la localisation des bacs
au niveau d'Abou Tachfine

III.1. Introduction :

Le tri sélectif est aujourd'hui devenu l'un des enjeux majeurs dans la prévention contre la génération excessive de déchets en favorisant leur exploitation. Le processus consiste à la séparation entre les différents flux de déchets sur leurs lieux de production, et de les collecter séparément pour faciliter leur valorisation.

Dans ce chapitre nous allons faire une architecture optimale de la localisation des poubelles dans la zone d'Abou Tachfine en se basant sur l'approche de localisation allocation. Ensuite nous allons proposer pour chaque type de déchets un type de bac qui lui convient et déduire la taille de chaque poubelle. En seconde position nous parlerons sur notre vision de l'action des habitants pour les mettre positivement dans la nouvelle configuration du réseau de la collecte des déchets urbaines.

Dans la première étape, nous décrivons brièvement les logiciels utilisés à savoir le système d'information géographique QGIS (Quantum géographique information system) et le solveur d'optimisation des classes de modèle de programmation en nombre entier LINGO (linear integer global optimization) et définir la zone d'étude Abou Tachfine.

Dans la 2ème étape nous allons proposer 6 modèles mathématiques puis nous allons implémenter ces modèles dans le solveur lingo afin de résoudre le problème de localisation des bacs dans la zone d'Abou Tachfine. Les résultats obtenus sont interprétés et représentés sur QGIS et Google EARTH. De même la meilleure configuration du réseau parmi les six scénarios sera choisie comme un prototype pour mettre le grand réseau pour les déchets organiques dégradables avec la mise en œuvre du tri sélectif. Ensuite, nous allons appliquer la méthode TOPSIS pour localiser le meilleur emplacement de bac pour les déchets dangereux pour l'environnement tels que les piles, les déchets électroniques. Dans la 3ème étape nous allons proposer pour chaque type de déchets des bacs qui leur conviennent pour la mise en œuvre du tri sélectif. Enfin, nous donnerons quelques démarches de sensibilisation pour motiver et pousser les citoyens à appliquer le tri sélectif et aussi pour encourager les citoyens à participer dans la réussite de ce nouveau réseau configuré.

III.2.les logiciels utilisés :

III.2.1. Système d'information géographique :

On trouve plusieurs définitions de SIG selon le domaine d'application :

Selon David Cowen (1988) décrit le SIG comme un « système d'aide à la décision qui place des données géo référencées dans un contexte de résolution de problèmes » (D.J., 1988).

Selon Denègre et Salgé (1996) définissent un SIG comme « un système informatique de matériels, de logiciels, et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion » .

Il y a plusieurs logiciels SIG parmi eux on trouve : **QGIS**.

QGIS est un logiciel SIG libre (open source). Il a été conçu en juin 2002, Depuis 2007, il a été développé par Open Source Geospatial Foundation(**OSGeo**).

QGIS est distribué sous la licence **GNU GPL** (General Public License). Ceci permet aux utilisateurs de le partager et de le modifier librement (modifier le code source), tout en ayant la garantie d'avoir accès à un programme SIG non onéreux et librement modifiable.

QGIS est compatible avec tous les systèmes d'exploitation, Linux, les logiciels d'exploitation androïdes.

L'amélioration permanente de ses fonctionnalités, qui englobe notamment la création de données, l'édition, la manipulation, l'analyse, le stockage et la représentation visuelle.

(**QGISDOC**) [III.1]

III.2.2. Le solver LINGO :

LINGO est un outil simple permettant d'utiliser la puissance de l'optimisation linéaire pour formuler résoudre des problèmes et analyser la solution.

L'optimisation vous aide à trouver la réponse qui donne le meilleur résultat. Atteint le plus haut profit, retour ou bonheur ; ou réalise le coût le plus bas, le gaspillage ou la gêne.

Souvent, ces problèmes impliquent l'utilisation optimale de vos ressources, notamment de l'argent, du temps, des machines, du personnel, des stocks, etc. Les problèmes d'optimisation sont souvent Classés comme linéaires ou non linéaires, selon que les relations dans le problème sont linéaires par rapport aux variables.

III.3-le problème résolu :

III.3.1-Définition de problème de localisation allocation :

La modélisation localisation-allocation est un ensemble de techniques fréquemment utilisées pour résoudre divers problèmes d'emplacement, dont certains peuvent être politiquement sensibles. L'application type d'un modèle de localisation-allocation consiste à localiser des installations en sélectionnant un ensemble de sites parmi un plus grand ensemble de sites candidats, la procédure de sélection dépendant de l'optimalité en termes d'affectation de la demande aux sites sélectionnés. [III.2]

III.3.2-Le problème P-médiane :

Le modèle de localisation-allocation le plus courant est la p-médiane : les sites d'installation sont choisis parmi un ensemble de sites candidats afin de minimiser les déplacements globaux de chaque point de demande à l'installation la plus proche. Les sites de demande sont donc alliés au site d'installation le plus proche et le résultat d'une solution p-médiane est un ensemble de sites et de leurs zones de service associées. (LCM ,2002)

III.3.3-Définition de la zone d'étude :

ABOU TACHFINE (anciennement Bréa) est le nom d'une ancienne commune de la périphérie de Tlemcen en Algérie, fondée en 1846 lors de la première vague d'immigration coloniale autour du lieu-dit « La Ferme ». La commune adopte le nom de Bréa en février 1848 en hommage au général Bréa, assassiné quelques jours avant. En 1958, elle fait partie du département de Tlemcen. Après l'indépendance, elle prend le nom d'Abou Tachfine. En 1984, elle est rattachée à la commune de Tlemcen qui est située au nord-ouest de l'Algérie, à 520 km à l'ouest d'Alger, à 140 km au sud-ouest d'Oran et, proche de la frontière du Maroc, à 76 km à l'est de la ville marocaine d'Oujda. La ville est érigée dans l'arrière-pays, est distante de 40 km de la mer Méditerranée.

La zone d'étude BREA qui nomme actuellement ABOU TACHEFINE ou ABOU TACHFINE est située à 7 km au nord du centre de Tlemcen, au sud les oliviers et les dahlias, au nord oujlida et dans l'est le quartier feddan sbaa avec une superficie de 198 ha. La population d'ABOU TACHEFINE est estimée à environ 22 600 habitants.



Figure III.1 : la carte d'ABOU TACHEFINE sur Google map

III.3.4- La récolte des données :

Tout en relatant le rapport sur la stratégie nationale à l'horizon 2035 (SNGID 2035), l'étude a démontré que la production des DMA passera de 0,8 Kg/hab/jour en 2016 à plus de 1,23 kg /hab/jour en 2035. Actuellement on est à 0.95 kg /hab/jour ce qui génère environ 346 Kg/hab/an (APS). [III.3]

A cause de manque d'information sur les compartiments de la quantité de déchets ménagers jetée par personne chaque jour, on a utilisé les données de L'AND, selon l'agence nationale des déchets en Algérie. [III.4] Les pourcentages des différents déchets ménagers jetés par an en Algérie sont montrés dans la figure suivante :

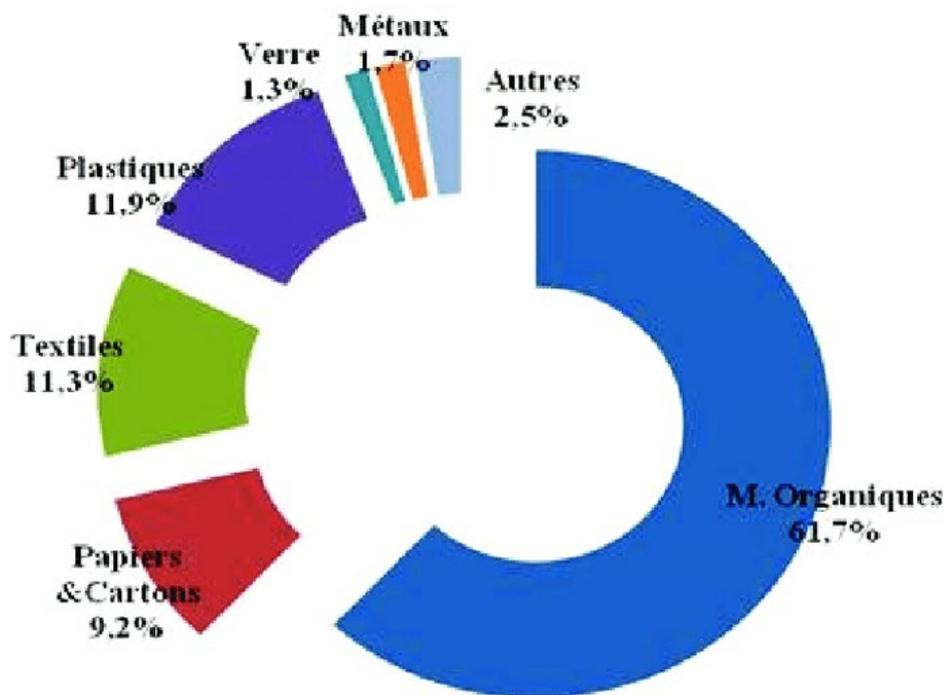


Figure III.2: Composition des Déchets Ménagers et Assimilés (DMA) – Algérie (AND)

III.3.5-Les sites de population :

Pour le choix des sites, on a appliqué une grille de type ligne qui englobe toute la zone géographique avec un coté du carré égale à 100 m, puis on a fait un maillage de type point dans lequel chaque point est placé au centre de gravité de chaque carré, puis selon la visualisation et le données collectées d'après la visite au site on dé-selecte les points localisés dans les zones où il est impossible de localiser les poubelle i.e. les usines, les Lieux appartenant à des particuliers, les terrains agricole.



Figure III.3 : lotissement de la zone géographique d'Abou Tachfine et les sites localisés.

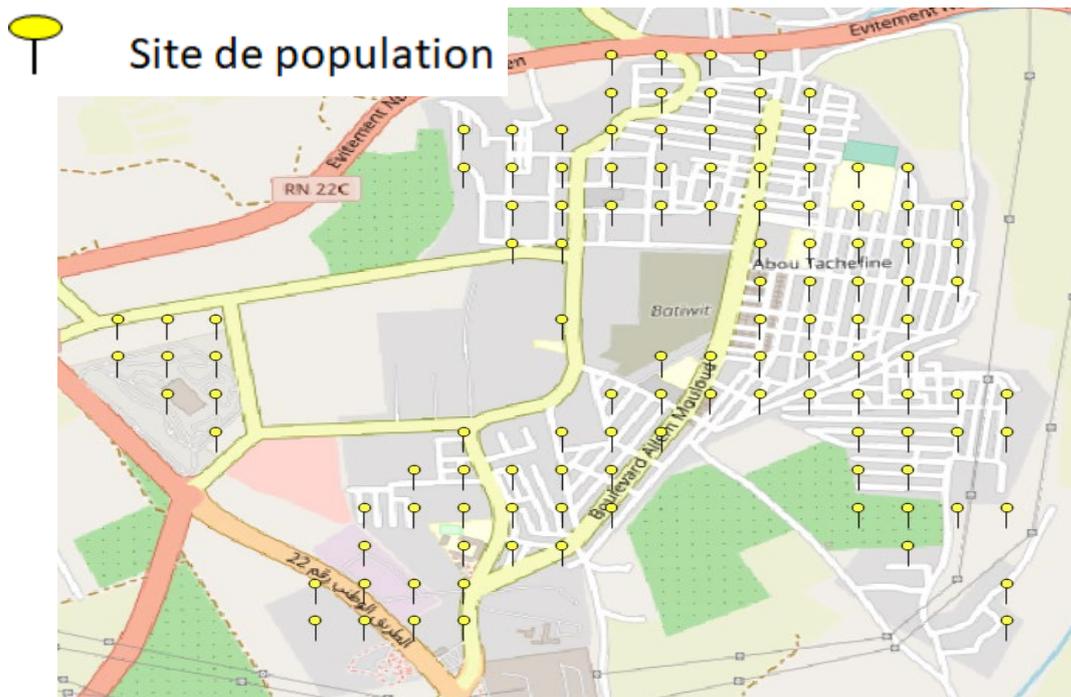


Figure III.4 : les sites potentiel pour placer les bacs sur la zone Abou Tachfine sur QGIS.

Dans l'approche quand avait travaillé sur on a pris la population comme facteur majeur qui diffère entre les sites, on a divisé les sites localisés sur des critères concernant la population, les sites se diffèrent à travers la Densité de population.

Echelle	Population maximale "Hab / Site"	Nombre des sites	population totale "hab"	DM par personne "Kg"	DM générés "Kg"
1	[1,120]	5	600	0,95	114
2	[121,133]	12	1600	0,95	127
3	[134,167]	30	5000	0,95	158
4	[168,195]	42	8200	0,95	185
5	[196,236]	22	5200	0,95	225
6	[237,286]	7	2000	0,95	271

Tableau III.1 : l'affectation des échelles aux sites localisés

- ❖ Les quantités des déchets jetés par les habitants se varient entre 114 et 271 kg.
- ❖ Pour l'échelle 1 on considère que la population maximale est 120 habitants.
- ❖ Pour l'échelle 2 on considère que la population maximale est 133 habitants.
- ❖ Pour l'échelle 3 on considère que la population maximale est 167 habitants.
- ❖ Pour l'échelle 4 on considère que la population maximale est 195 habitants.
- ❖ Pour l'échelle 5 on considère que la population maximale est 136 habitants.
- ❖ Pour l'échelle 6 on considère que la population maximale est 186 habitants.
- ❖ On remarque une forte concentration des habitants autours de 195 individus par site.

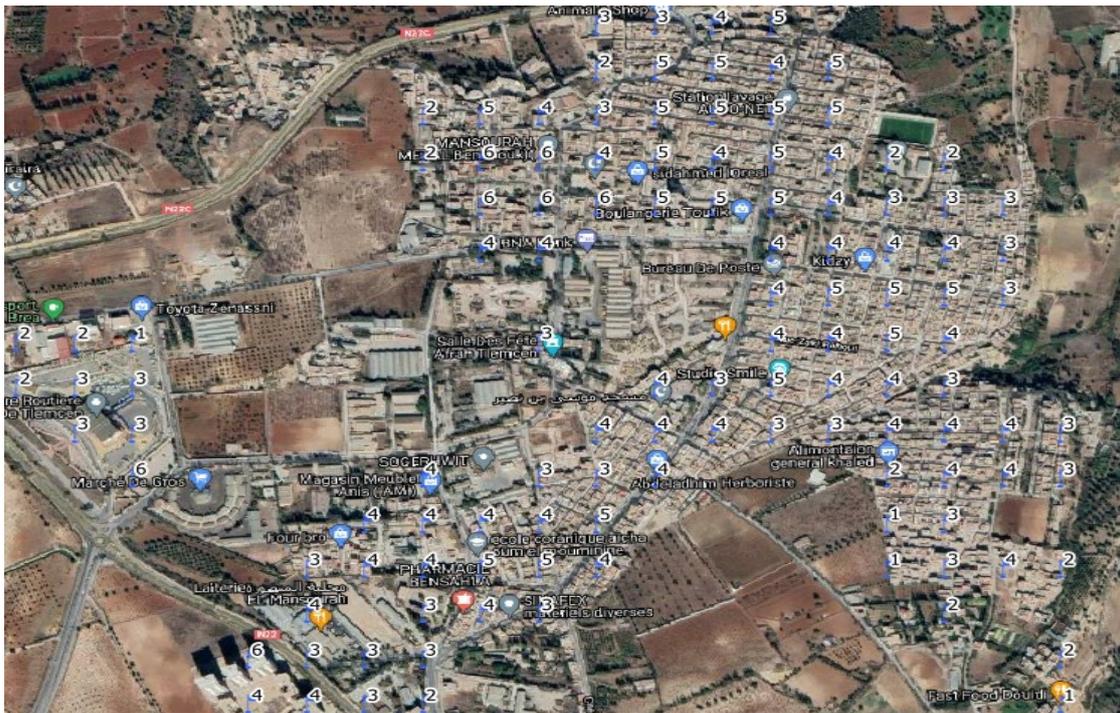


Figure III.5:l'affectation des échelles aux sites localisés

III.3.6-Emplacement potentiel des bacs :

Dans le but d'avoir une couverture forte qui donne la possibilité d'avoir plusieurs choix concernant la localisation des bacs, on a appliqué un maillage de type point qui couvre toute la superficie d'Abou Tachefine. Les points hors zone d'Abou Tachefine vont être supprimés automatiquement par la Contrainte (1) de distance montrée dans le modèle 1 qui relie chaque bac à leurs sites affectés.

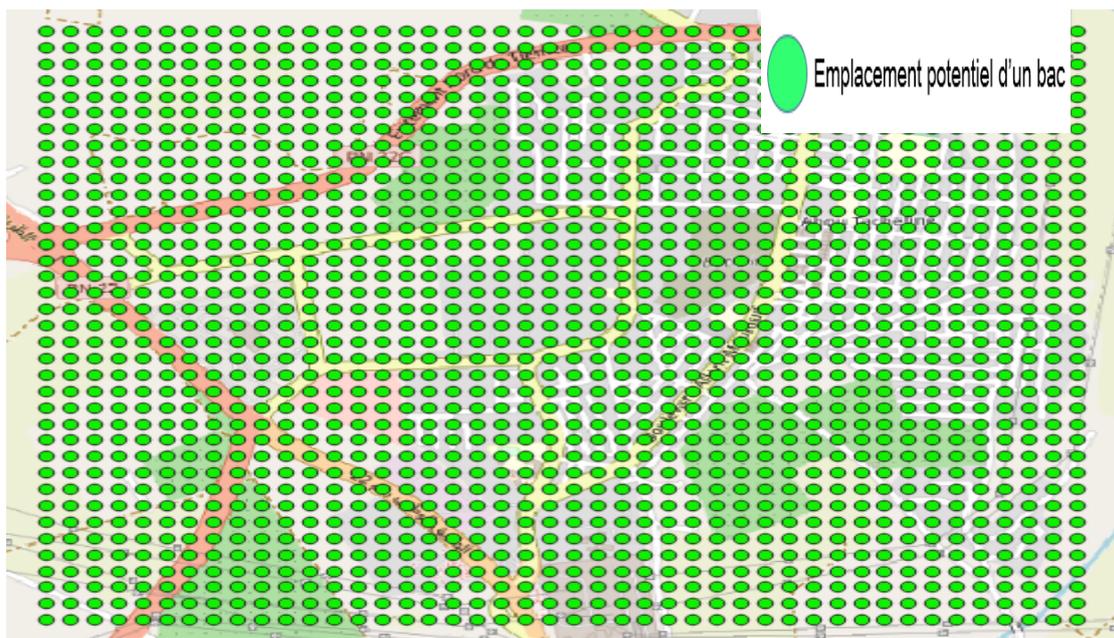


Figure III.6:maillage de 50m sur la zone Abou Tachfine sur QGIS.

III.4-Les modèles mathématiques :

III.4.1-Le premier modèle :

Cas de minimisation des bacs sans considération de la taille et le cout des bacs sous les contraintes de respecter des barrières de distance entre les bâtiments et les bacs.

1) Les paramètres du problème :

a) les indices :

i : indice des bacs, $i \in I$.

j : indice des sites, $j \in J$.

$I = \{1 \dots 1628\}$.

$J = \{1 \dots 118\}$.

b) Les données :

Distance i, j : la distance en les bacs et les sites.

x_a, y_a : Position géométrique de bac i .

x, y : Position géométrique de site j .

Distance $i, j = \sqrt{(x_{a_i} - x_j)^2 + (y_{a_i} - y_j)^2}$;

c) Les variables de décision :

$P_i : \{ 1, \text{ si le bac } i \text{ est localisé} \\ 0, \text{ sinon} \}$

$A_{i,j} : \{ 1, \text{ si le site est affecté au bac } i \}$

d) La fonction objective :

Le but de ce modèle est la minimisation des nombres de bacs.

$$\text{Min} = \sum_{i=1}^n P_i.$$

e) les contraintes :

$$\text{distance}_{i,j} * A_{i,j} \leq P_i * 100 \text{ m. } \forall i \in N \text{ et } \forall j \in N. \quad (1)$$

$$A_{i,j} \leq P_i \quad \forall i \in N \text{ et } \forall j \in N. \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n A_{i,j} = 1 \quad \forall j \in N. \quad (3)$$

$$A_{i,j} \in \{0,1\}. \quad (4)$$

$$P_{i,j} \in \{0,1\}. \quad (5)$$

Contrainte (1) : contrainte de la distance maximale entre un bac(i) et le site(j).

Contrainte (2) : affectation du site(j) au bac (i) aura lieu si le bac(i) est localisé .

Contrainte (3) : chaque site(j) doit être affecté à un seul bac(i).

Contrainte (4) et (5) : définissent les bornes des variables de décisions.

2) les solutions du problème :

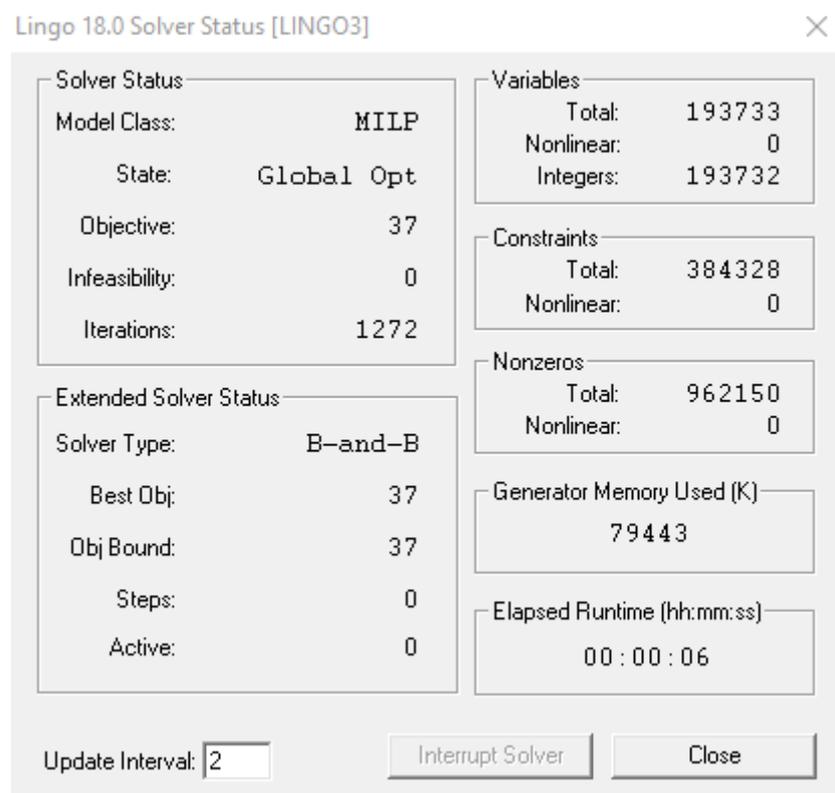


Figure III.7 : la solution affichée par le solveur Lingo

Les bacs affectés

P(B276)	1.000000
P(B350)	1.000000
P(B354)	1.000000
P(B586)	1.000000
P(B619)	1.000000
P(B727)	1.000000
P(B734)	1.000000
P(B784)	1.000000
P(B804)	1.000000
P(B862)	1.000000
P(B875)	1.000000
P(B895)	1.000000
P(B942)	1.000000
P(B952)	1.000000
P(B985)	1.000000
P(B1002)	1.000000
P(B1008)	1.000000
P(B1018)	1.000000
P(B1080)	1.000000
P(B1150)	1.000000
P(B1158)	1.000000
P(B1166)	1.000000
P(B1192)	1.000000
P(B1227)	1.000000
P(B1236)	1.000000
P(B1277)	1.000000
P(B1306)	1.000000
P(B1311)	1.000000
P(B1341)	1.000000
P(B1388)	1.000000
P(B1392)	1.000000
P(B1396)	1.000000
P(B1454)	1.000000
P(B1458)	1.000000
P(B1507)	1.000000
P(B1538)	1.000000
P(B1548)	1.000000

Tableau III.2 Les résultats du 1^{ère} modèle

3) L'interprétation des solutions de problème :

Après avoir implémenté le modèle 01 dans le solveur LINGO, le solveur a géré 193733 contraintes et coordonnées pour 118 sites et 1628 bacs. Nous avons vu que seulement 37 bacs étaient localisés et affectés aux bâtiments. Le tableau ci-dessus montre les bacs localisés. En effet, les autres poubelles non localisées ne tiennent pas compte de la distance de 100 m entre le bâtiment et la poubelle. Afin d'avoir une vue géographique plus claire et plus significative, les coordonnées de 37 bacs sur QGIS et GOOGLE EARTH ont été implémentées.

Les emplacements des bacs sont représentés par la figure suivante :

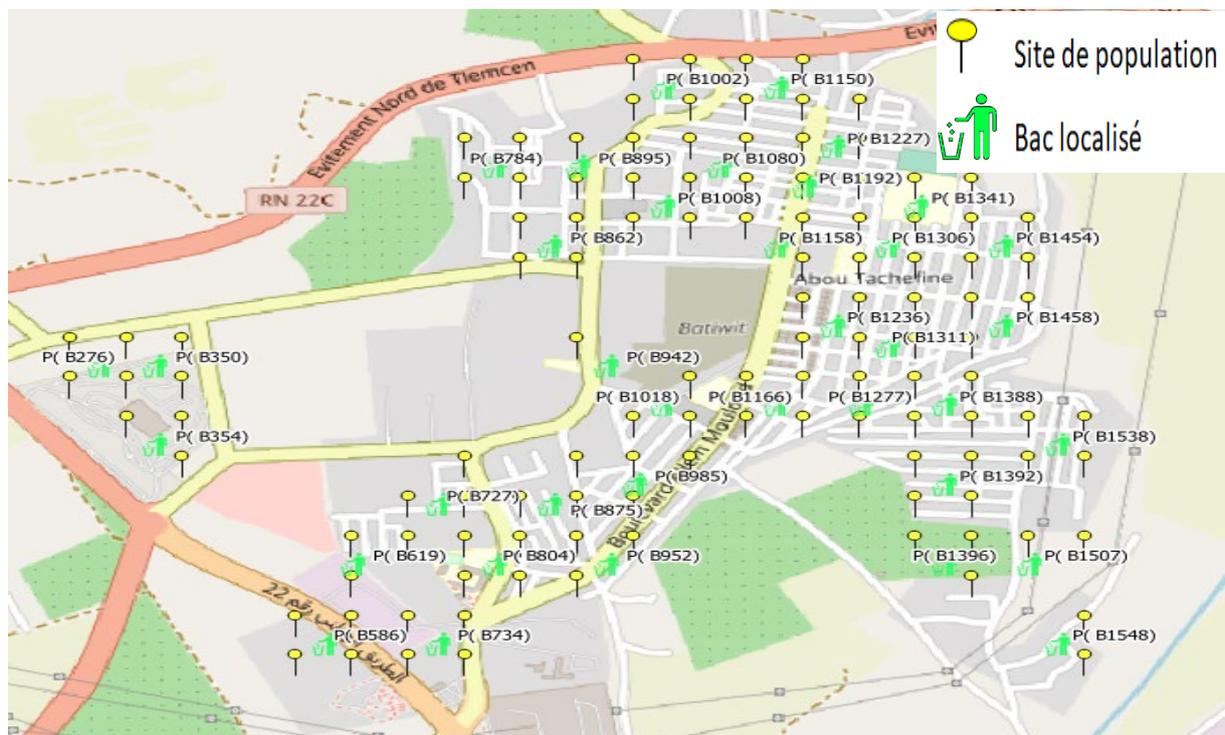


Figure III.8 : les emplacements des bacs et les sites du 1^{ère} Modèle sur QGISselon street map.

- **Remarque :**

Pour avoir le meilleur emplacement possible des bacs localisés chaque bac localisé peut-être dévié de sa place dans La zone spécifiée par les bordures qui entourent le site ou ce bac est localisé, les limites ou les bordures du site sont montrées dans la FigureIII.2.

L'emplacement des bacs de 1^{er} modèle dans Google Earth :

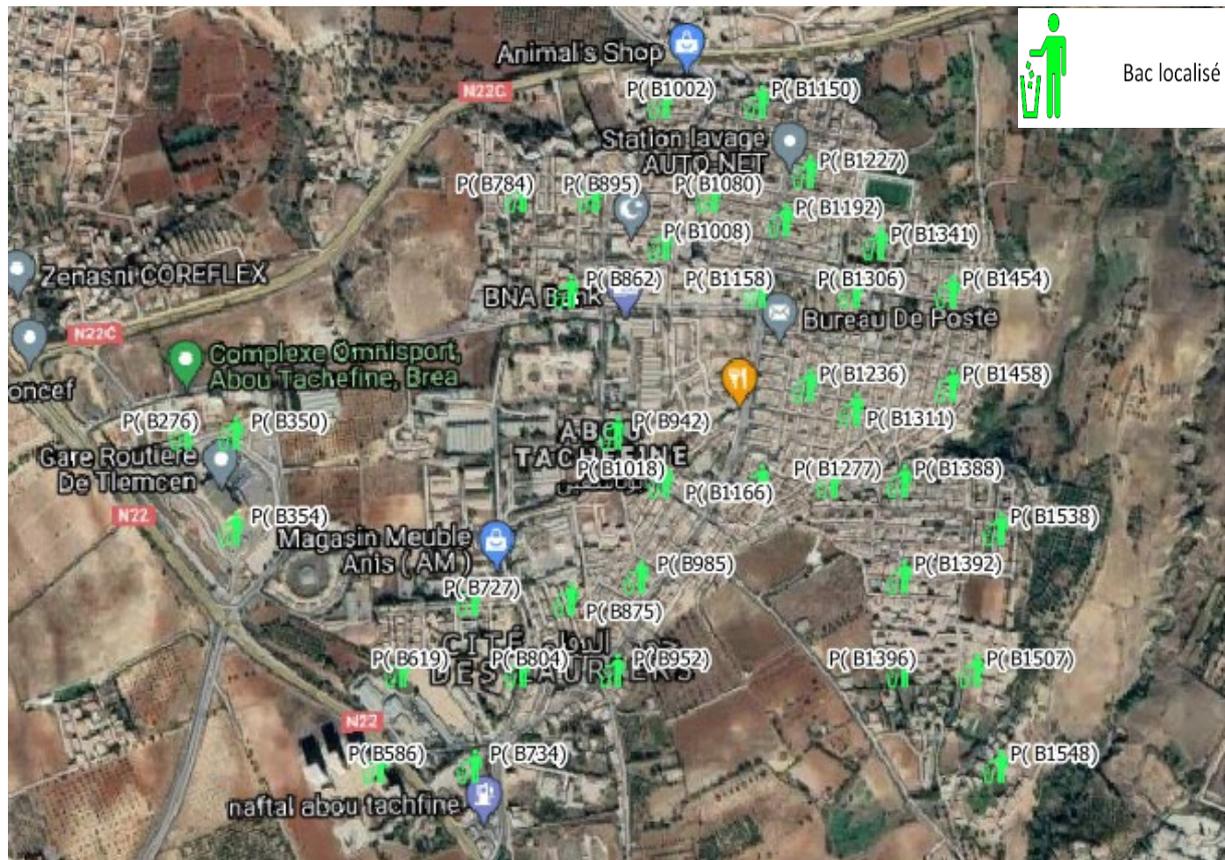


Figure III.9 : les emplacements des bacs du 1^{er} Modèle sur QGIS selon Google Hybride.

III.4.2-Le deuxième modèle :

Vu que la localisation de 37 bacs sans considération des couts on a essayé de minimiser le cout de localisation des bacs en simulant le cas extrême suivant : amplification de la distance entre les bacs localisés et les bâtiments jusqu'au 140 m.

Cas de minimisation des bacs sous les contraintes de la distance(140m) et la quantité des déchets et le taux de remplissage des bacs avec la considération de la taille des bacs qui égale à 240 kg et le prix qui égale 6000 DA.

1) **Les paramètres du problème :**

a) **les contraintes :**

- insertion du paramètre du cout dans le modèle.
- Avec une distance entre les bacs égale à 140 m.

b) **La fonction objectif :**

$$\text{Min} = \sum_{i=1}^n P_i * \text{cout}_i .$$

2) **les solutions de deuxième modèle :**

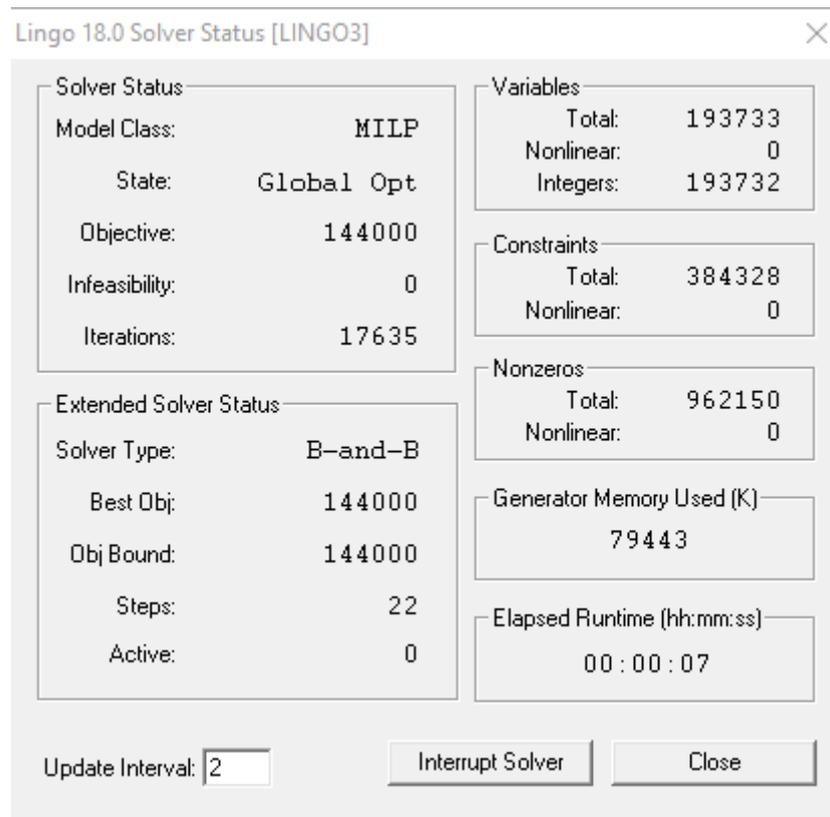


Figure III.10 : la solution affichée par le solveur Lingo.

3) **L'interprétation des solutions du problème :**

D'après les résultats de ce modèle simulé avec une distance extrême égale à 140 m, on constate que le nombre des bacs minimale a localisés est de 24 bacs, avec un cout minimale de 144000 da. En effet les autres bacs qui ne sont pas localisés ne respectent pas la distance de 140 m entre les bâtiments et les bacs et n'assure pas la contrainte de minimisation du cout.

Les bacs affectés	
P(B313)	1.000000
P(B353)	1.000000
P(B623)	1.000000
P(B693)	1.000000
P(B807)	1.000000
P(B821)	1.000000
P(B837)	1.000000
P(B865)	1.000000
P(B897)	1.000000
P(B914)	1.000000
P(B1003)	1.000000
P(B1057)	1.000000
P(B1119)	1.000000
P(B1151)	1.000000
P(B1203)	1.000000
P(B1265)	1.000000
P(B1271)	1.000000
P(B1277)	1.000000
P(B1393)	1.000000
P(B1417)	1.000000
P(B1422)	1.000000
P(B1501)	1.000000
P(B1507)	1.000000
P(B1622)	1.000000

Tableau III.3 : Les résultats du 2^{ème} modèle

Les emplacements des bacs sont représentés par la figure suivante :

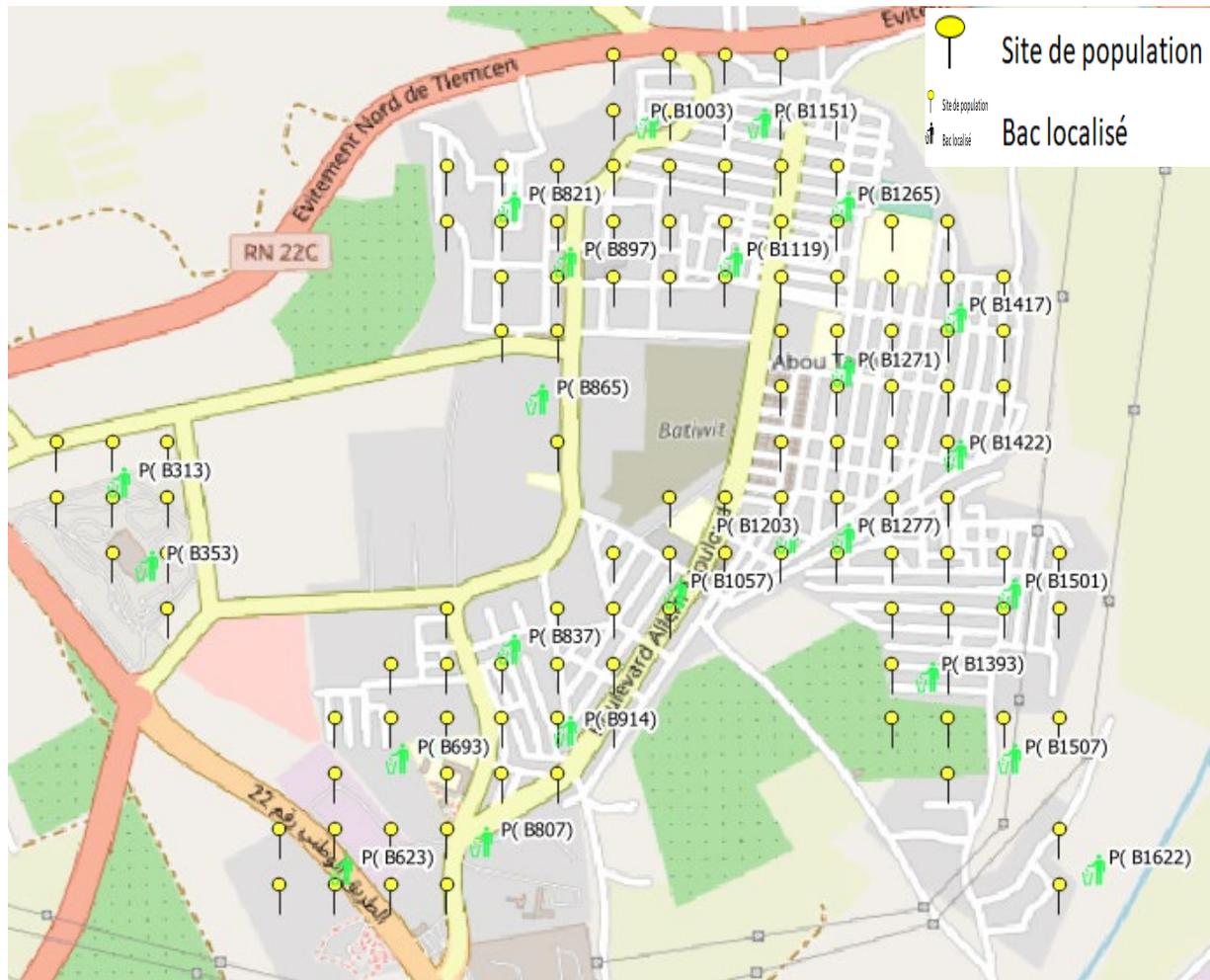


Figure III.11 : les emplacements des bacs et les sites du 2^{ème} Modèle sur QGIS selon street map.



Figure III.12 : les emplacements des bacs du 2^{ème} Modèle sur QGIS selon Google Hybride.

III.4.3-La représentation spectrale :

Dans les prochains-modèles on rajoute le facteur de taux de remplissage qui se diffère d'un bac à un autre, pour mieux visualiser cette différence sur QGIS on utilise une représentation spectrale qui montre selon la couleur du bac le niveau de remplissage de ce dernier.

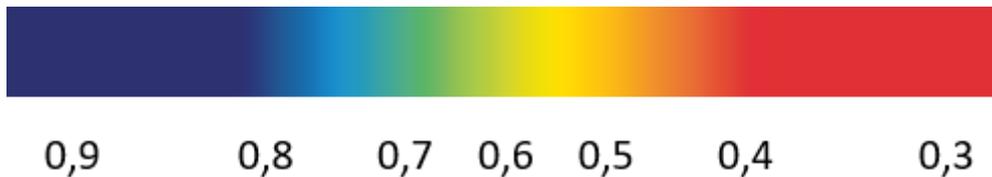


Figure III.13 : la variation de taux de remplissage selon les rayons spectraux

III.4.4-Le troisième modèle :

Cas de minimisation des bacs sous les contraintes de la distance(100m) et la quantité des déchets et le taux de remplissage des bacs avec la considération de la taille des bacs qui égale à 630 kg et le prix qui égale 6000 DA.

- 1) **Les paramètres du problème** : Les paramètres de ce problème sont les mêmes paramètres du premier modèle et on a ajouté d'autre paramètre comme :
- La Quantité : la quantité du déchet organique jeté par chaque bâtiment par jour.
 - Le Taux : c'est le taux de remplissage des bacs.
 - La Taille : c'est taille du bac pour ce modèle est 630L, (insuffisance de capacité avec seulement des bacs de 240 L).

Les résultats affichés sur Lingo (3^{ème} modèle avec capacité de bac =240L) :

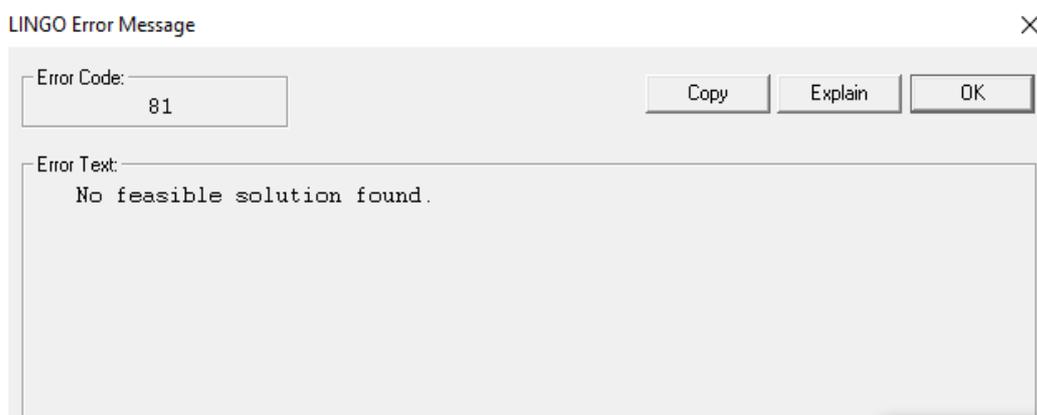


Figure III.14 : une insuffisance de la solution affichée par le solveur lingo.

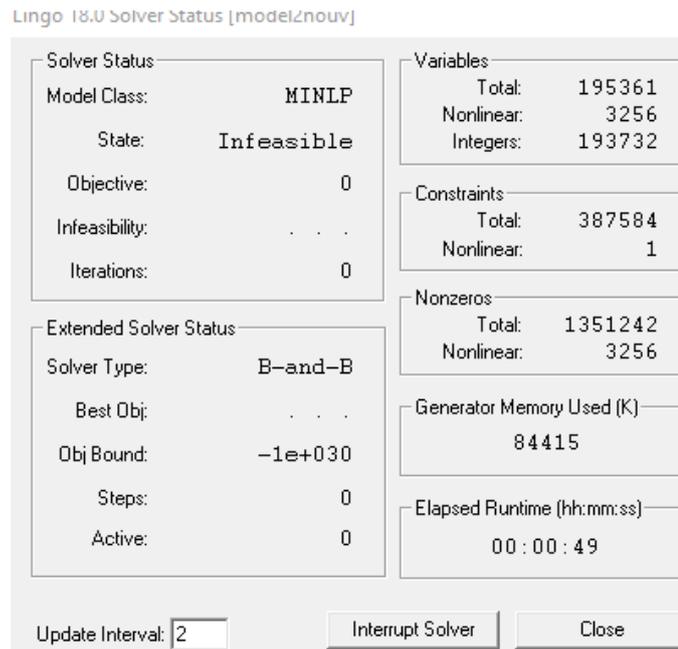


Figure III.15 : une insuffisance de la solution affichée par le solveur lingo.

❖ **Remarque :**

Dus aux variations des quantités des déchets générés par les différents sites qu'on avait localisés précédemment, les bacs de 240 L ne pas suffisent pour couvrir toute la zone géographique d'Abou Tachfine, cela peut être expliqué avec la présence des bacs localisés dans des zones éloignées des autres bacs localisés, cela génère l'insuffisance de couverture de toutes les quantités de déchets générés par les différents sites qui entourent ce bac éloigné.

Les résultats du 3ème modèle avec une capacité de bac =240L nous obligent à changer le type de bac par un autre type de bac qui possède une capacité plus grande, le seul autre type de bac utilisé dans la collecte des déchets ménagers est ce qui possède une capacité égale à 630 L.

a) **La fonction objectif :**

$$\text{Min} = \sum_{i=1}^n P_i * \text{cout}_i .$$

b) **Les contraintes :**

On a ajouté :

- $\sum_{j=1}^n \text{quantité}_{i,j} * A_{i,j} \leq P_i * \text{taille}_i \forall i \in N$ (7)

- $taux_i = \sum_{j=1}^n quantité_j * A_{i,j} / taille_i \forall i \in N$ (8)
- Contrainte (7) : impose que la quantité des déchets organiques ne dépasse pas la taille du bac (i).
- Contrainte (8) : permet de calculer le taux (i) de remplissage du bac.

2) les solutions de troisième modèle :



Figure III.16 : les résultats donnés par le solveur Lingo du 3^{ème} modèle (avec la nouvelle capacité des bacs qui égale à 630L).

Numéro de bac	Les bacs localisés	Le taux de remplissage	Cout de localisation
P(B276)	1.000000	0.8544975	6000.000
P(B350)	1.000000	0.4322751	6000.000
P(B354)	1.000000	0.9334844	6000.000
P(B586)	1.000000	0.7252457	6000.000
P(B587)	1.000000	0.8401360	6000.000
P(B619)	1.000000	0.8401360	6000.000
P(B726)	1.000000	0.9550263	6000.000
P(B734)	1.000000	0.8329556	6000.000
P(B748)	1.000000	0.8832200	6000.000
P(B768)	1.000000	0.5457294	6000.000
P(B858)	1.000000	0.6508281	6000.000
P(B861)	1.000000	0.7252457	6000.000
P(B863)	1.000000	0.6508281	6000.000
P(B876)	1.000000	0.8616781	6000.000
P(B915)	1.000000	0.7252457	6000.000
P(B932)	1.000000	0.9021508	6000.000
P(B942)	1.000000	0.3820106	6000.000
P(B948)	1.000000	0.9021508	6000.000
P(B971)	1.000000	0.8088024	6000.000
P(B1002)	1.000000	0.8590668	6000.000
P(B1004)	1.000000	0.6508281	6000.000
P(B1020)	1.000000	0.8401360	6000.000
P(B1081)	1.000000	0.6508281	6000.000
P(B1082)	1.000000	0.8401360	6000.000
P(B1092)	1.000000	0.7128429	6000.000
P(B1150)	1.000000	0.9452348	6000.000
P(B1188)	1.000000	0.7128429	6000.000
P(B1191)	1.000000	0.9021508	6000.000
P(B1199)	1.000000	0.9452348	6000.000
P(B1230)	1.000000	0.7128429	6000.000
P(B1232)	1.000000	0.9452348	6000.000
P(B1240)	1.000000	0.6508281	6000.000
P(B1308)	1.000000	0.9452348	6000.000
P(B1312)	1.000000	0.9452348	6000.000
P(B1378)	1.000000	0.8401360	6000.000
P(B1388)	1.000000	0.9047619	6000.000
P(B1392)	1.000000	0.9277400	6000.000
P(B1396)	1.000000	0.6333333	6000.000
P(B1454)	1.000000	0.9021508	6000.000
P(B1458)	1.000000	0.7970521	6000.000
P(B1464)	1.000000	0.8401360	6000.000
P(B1506)	1.000000	0.7970521	6000.000
P(B1538)	1.000000	0.4954649	6000.000
P(B1548)	1.000000	0.4020106	6000.000

Tableau III.4 : les résultats du 3^{ème} modèle

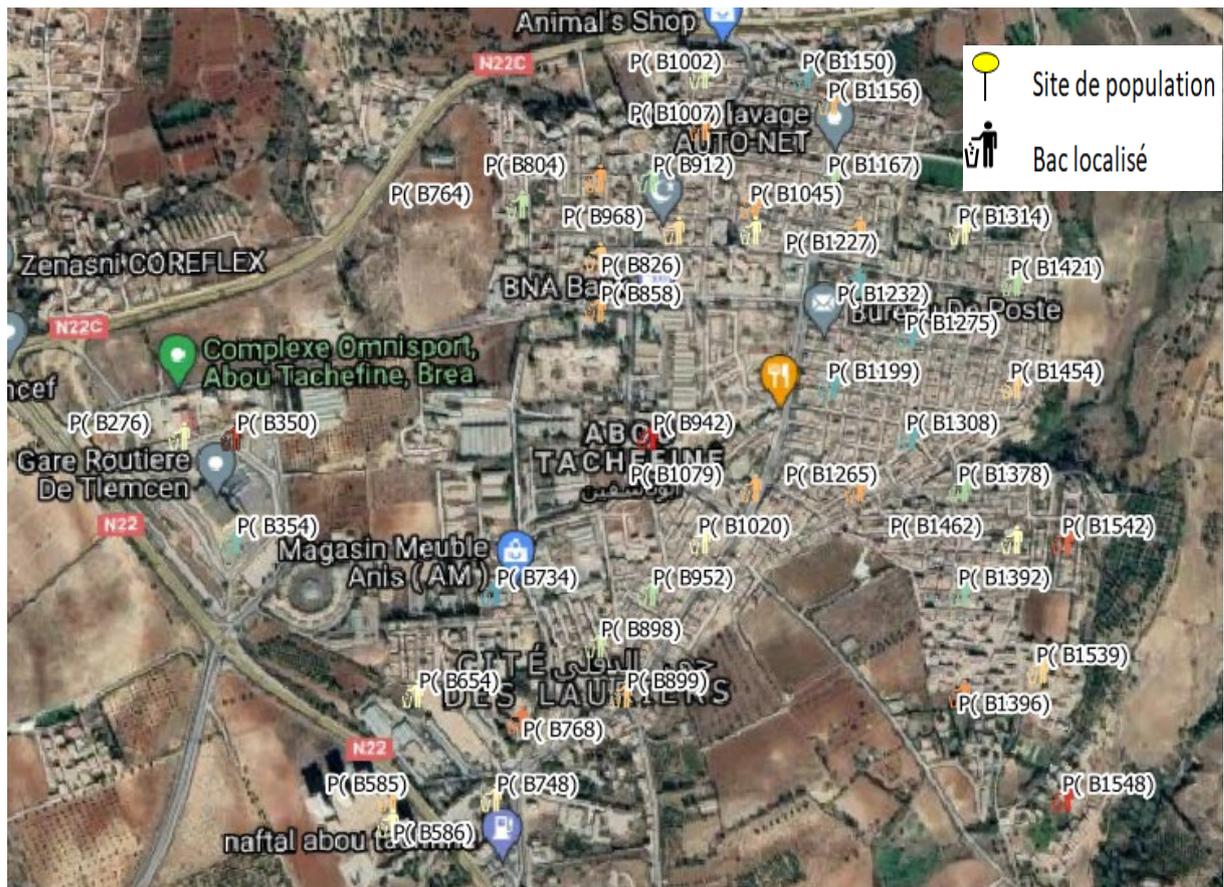


Figure III.18 : les emplacements des bacs du 3^{ème} Modèle sur QGIS selon Google Hybride.

III.4.5-Le quatrième modèle :

Cas de minimisation des bacs sous les contraintes de la distance (140m) et la quantité des déchets et le taux de remplissage des bacs avec la considération de la taille des bacs qui égale à 630 kg et le prix qui égale 8000 DA.

Pour les paramètres de ce modèle reste les mêmes paramètres comme le modèle précédent sauf la distance entre bac va changer à 140 m.

- 1) **les solutions de quatrième modèle** : après l'implémentation de ce modèle dans le solveur lingo on a obtenu les résultats suivants :

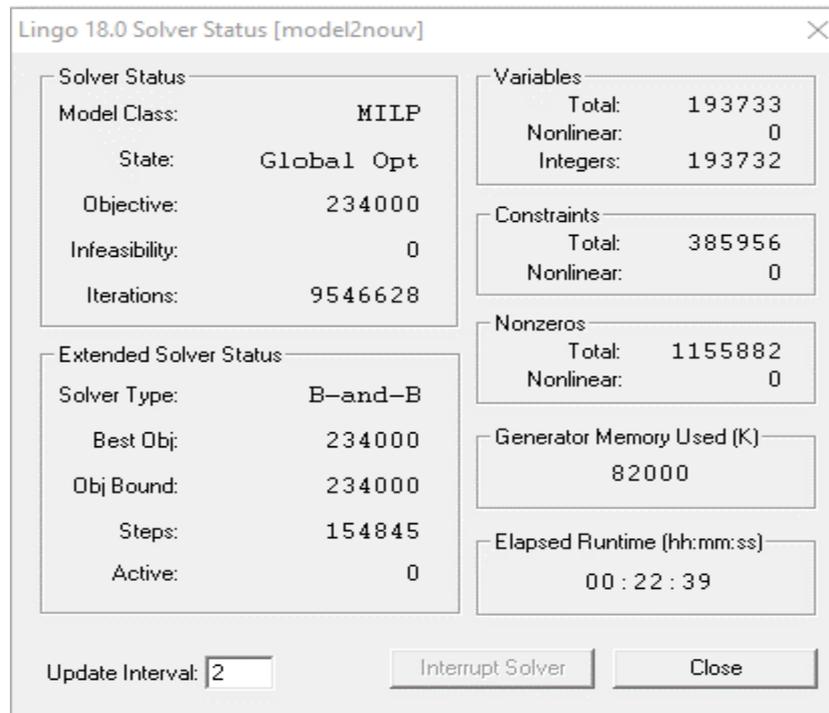


Figure III.19 : Les résultats de solveur Lingo du 4^{ème} modèle.

Numéro de bac	Les bacs localisés	Le taux de remplissage des bacs localisés	Numéro de bac	Les bacs localisés	Le taux de remplissage des bacs localisés
P(B277)	1.000000	0.8544975	P(B1128)	1.000000	0.9452348
P(B353)	1.000000	0.7508390	P(B1129)	1.000000	0.9452348
P(B389)	1.000000	0.9349205	P(B1187)	1.000000	0.9452348
P(B548)	1.000000	0.8832200	P(B1191)	1.000000	0.8401360
P(B621)	1.000000	0.9334844	P(B1193)	1.000000	0.9452348
P(B697)	1.000000	0.9883187	P(B1271)	1.000000	0.9452348
P(B765)	1.000000	0.8832200	P(B1275)	1.000000	0.9139011
P(B785)	1.000000	0.9263040	P(B1279)	1.000000	0.9981103
P(B804)	1.000000	0.8401360	P(B1343)	1.000000	0.9452348
P(B822)	1.000000	0.9452348	P(B1354)	1.000000	0.9550263
P(B838)	1.000000	0.7970521	P(B1359)	1.000000	0.9452348
P(B865)	1.000000	0.8401360	P(B1417)	1.000000	0.9076341
P(B931)	1.000000	0.8616781	P(B1419)	1.000000	0.8590668
P(B934)	1.000000	0.8590668	P(B1425)	1.000000	0.8401360
P(B967)	1.000000	0.8518863	P(B1505)	1.000000	0.9478459
P(B985)	1.000000	0.7872605	P(B1537)	1.000000	0.7970521
P(B986)	1.000000	0.9021508	P(B1622)	1.000000	0.8020106
P(B989)	1.000000	0.9452348			
P(B1007)	1.000000	0.9641656			
P(B1112)	1.000000	0.7728429			
P(B1118)	1.000000				
P(B1121)	1.000000				

Tableau III.5 : les résultats de 4^{ème} modèle.

2) L'interprétation des résultats de quatrième modèle :

D'après les résultats de ce modèle, on constate que le nombre des bacs localisés restent 39 comme les deux modèles précédents. Le taux de remplissage des bacs varié entre 0.7508390et 0.9981103, cela indique que les bacs sont majoritairement remplis. En effet les autres bacs qui ne sont pas localisés ne respectent pas la distance de 140 m entre les sites et les bacs.

Les emplacements des bacs sont représentés par la figure suivante :



Figure. III.20 : les emplacements des bacs du 4^{ème} modèle sur QGIS selon street map.

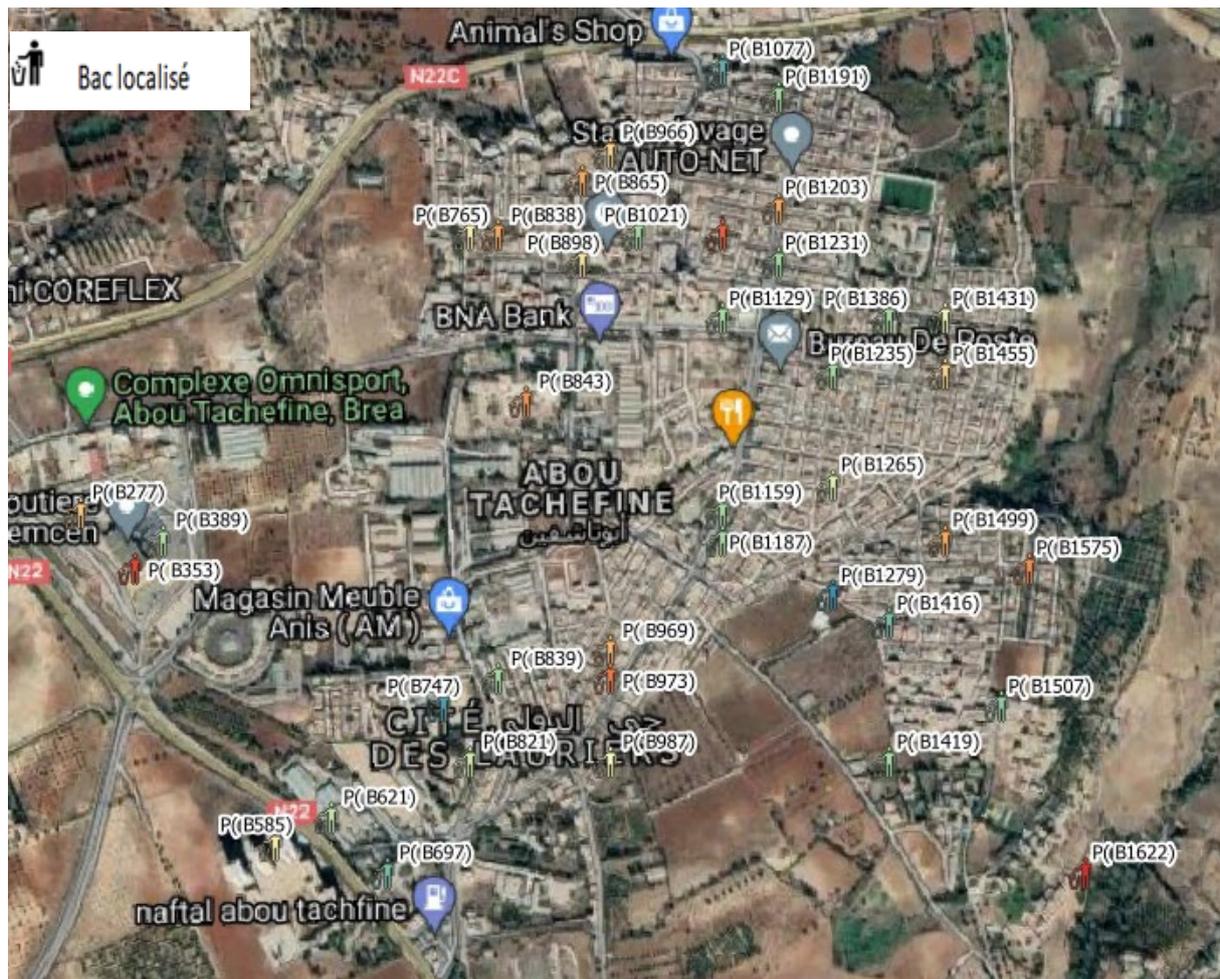


Figure III.21 : Les emplacements des bacs du 4^{ème} modèle sur QGIS selon Google Earth.

III.4.6- Le cinquième modèle :

Cas de minimisation des bacs sous les contraintes de la distance (100) et la quantité des déchets et le taux de remplissage des bacs avec la considération de deux tailles différentes des bacs (240, 630) et le prix de chaque type de bacs (6000, 8000).

1) Les paramètres du modèle

a) Les indices :

- i : indice de bac, $i \in I$.
- j : indice des sites, $j \in J$.
- k : indice de taille de bac, $k \in K$.
- $I = \{1 \dots 1628\}$.
- $J = \{1 \dots 118\}$.
- $K = \{1 \dots K\}$.

b) Les données :

- x_a, y_a : Position géométrique de bac i .
- x, y : Position géométrique de site j .
- $\text{Cout}(k)$: c'est le cout de chaque type de bac.
- Quantité : la quantité du déchet organique jeté par chaque site par jour.
- Taille : c'est la taille du bac pour ce modèle est 630L et 240 L.
- Taux : c'est le taux de remplissage du bac.

- Distance i, j : la distance en les bacs et les sites.

$$\text{Distance } i, j = \sqrt{(x_{a_i} - x_j)^2 + (y_{a_i} - y_j)^2}$$

c) Les variables de décision :

- $P_i : \{ 1, \text{ si le bac est localisé} \\ 0, \text{ sinon} \}$
- $A_{i,j} : \{ 1, \text{ si le site est affecté au bac } i \\ 0, \text{ sinon} \}$
- $A1_{i,k} : \{ 1, \text{ si le type de bac est affecté au site } i \\ 0, \text{ sinon} \}$

d) La fonction objective :

$$\text{Min} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n A1_{i,k} * \text{cout}_k.$$

e) Les contraintes :

- $\text{Distance}_{i,j} * A_{i,j} \leq P_i * 100 \text{ m.} \quad \forall i \in N \text{ et } \forall j \in N. \quad (1)$
- $\sum_{j=1}^n \text{quantite}_j * A_{i,j} \leq \sum_{k=1}^n A1_{i,k} * \text{taille}_k \quad \forall i \in N \quad (2)$
- $A_{i,j} \leq P_i \quad \forall i \in N \text{ et } \forall j \in N. \quad (3)$
- $\sum_{i=1}^n A_{i,j} = 1 \quad \forall j \in N. \quad (4)$
- $\sum_{k=1}^n A1_{i,k} = P_i \quad \forall i \in N. \quad (5)$
- $\text{taux}_i = \sum_{j=1}^n \text{quantite}_j * A_{i,j} / \sum_{k=1}^n \text{taille}_k * A1_{i,j} \quad \forall i \in N \quad (6)$
- $A_{i,j} \in \{0,1\}. \quad (7)$
- $A1_{i,k} \in \{0,1\}. \quad (8)$
- $P_i \in \{0,1\} \quad (9)$

Contrainte (2) : permet la sélection de la taille(k) du bac localisé (i).

Contrainte(5) : permet l'affectation de la taille(k) au bac localisé(i)

Contrainte(6) : permet de calculer le taux de remplissage du chaque type de bac localise.

Les contraintes (7) et (8) (9) : définit les bornes des variables de décisions

- 2) **Les solutions** : après l'implémentation de ce modèle dans le solveur Lingo on a obtenu les résultats suivants :

Lingo 18.0 Solver Status [model3nouv] ×

Solver Status		Variables	
Model Class:	MILP	Total:	198617
State:	Global Opt	Nonlinear:	0
Objective:	348000	Integers:	196988
Infeasibility:	0	Constraints	
Iterations:	199927787	Total:	387584
Extended Solver Status		Nonlinear:	0
Solver Type:	B-and-B	Nonzeros	
Best Obj:	348000	Total:	1164022
Obj Bound:	348000	Nonlinear:	0
Steps:	6307141	Generator Memory Used (K)	
Active:	0	82458	
Update Interval: <input type="text" value="2"/>		Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
<input type="button" value="Interrupt Solver"/>		20 : 37 : 01	
<input type="button" value="Close"/>			

Figure III.22 : Les résultats de solveur lingo du 5^{ème} modèle.

Numéro de bac	Les bacs localisés	Le taux de remplissage des bacs localisés
P(B276)	1.000000	0.4666667
P(B350)	1.000000	0.9333333
P(B354)	1.000000	0.4083333
P(B585)	1.000000	0.1750000
P(B586)	1.000000	0.5833333
P(B619)	1.000000	0.7583333
P(B728)	1.000000	0.8750000
P(B734)	1.000000	0.9333333
P(B764)	1.000000	0.8166667
P(B784)	1.000000	0.9333333
P(B804)	1.000000	0.8166668
P(B826)	1.000000	0.4666667
P(B830)	1.000000	0.7383333
P(B856)	1.000000	0.9916666
P(B899)	1.000000	0.6416667
P(B915)	1.000000	0.7000000
P(B932)	1.000000	0.9916667
P(B948)	1.000000	0.8166667
P(B972)	1.000000	0.7383333
P(B1002)	1.000000	0.9916667
P(B1004)	1.000000	0.4666667
P(B1020)	1.000000	0.7583334
P(B1082)	1.000000	0.9916667
P(B1092)	1.000000	0.8166668
P(B1117)	1.000000	0.9916667
P(B1150)	1.000000	0.4666667
P(B1156)	1.000000	0.9333333
P(B1166)	1.000000	0.4083333
P(B1188)	1.000000	0.4666667
P(B1232)	1.000000	0.7383333
P(B1236)	1.000000	0.9916666
P(B1266)	1.000000	0.6416667
P(B1278)	1.000000	0.7000000
P(B1308)	1.000000	0.9916667
P(B1312)	1.000000	0.5833333
P(B1378)	1.000000	0.7583333
P(B1392)	1.000000	0.8750000
P(B1396)	1.000000	0.9333333
P(B1421)	1.000000	0.8166667
P(B1454)	1.000000	0.7383333
P(B1462)	1.000000	0.9916666
P(B1506)	1.000000	0.6416667
P(B1538)	1.000000	0.7000000
P(B1548)	1.000000	0.9916667

Tableau III.6 : les bacs localisés dans le 5^{ème} modèle et leurs taux de remplissage.

l'affectation + type de bac	Cout de localisation
A1(B619, 1)	6000.000
A1(B830, 1)	6000.000
A1(B276, 2)	8000.000
A1(B350, 2)	8000.000
A1(B354, 2)	8000.000
A1(B585, 2)	8000.000
A1(B586, 2)	8000.000
A1(B728, 2)	8000.000
A1(B734, 2)	8000.000
A1(B764, 2)	8000.000
A1(B784, 2)	8000.000
A1(B804, 2)	8000.000
A1(B826, 2)	8000.000
A1(B856, 2)	8000.000
A1(B899, 2)	8000.000
A1(B915, 2)	8000.000
A1(B932, 2)	8000.000
A1(B948, 2)	8000.000
A1(B972, 2)	8000.000
A1(B1002, 2)	8000.000
A1(B1004, 2)	8000.000
A1(B1020, 2)	8000.000
A1(B1082, 2)	8000.000
A1(B1092, 2)	8000.000
A1(B1117, 2)	8000.000
A1(B1150, 2)	8000.000
A1(B1156, 2)	8000.000
A1(B1166, 2)	8000.000
A1(B1188, 2)	8000.000
A1(B1232, 2)	8000.000
A1(B1236, 2)	8000.000
A1(B1266, 2)	8000.000
A1(B1278, 2)	8000.000
A1(B1308, 2)	8000.000
A1(B1312, 2)	8000.000
A1(B1378, 2)	8000.000
A1(B1392, 2)	8000.000
A1(B1396, 2)	8000.000
A1(B1421, 2)	8000.000
A1(B1454, 2)	8000.000
A1(B1462, 2)	8000.000
A1(B1506, 2)	8000.000
A1(B1538, 2)	8000.000
A1(B1548, 2)	8000.000

Tableau III.7 : l'affectation + type de bac et le cout de localisation des bacs selon le 5^{eme} modèle.

3) L'interprétation des résultats :

A partir de ces résultats on peut dire que dans ce modèle pour une distance de 100m le nombre des bacs localisés égale à 44 et la majorité de ces bacs sont de type (1) i.e. de taille 630 kg et l'autre type (240kg) est pris en considération seulement en deux sites car les bacs atteint le seuil de débordement.

Les emplacements des bacs sont représentés par les figures suivantes :

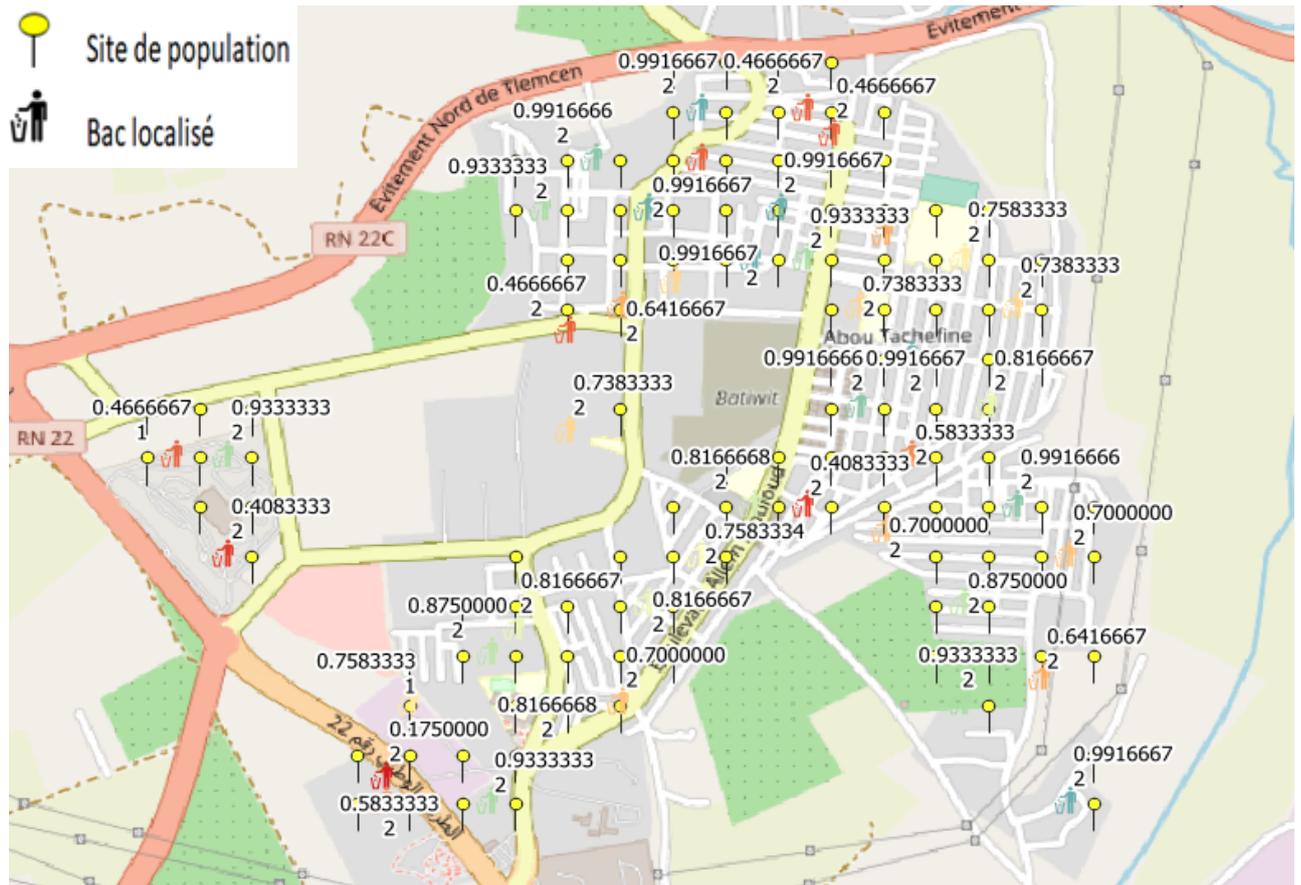


Figure III.23 : Les emplacements des bacs du 5^{ème} modèle dans QGIS selon street map.

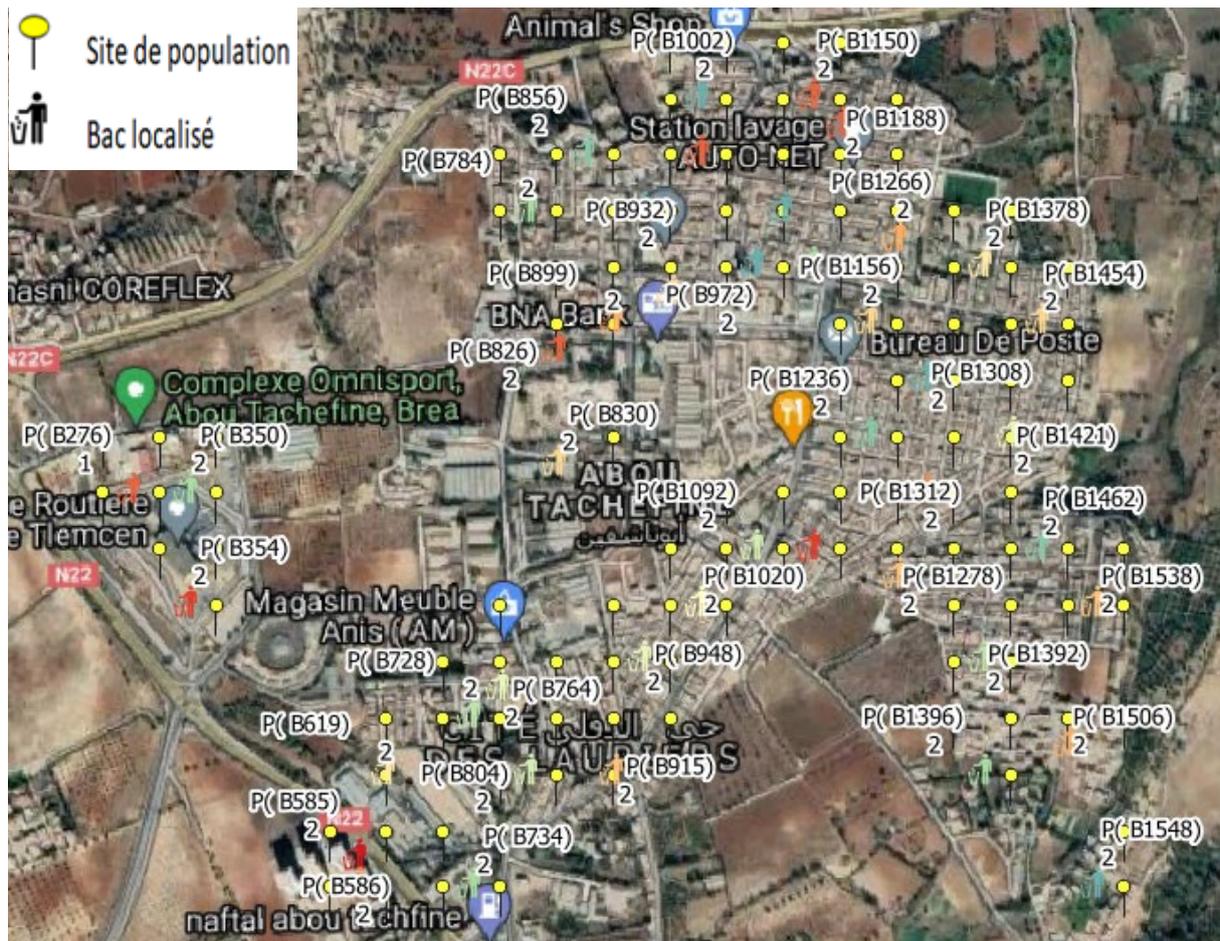


Figure III.24 : Les emplacements des bacs et les sites du 5^{ème} modèle dans Google Earth.

III.4.7- Le sixième modèle :

Cas de minimisation des bacs sous les contraintes de la distance (140m) et la quantité des déchets et le taux de remplissage des bacs avec la considération de deux taille déferentes des bacs(240KG,630KG) et le prix de chaque type de bacs(6000DA,8000DA).

Le solveur lingo a pris beaucoup de temps (ça dépasse 70 h) sans donnée un résultat finale pourtant il affiche que le modèle est faisable, cela peut être considéré comme une limite d'avoir toujours le résultat optimale en utilisant le solveur LINGO, alors on est dans l'obligation de chercher d'autres méthode qui donne au moins un résultat faisable dans un temps acceptable pour ne pas perdre la finalité de l'étude, le meilleur choix est d'utiliser les approches des heuristique qui donne un résultat faisable et s'exécute dans peu de temps.

III.4.8- Interprétation Générale :

Après l'implémentation des sept modèles dans solveur LINGO et d'après ces résultats on constate que les résultats du quatrième modèle sont les résultats optimaux pour notre problème car le taux de remplissage des bacs est équilibré pour tous bacs localisés.

Donc on choisit le quatrième modèle qui a une distance de 140 m entre les bâtiments et les bacs et une taille de 630 kg et un prix de 6000DA afin résoudre le problème de localisation des bacs au niveau de la zone d'ABOU TACHEFINE.

III.5-Localisation de bac pour les déchets recyclables :

Après avoir choisi le meilleur modèle, nous utiliserons ces résultats pour localiser les bacs pour les déchets recyclables (métaux, cartons, plastique et verre).

Le modèle proposé c'est un problème P-médian, le but de ce modèle est de minimiser la distance maximale entre les bacs. Nous allons proposer 3 scénarios dont nous allons choisir les meilleurs à la fin.

Nous allons choisir 10% ,20% et 40% parmi les bacs déjà localiser.

1) Le modèle mathématique :

Cas de minimisation de la distance maximale entre les bacs sous les contraintes de respecter des barrières de distance entre les bâtiments et les bacs.

2) Les paramètres du problème :

a) les indices :

i : indice des bacs localisés dans le 1 er modèle, $i \in I$.

j : indice des nouveaux bacs à localiser, $j \in J$.

$I = \{1 \dots 39\}$.

$J = \{1 \dots 39\}$.

b) Les données :

Distance $i ; j$: la distance entre les bacs localisés dans le 1 er modèle et les nouveaux bacs à localiser.

x_a, y_a : Position géométrique de bac i .

x, y : Position géométrique de nouveau bac j .

Distance $i, j = \sqrt{(x_{a_i} - x_j)^2 + (y_{a_i} - y_j)^2}$;

c) Les variables de décision :

$Open_j : \begin{cases} 1, & \text{si le nouveau bac } j \text{ est localisé} \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$

$Affect_{i,j} : \{ 1, \text{ si le bac de 1 er modèle est affecté au nouveau bac } j \}$

d) La fonction objectif :

Le but de ce modèle est la minimisation des nombres de bacs.

$$\text{Min} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \text{Distance}_{i,j} * \text{Affect}_{i,j}$$

e) les contraintes :

$$\sum_{j=1}^m \text{Affect}_{i,j} = 1. \quad \forall i \in N \quad . \quad (1)$$

$$\text{Affect}_{i,j} \leq \text{Open}_j \quad \forall i \in N \text{ et } \forall j \in N. \quad (2)$$

Le nombre des bacs à localiser est 10% ce qui veut dire localiser 4 nouveaux bacs parmi les 39 bacs localisés dans le 1 er modèle :

$$\sum_{j=1}^m \text{Open}_j = 4 \quad (3)$$

$$\text{Affect}_{i,j} \in \{0,1\}. \quad (4)$$

$$\text{Open}_j \in \{0,1\}. \quad (5)$$

Contrainte (1) : Contrainte confirmant que chaque bac de 1 er modèle n'est servit que par un seul nouveau bac.

Contrainte (2) : confirmant qu'un bac i de 1 er modèle ne peut être affecté à une usine si le nouveau bac j n'est pas localisé.

Contrainte (3) : Nombre stratégique de bacs à localiser.

4) La solution du problème : après l'implémentation de ce modèle dans le solveur lingo on a obtenu les résultats suivants :

➤ Pour les 10% $\rightarrow \sum_{j=1}^m \text{Open}_j = 4$:

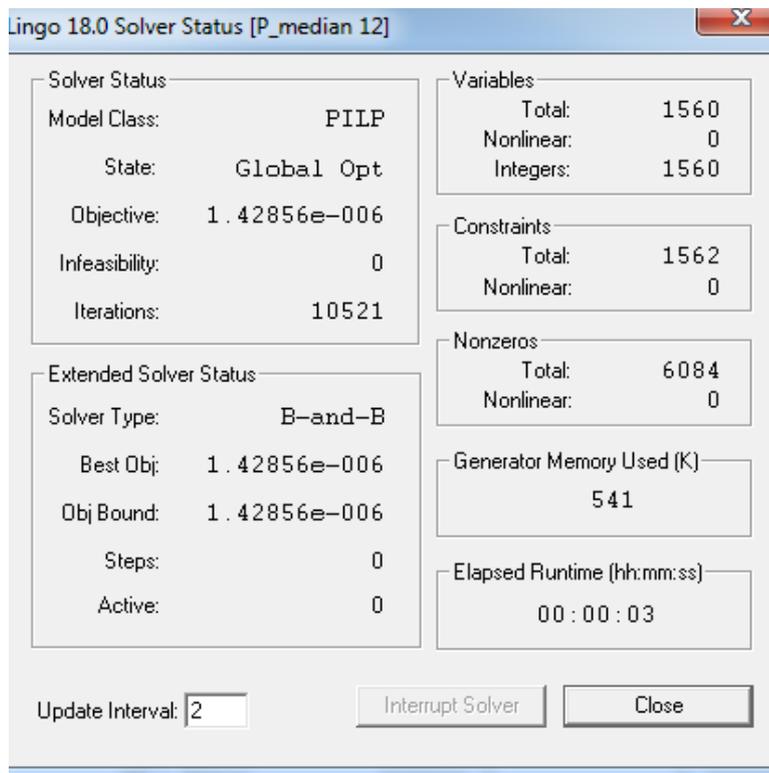


Figure III.25 : Les résultats de solveur lingo du modèle de 10%.

Les emplacements des bacs sont représentés par les figures suivantes :



Figure III.26 : Les emplacements des bacs du modèle de 10%.de dans QGIS selon street map.

✓ Pour les 20% $\rightarrow \sum_{j=1}^m Open_j = 8$:

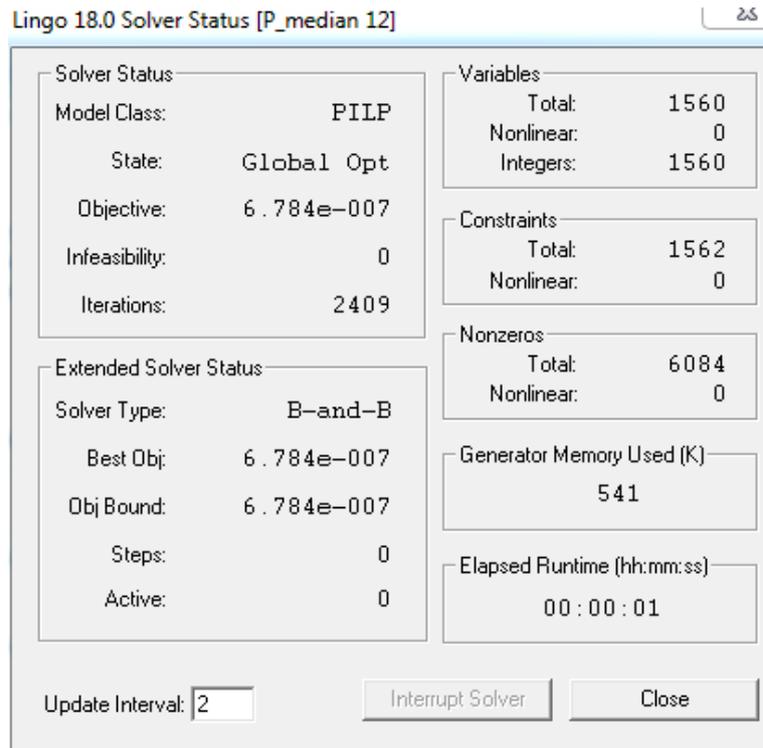


Figure III.27 : Les résultats de solveur lingo du modèle de 20%.

Les emplacements des bacs sont représentés par les figures suivantes :

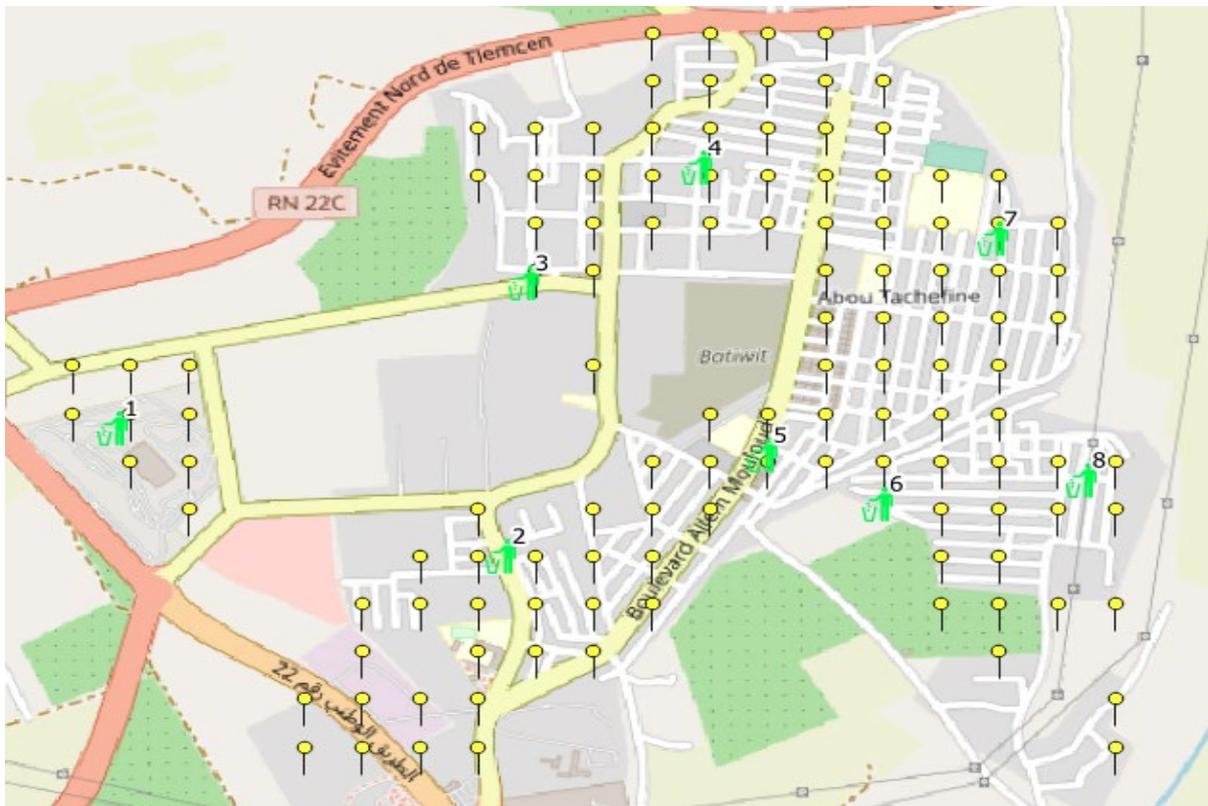


Figure III.28 : Les emplacements des bacs du modèle de 20%.de dans QGIS selon street map.

✓ Pour les 40% $\rightarrow \sum_{j=1}^m Open_j = 16$:

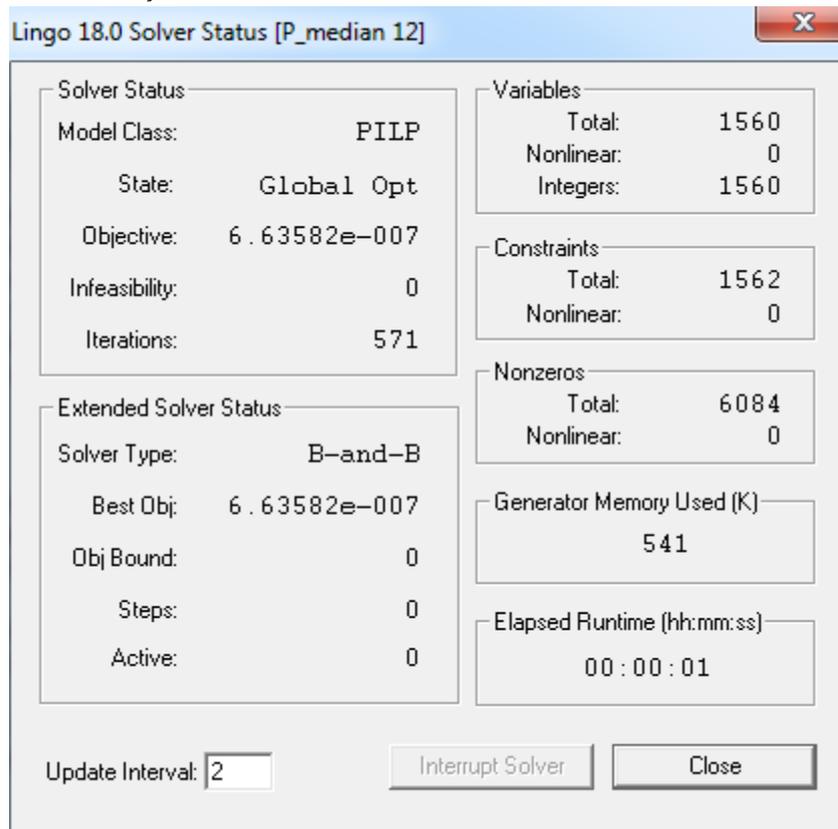


Figure III.29 : Les résultats de solveur lingo du modèle de 40%.

Les emplacements des bacs sont représentés par les figures suivantes :

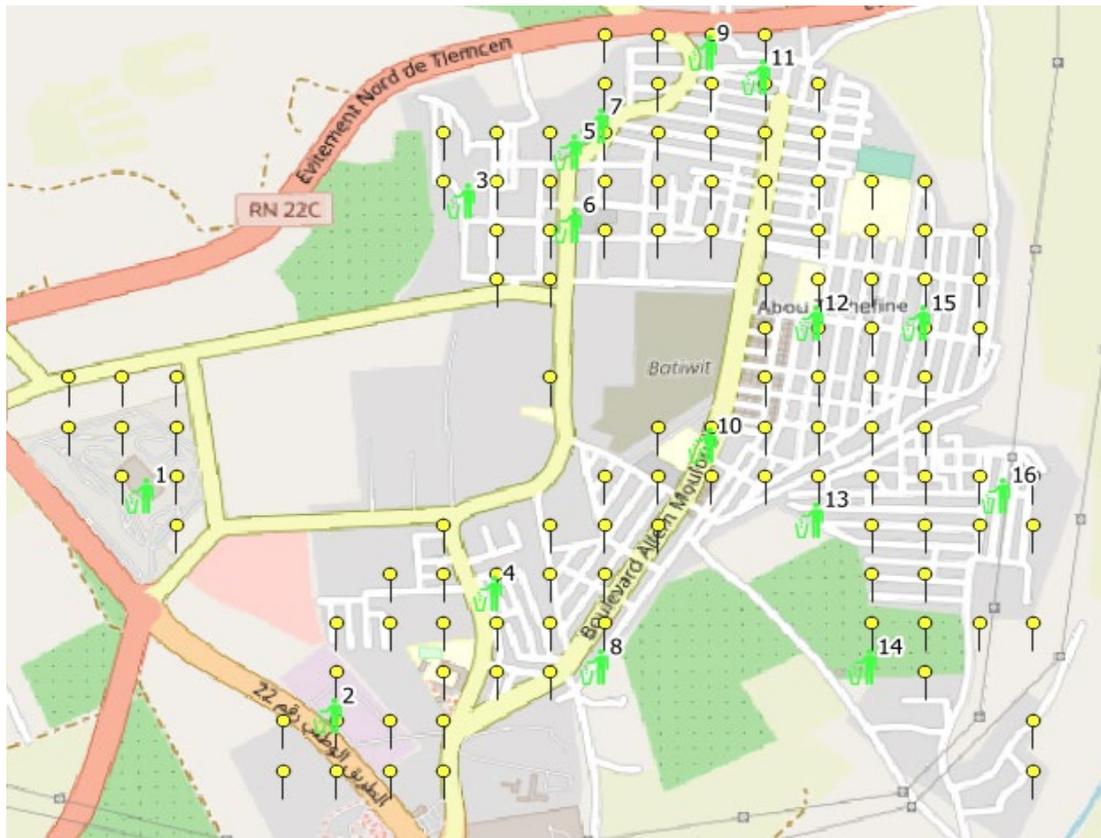


Figure III.30 : Les emplacements des bacs du modèle de 40%.de dans QGIS selon street map.

5) Interprétation Générale :

Nous avons proposé ces trois scénarios dont nous allons choisir un, afin de localiser le meilleur emplacement pour la collecte des déchets recyclables, et ce en ayant un cout optimal dans le cas où nous optons pour des poubelles intelligentes qui sont bien évidemment plus couteux que les poubelles standards.

Donc pour le prix ne soit pas exorbitant si l'on venait à choisir des poubelles intelligentes (qui sont plus chères), le 1er scénario de 10%. est le plus judicieux, si non si l'on veut utiliser des poubelles standards et moins chères éventuellement, le scénario de 40% est le scénario convenable.

III.6-Localisation de bac pour les déchets dangereux :

Les déchets dangereux sont une des catégories de déchets définies par la législation propre à chaque pays et la particularité de ces déchets s'est leur opposition à la catégorie des déchets non dangereux. Notamment, ils se caractérisent par leur dangerosité pour l'environnement ou la santé à travers leurs effets directs ou indirects à court, moyen ou long terme.

Les Déchets Dangereux des Ménages (DDM) peuvent être composés de matières toxiques rejetés en petite quantité par les ménages (ancienne appellation : : DMS : Déchets Ménagers spéciaux).

Exemples des DDM : les batteries, piles, peinture et colorants, laques et vernis, produits phytosanitaires, produits de nettoyage comme les lessives et les détergents, huiles de moteurs, médicaments non utilisés et les solvants ...etc.

La Cible de cette partie qui fait une suite du travail précédent (localisation des bacs pour toute sorte de déchets ménagers quotidiens) dans la commune de Abou Techfine, est de compenser et apporter une solution provisoire à la collecte d'une catégorie nocive parmi ces déchets (batteries, piles, etc.). Nous avons optés pour une approche MCDM pour localiser un site parmi les quatre sites candidats qui se situent dans les sorties de la ville, et qui ne représentent pas de dangers aux citoyens. Pour se faire nous avons utilisé la méthode TOPSIS (Technicfor OrderPerformance by Similarityto IdealSolution).

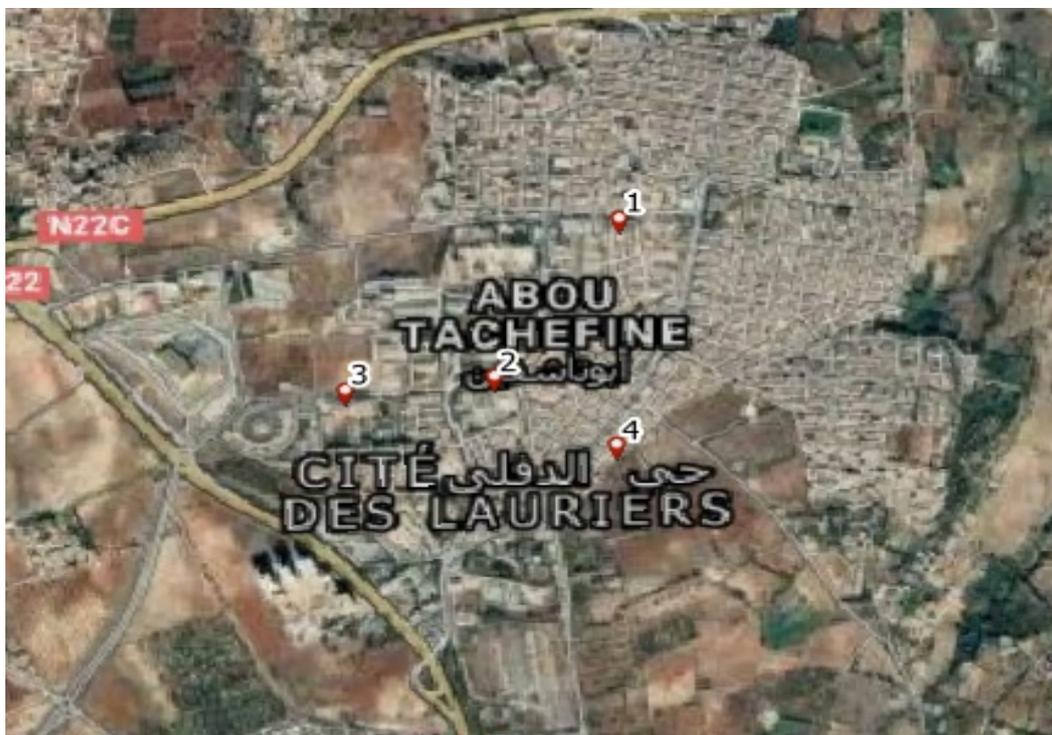


Figure III.31 : Sites candidats pour localiser les déchets dangereux.

III.6.1- Définition MCDM :

Les MCDM (**Multiple-criteria decision-making**) ou MCDA (**multiple-criteria decision analysis**) a été l'un des domaines de la recherche opérationnelle (OR). Les MCDM traite souvent avec le classement de nombreuses alternatives concrètes de les meilleurs aux pires ou la sélection des meilleures alternatives basé sur plusieurs critères contradictoires. Le MCDM est également préoccupé par la théorie et la méthodologie qui peut traiter problèmes complexes rencontrés dans la gestion, les affaires, l'ingénierie, la science et d'autres domaines de l'activité humaine. Il existe deux familles de méthodes pour traiter les Problème MCDM.

L'un est basé sur l'utilitaire multicritère une fonction. L'autre est les méthodes de sur-classement. ELECTRE (Élimination et choix traduisant en la réalité) et PROMETHEE sont les représentants du sur-classement méthodes. (Sun zhaoxu, 2010).

III.6.2-Définition de TOPSIS :

TOPSIS est l'une des méthodes classiques de résolution des certains problèmes de décision multicritère MCDM (Multi-Criteria Decision-Making), proposée pour la première fois par (Hwang et Yoon, 1981). Elle se base sur la relation de dominance qui est repré sentée par les distances entre les poids et la solution idéale. Son principe consiste à choisir une solution qui se rapproche le plus de la solution idéale et de s'éloigner le plus possible de la pire solution pour tous les critères. En effet, la solution choisie par TOPSIS doit avoir la distance la plus courte de la solution idéale et la distance la plus long de la pire solution (Wang et Lee, 2007). Pour l'application de la méthode TOPSIS classique, les poids des critères sont connus avec précision.

III.6.3- Principe de la méthode TOPSIS :

Le principe de base de la méthode TOPSIS est que l'alternative choisie doit avoir la « distance la plus courte » de la solution idéale positive et la « distance la plus éloignée » de la solution idéale négative. La méthode TOPSIS introduit deux points «de référence », mais elle ne tient pas compte de l'importance relative des distances par rapport à ces points. La mise en pratique de la méthode TOPSIS peut être résumée dans les étapes suivantes :

Étape 1 : Construire la matrice d'entrée (Matrice de décision Initiale)

Établir des critères d'évaluation du système qui relie les capacités du système aux objectifs (identification des critères d'évaluation).

Définir l'échelle de mesure des valeurs de chaque critère (traduction des valeurs linguistique aux valeurs numérique ex : pas intéressent =2, très intéressent =9).

Construire la matrice des scores attribués à chaque critère relativement à chaque alternative $[X_i]$.

Étape 2 : Construire la matrice de décision normalisée r_{ij}

Normaliser la matrice en utilisant la distance euclidienne Eq1.

$$A_j = \sqrt{\sum (x_{ij})^2}$$

$$r_{ij} = x_{ij}/A_j \quad \text{pour } i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \quad \text{Eq1}$$

où x_{ij} et r_{ij} sont le score original et normalisé de la matrice de décision, respectivement.

Étape 3 : Construire la matrice de décision normalisée pondérée $V_{i,j}$

Identifier le poids des critères.

Multiplier les entrées de la matrice par les poids associée aux critères $V_j^+ V_j^-$

$$V_{i,j} = w_j r_{i,j}; \text{ où } W_j \text{ est le poids du critère} \quad \text{Eq2}$$

Étape 4 : Déterminer la solution idéale positive et la solution idéale négative (identification de V_j^+ et V_j^-)

Calcul de la solution favorable idéale V_j^+ :

$$V_j^+ = \{ \max x_{i,j} (i \in J^+) / \min x_{i,j} (i \in J^-) \} \quad \text{Eq3}$$

$$V_j^+ = \{ r_j^+ - j = 1, \dots, m \}$$

Calcul de la solution défavorable idéale V_j^- :

$$V_j^- = \{ \min x_{i,j} (i \in J^+) | \max x_{i,j} (i \in J^-) \} \quad \text{Eq4}$$

$$V_j^- = \{ r_j^- - j = 1, \dots, m \}$$

Étape 5 : Calculez la distance de chaque alternative de la solution idéale positive et de la solution idéale négative

S_i^+ La distance de l'alternative idéale positive est :

$$S_i^+ = [\sum_{j=1}^m (V_j^+ - V_{i,j})^2]^{1/2} \quad \text{Avec } i=1, \dots, m; \quad \text{Eq5}$$

S_i^- La distance de l'alternative idéale négative est :

$$S_i^- = [\sum_{j=1}^m (V_j^- - V_{i,j})^2]^{1/2} \quad \text{Avec } i=1, \dots, m; \quad \text{Eq6}$$

Étape 6 : Calculez la proximité de chaque alternative

$$P_i^* = S_i^- / (S_i^- + S_i^+) \quad \text{Eq7}$$

Pour choisir le meilleur emplacement d'installation de bac , nous allons appliqué la méthode TOPSIS , et aussi pour démontrer l'efficacité et l'applicabilité de cette méthode comme un outil de MCDM .

III.6.4- Mis en pratique de la méthode TOPSIS :

Pour appliquer cette technique, les valeurs d'attributs doivent être numériques, augmenter ou diminuer de façon monotone et avoir des unités commensurables

Les valeurs $a_{i,j}$ sont déterminées à l'aide de l'échelle suivante :

Échelle numérique	Échelle verbale
1	Importance égale des deux éléments
2	Un élément est un peu plus important que l'autre
3	Un élément est plus important que l'autre
4	Un élément est beaucoup plus important que l'autre
5	Un élément est absolument plus important que l'autre

Tableau III.8 : Échelle de l'importance de critères.

Les critères : Nous avons choisi 4 critères afin de pouvoir évaluer l'emplacement du bac des autres déchets.

1. **La visibilité :** la visibilité du bac des autres déchets devrait être une priorité dans la prise de décision. Puisque nous voulons localiser un seul bac au niveau de la zone ABOU TACHFINE, la visibilité du bac est très importante pour que les citoyens puissent voir le bac clairement afin de jeter leurs déchets au bac convenable.
2. **Le stationnement :** Les camions de collecte sont garés à proximité du bac pour collecter les déchets et les gens pour jeter leurs déchets. Ce critère assure la facilitation de la circulation des véhicules de collecte sans gêner les pistes cyclables. Assurer aussi que l'endroit de stationnement ne constitue en aucun cas une entrave à la collecte ou un risque pour le personnel de collecte.
3. **L'éloignement du bac au regroupement urbain :** Prévenir les dangers des déchets de ce bac.
4. **Extension :** ce critère est moins important que les autres critères, vu qu'un seul bac doit être localisé et plus tard la zone de Abou tachfine pourra avoir une croissance démographique ce qui génère une augmentation des déchets au de là ce critère

assure que nous avons la possibilité d'agrandir la taille du bac afin d'éviter le problème de débordement du bac.

Voici les coordonnées des 4points :

Points	Cordonnées	
	X	Y
Point1	653243.745557359	3864378.17074695
Point2	652971.228154738	3863955.1561882
Point3	652649.041723693	3863921.87793916
Point4	653236.79189338	3863774.77483331

Tableau III.9 : les coordonnées des points candidats.

Étape 1 : Construire la matrice d'entrée (Matrice de décision Initiale)

Consiste à construire la matrice de décision originale comme indiqué dans le tableau suivant. En considérant les mêmes points candidats et un nombre de critère égal à 4, les critères pris sont : la visibilité, le stationnement, l'éloignement et l'extension.

Les valeurs de cette matrice sont obtenues par l'évaluation des fournisseurs par rapport aux critères sur une échelle de 1 à 5, de moins au plus important.

Points	Critères			
	C1 visibilité	C2 stationnement	C3 Éloignement	C4 Extension
Point1	5	4	1	3
Point2	5	2	3	3
Point3	3	5	3	4
Point4	2	3	2	4

Tableau III.10 : Matrice originale

Étape 2 : Il s'agit de normaliser la matrice de décision originale, comme indiqué dans le tableau suivant :

	Critères			
Points	C1 visibilité	C2 stationnement	C3 Éloignement	C4 Extension
Point1	0,62994079	0,54433105	0,20851441	0,42426407
Point2	0,62994079	0,27216553	0,62554324	0,42426407
Point3	0,37796447	0,68041382	0,62554324	0,56568542
Point4	0,25197632	0,40824829	0,41702883	0,56568542
A_j	7,93725393	7,34846923	4,79583152	7,07106781

Tableau III.11 : matrice normalisé

Étape 3 : Construire la matrice de décision normalisée pondérée $V_{i,j}$

Pondération de la matrice, tel que les poids W_i sont donnés par le décideur pour représenter les préférences entre les critères. Pour cela, on multiplie chaque élément de la matrice normalisé par le poids W_i correspondant à chaque critère :

Nous avons pondéré chaque critère par un poids qui reflète l'importance du critère dans notre choix final, les pondérations doivent être définies de sorte et ce que leur somme soit égale à 1 :

la visibilité (**0.35**), le stationnement (**0.3**), l'éloignement (**0.25**) et l'extension (**0.1**)

	Critères			
Poids W_i	0.35	0.3	0.25	0.1
Points	C1 visibilité	C2 stationnement	C3 Éloignement	C4 Extension
Point1	0,22047928	0,16329932	0,0521286	0,04242641
Point2	0,22047928	0,08164966	0,15638581	0,04242641
Point3	0,13228757	0,20412415	0,15638581	0,05656854
Point4	0,08819171	0,12247449	0,10425721	0,05656854

Tableau III.12 : Matrice normalisée et pondérée.

Étape 4 : Déterminer la solution idéale positive et la solution idéale négative (identification de V_j^+ et V_j^-)

Avant de trouver la solution idéale positive et négative nous devons identifier les critères bénéfiques et les critères non bénéfiques :

- ✓ Les critères bénéfiques : la visibilité, stationnement et l'éloignement.
- ✓ Les critères non bénéfiques : extension.

	Critères			
points	C1 visibilité	C2 stationnement	C3 Éloignement	C4 Extension
V_j^+	0,22047928	0,20412415	0,15638581	0,04242641
V_j^-	0,08819171	0,08164966	0,0521286	0,05656854

Tableau III.13 : la solution idéale positive et négative.

Étape 5 : Calculez la distance de chaque alternative de la solution idéale positive et de la solution idéale négative :

Points	S_i^+	S_i^-
Point 1	0,11196532	0,15609826
Point 2	0,12247449	0,15609826
Point 3	0,09251218	0,16677533
Point 4	0,16457235	0,06621222

Tableau III.14 : la distance de chaque alternative.

Étape 6 : Calculez la proximité de chaque alternative

Points	P_i^*
Point1	0,58231805
Point2	0,57984713
Point3	0,64320618
Point4	0,28690055

Tableau III.15 : la proximité de chaque alternative



Figure III.32 : le site localisé pour mettre en place le bac des déchets dangereux.

III.7- configuration de réseau tri sélectif :

Après avoir fait une étude sur l'emplacement des bacs, nous passons maintenant au réglage de réseau tri sélectif des déchets qui consiste à sensibiliser la population sur l'importance du geste de tri.

III.7.1-Qu'est-ce que le tri :

Le tri des déchets regroupe toutes les actions consistant à séparer et récupérer les déchets selon leur nature pour les valoriser et ainsi réduire au maximum la quantité de déchets ménagers non recyclables. Ce sont des gestes quotidiens, faits par tous, pour tous.

III.7.2- À quoi ça sert :

- ✓ Éviter le gaspillage.
- ✓ Limiter les pollutions.
- ✓ Économiser les ressources naturelles.
- ✓ Protéger et préserver l'environnement.
- ✓ Créer de l'emploi.

III.7.3- Les différents types de bacs :

Après qu'on a fini le problème de localisation des bacs dans notre zone d'étude et après le choix du meilleur emplacement des bacs pour chaque type de déchets, nous avons proposé deux choix pour trier les déchets :

- ❖ **Première proposition** : trier les déchets à la maison en utilisant des poubelles à pédale avec des sacs de différentes couleurs.
- ❖ **Deuxième proposition** : trier les déchets dans les rues en utilisant des bacs à plusieurs compartiments.

III.7.3.1- Trier les déchets à la maison :

Pour pouvoir trier ses déchets à la maison on est besoin des conteneurs de déchets comme la poubelle à pédale ou des sac-poubelles. On doit disposer de différents sac-poubelles à la maison pour trier ses déchets, à savoir : le sac-poubelles jaune, le sac-poubelles verte, le sac-poubelle bleue, le sac-poubelle ordinaire (marron, noire) et le sac-poubelle rouges.

1. Poubelle à pédale :

Les poubelles à pédale vous offrent un type d'élimination particulièrement hygiénique, même lorsque vous avez les mains occupées. Le mécanisme à pédale garantit l'ouverture automatique du couvercle. Un sac-poubelle peut être placé à l'intérieure de la poubelle à pédale. L'utilisation de poubelles à pédale à deux compartiments favorise la possibilité de trier facilement les déchets et ce, sans encombrement.

papier, plastique, métal, verre ...



Figure III.33 : poubelle a pédale

2. Sac-poubelle jaune :

Le sac-poubelle jaune contient des :

- ✓ Bouteille plastique : eau minérale ou gazeuse, sodas, jus de fruits ;
- ✓ Bouteilles de lait ;
- ✓ Flacons plastiques de produits d'hygiène et de beauté (gel douche, bain moussant) ;
- ✓ Flacons et bidons plastiques concernant les produits d'entretien (lave-vitres, produit nettoyant) ;
- ✓ Boîtes en carton et briques alimentaires sur emballages en carton (jus de fruits, soupe, boîtes de gâteaux, emballage de yaourts) ;
- ✓ Boîtes de conserve en fer, canettes, bidons de sirop, boîte d'aliment pour animaux ;
- ✓ Désodorisants, mousses à raser, barquettes en aluminium, laques pour cheveux.

3. Sac-poubelle verte

Le sac-poubelles verte contient des :

- ✓ Bouteilles de jus de fruit, limonade, soupes ;
- ✓ Pots de confiture ou petits pots à bébé ;
- ✓ Bouteilles en verre ;
- ✓ Papiers gras et souillés ;
- ✓ Bouteilles d'huile et bocaux de conserve.

4. Sac-poubelle bleue:

- ✓ Le sac-poubelle bleue contient les journaux et les magazines.

5. Sac-poubelle ordinaire ou marron :

Le sac-poubelle ordinaire (marron ou noir) contient :

- ✓ Des restes de repas ;
- ✓ Des couches bébé ;
- ✓ Des pots de yaourts, etc., tout ce qui n'est pas recyclable.

6. Sac-poubelle rouge :

Le sac-poubelle ordinaire (rouge) contient :

- ✓ Les objets dangereux (huile de vidange – peinture – produits toxiques)

7. les autres produits :

Les autres produits subissent un autre conditionnement ou sont transportés à la déchetterie, comme :

- ✓ Les équipements électriques et électroniques sont jetés dans des poubelles dédiées ensuite vers la déchetterie.
- ✓ Les encombrants (mobilier, gravats, vélos cassés, etc.) : ils sont jetés dans des poubelles dédiées ensuite vers la déchetterie.
- ✓ Les piles : elles sont déposées dans les grandes surfaces ou ramenées chez un revendeur de ce produit.
- ✓ Les médicaments : jetés avec précaution dans des poubelles dédiées.
- ✓ Les déchets verts : ils peuvent être utilisés pour faire son compost, collectés par la mairie ou déposés à la déchetterie.

Les vêtements, livres, jouets : ils peuvent être remis à des associations.

III.7.3.2- Trier les déchets avec les bacs séparés :

Pour trier les déchets dans les rues, on utilise des bacs séparés pour chaque type de déchet.

1. Pour les 39 bacs localisés dans le 1^{er} modèle, on a proposé un prototype de bac pour trier les déchets organiques de tel sorte chaque type de déchet dans sa poubelle appropriée.



Figure III.34 : poubelle pour les déchets organiques.

- ✓ Les déchets Végétales c'est les déchets de fruit et légume.
- ✓ Animal comme le reste de la viande , l'OS et la graisse.

2. Pour les déchets recyclables (métaux, plastique, verre, carton) on a supposé ce modèle de bac :



Figure III.35 : poubelle pour les déchets recyclables.

3. Le 3ème modèle c'est pour les déchets dangereux comme les piles et les batteries...etc.



Figure III.36 : poubelle pour les déchets dangereux.

III.7.4- sensibilisation:

Qui dit tri des déchets, dit moins de pollution et assure la transformation de nouveaux objets nécessaires dans le quotidiens. En effet, les ressources naturelles de notre mère nature ne suffit plus pour subvenir à tout nos besoins, continuer à puiser des ressources ne peut se finir que mal pour tout, ceci dit, trier nos déchets facilite le processus de recyclage en guise d'économiser les ressources naturelles.

Aujourd'hui le sort de planète est entre nos mains, optons pour le tri sélectif de nos déchets pour un avenir radieux

III.7.5- Comment diminuer ses déchets :

1. Changer ses habitudes d'achat :

Le choix de produits sans emballage ou sous forme d'éco-recharge permet de réduire la quantité de déchets produits. Pour cela :

- Achetez ce qu'il vous faut au détail, privilégiez les éco-recharges et préférez l'eau du robinet aux bouteilles plastiques.
- Au lieu de choisir des portions individuelles, préférez pour une même quantité un emballage unique : un paquet de 1 kilo au lieu de 2 paquets de 500 g par exemple.
- Achetez des produits concentrés : à utilisations équivalentes, les emballages sont plus petits.
- Optez plutôt pour des produits durables et réutilisables : sac réutilisable ou cabas vs sacs en plastique, rasoirs et stylos rechargeables, etc.
- Vérifiez toujours les dates de péremption des aliments que vous achetez : de nombreux produits sont jetés à cause d'une date de péremption dépassée.

2. Changer ses habitudes de consommation :

La réduction des déchets passe aussi par une consommation plus juste des produits. Par exemple :

- Utilisez les doses préconisées pour la lessive, la vaisselle et le ménage.
- Préférez des produits sans pile, qui fonctionnent au solaire par exemple, ou bien équipez-vous de piles rechargeables.
- Quand vous n'avez plus besoin/que vous changez d'équipements électriques, au lieu de les jeter, troquez-les, vendez-les, ou donnez-les.

3. Limiter les déchets à la source:

Pour moins jeter, il existe toute une série d'astuces. Pensez par exemple :

- À entretenir vos appareils pour augmenter leur durée de vie.
- À refuser les publicités dans les boîtes aux lettres en collant un adhésif Stop pub.
- À limiter les impressions aux documents essentiels et à vous servir des versos vierges comme brouillons.
- À acheter des produits d'occasion plutôt que neufs.
- À demander une dématérialisation de vos factures de téléphone, d'électricité, de vos relevés de banque, etc.

III.8- conclusion :

Dans ce chapitre nous avons proposé sept modèles pour la résolution du problème de la localisation optimale des bacs dans la zone d'Abou Tachfine pour choisir les meilleurs emplacements dédiés à la collecte de déchets avec considération le tri sélectif. Ensuite nous avons choisi le meilleur modèle parmi les modèles proposés pour résoudre ce problème en terme de nombre de bacs et taille ainsi que le nombre de bâtiments affecté à chaque emplacement. Puis nous avons appliqué la méthode TOPSIS pour localiser le meilleur emplacement de bac pour les déchets dangereux comme les batteries et les piles. A la fin nous avons proposé pour chaque type de déchets des bacs qui les convient pour mise en œuvre le tri sélectif et quelques démarches de sensibilisation sur l'importance du tri sélectif.

Conclusion générale

Notre projet est la conception et la réalisation d'un réseau pour la collecte des déchets ménagers dans une approche de tri sélectif au niveau de la zone d'Abou Tachfine. Pour faire ce travail nous avons essayé d'appliquer les connaissances acquises au cours des cinq années d'études universitaires, et ce, à l'aide du système d'information géographique **QJIS** et du solver **LINGO** qui nous permettent de trouver une solution optimale à notre problème.

Nous avons commencé ce mémoire par l'étude de la zone d'Abou Tachfine, nous nous sommes intéressés à la population et à la quantité de déchets jetées par les citoyens dans notre zone. Ensuite nous avons proposé 6 modèles de localisation des bacs, dont le premier modèle consiste à la localisation des bacs en termes de distance entre bac et bâtiments, et les cinq modèles consistent à minimiser le coût de la localisation des bacs en considérant la distance (en mètre) qui sépare nos bac avec les bâtiments, la quantité (en kg) des déchets, le taux de remplissage des bacs, leur taille et le prix des bacs. Pour le modèle deux, trois et quatre, nous avons varié la distance : une fois 100 m et l'autre 140m et la taille des bacs aussi une fois 240 kg et l'autre 630kg, Et pour les deux derniers modèles nous avons introduit les deux tailles en variant la distance (100-140m).

Nous avons établi et formulé le modèle mathématique de chaque modèle sous le logiciel **LINGO** et exposé les solutions obtenus afin d'évaluer les résultats obtenus et les comparer entre eux afin de choisir le meilleur modèle pour localiser l'emplacement idéale des bacs pour les déchets organiques. En outre, nous avons élaboré des modèles pour des scénarios possibles en guise de choisir 10%, 20% ou 40% des bacs localisés naguère, qui seront par la suite dédiés aux déchets recyclables (carton, plastique, verre et métaux).

Nous avons vu qu'il est nécessaire de consacrer un bac spécifique aux déchets dangereux, et pour assurer la sécurité des citoyens, pour y remédier nous avons eu recours à la méthode Topsis qui nous a permis de choisir parmi 4 sites candidats le meilleur emplacement en se basant sur des critères spécifiques.

Après qu'on a fini le problème de localisation des bacs dans notre zone d'étude ; et après le choix du meilleur emplacement des bacs pour chaque type de déchets, nous avons proposé de trier les déchets à la maison à l'aide des sacs colorés, ou de les trier avec des bacs séparés. Et en fin, nous avons proposé quelques démarches de sensibilisation afin de préconiser et de sensibiliser l'importance du tri sélectif.

Bibliographie

- [I.1] ADEME, 2005. Remise en état des décharges : Méthodes et Techniques, ADEME Editions.
- [I.2] ADEME, 2009b. Campagne nationale de caractérisation des ordures Ménagères, Résultats année 2007.
- [I.3] Damien, A, 2004. Guide du traitement des déchets, 3ème édition, Dunod
- [I.4] Gillet R, 1985. Traité de gestion des déchets solides et son application aux pays en voie de développement, 1er Volume : Programme minimum de gestion des ordures ménagères et des déchets assimilés.
- [I.5] JORADP N°66, du 16 décembre 1984. Décret n° 84 – 378 du 15 décembre 1984 fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement et du traitement des déchets solides Urbains.
- [I.6] JORADP N° 77, du 15 Décembre 2001. Loi N°01-19 du 12 Décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.
- [I.7] Moletta R, 2009. Le traitement des déchets, Editions TEC & amp ;DOC.
- [I.8] Mezouari et al, 2011. Conception et exploitation des centres de stockage des déchets en Algérie et limitation des impacts environnementaux thèse pour obtenir le grade de docteur de l'école polytechnique d'architecture et d'urbanisme en cotutelle avec l'Université de Limoges.
- [I.9] DESACHY. C, 2001. Les déchets (sensibilisation à une gestion écologique). Paris 2ème édition. 68 p.
- [I.10] Koller E., 2004. Traitement des pollutions industrielles: Eau, Air, Déchets, Sols, Boues, 2èmeédition. DUNOD, Paris, 432p.
- [I.11] M.A.T.E, 2001 :«Manuel d'information sur la gestion et l'élimination des déchets solides urbains».
- [I.12] Mustin M., 1987. Le compost : gestion de la matière organique, Ed. François Lubusc, Paris, 954p.
- [I.13] Duval C., 2004. Matières plastiques et environnement: Recyclage, Valorisation, Biodégradabilité, Écoconception, Ed. DUNOD, Paris, 320p.
- [I.14] Turlan T., 2013. Les déchets: Collecte, Traitement, Tri, Recyclage, Ed. DUNOD, Paris, 215p.
- [I.15] Addou A., 2009. Traitement des déchets : Valorisation, élimination, Ed. Ellipses, Paris,284p.
- [I.16] Balet J-M., 2008. Gestion des déchets :Aide-mémoire, 2^{ème} édition. DUNOD, Paris, 230p.
- [I.17] Desachy C., 2001. Les déchets : Sensibilisation à une gestion écologique, 2ème édition. TEC & Doc, Paris, 70p.
- [II.1] S. MAHDI. Optimisation multi objectif par un nouveau schéma de coopération méta/exacte. Thèse de magister, Université Mentouri de Constantine.
- [II .2] A. SAHA. Résolution des problèmes multi objectifs à base de colonies de fourmi. Thèse de magister en informatique, Université de Batna.
- [II .3]: h. Hacene. Etude comparative des heuristiques d'optimisation combinatoire. Mémoire de master, Université de Biskra, 2015.
- [II .4] Dridi, I. H. Optimisation heuristique pour la résolution du m-PDPTW statique et dynamique. PhD thesis, _Ecole Centrale de Lille, 2010.
- [II .5] M. Maafa, N. Optimisation du schéma de distribution des carburants au niveau de NAFTAL. PhD thesis, Universite de bejaia, 2003.

[II .6] Oyola, J., Arntzen, H., and Woodruff, D. L. The stochastic vehicle routing problem, a literature review, part i : models. EURO Journal on Transportation and Logistics 7, 3 (2018), 193-221.

[II .7] Sylvain (1986), « Dictionnaire de la comptabilité et des disciplines connues », Montréal, Institut Canadien des Comptables agréés.

[II .8] Shear (1997), « Reverse Logistics: An issue of Bottom-line performance », Chain Store Age, vol.73 n°1.

Webographie

Nota Bene : les codes QR sont utilisés pour faciliter la recherche de la documentation (utilisez Google Lens ou une autre application de scannage) :

[III.1] QGISDOC ; Système d'information géographique documentation.

'https://docs.qgis.org/2.8/fr/docs/user_manual/appendices/appendices.html'

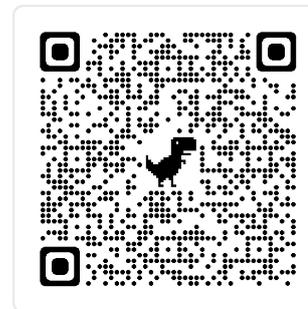
Dernière visite le 25 août 2021



[III.2] LCM: localisation commerciale multiple doctorat en 2002 par Jérôme Baray

'https://www.memoireonline.com/03/07/404/m_geomarketing-localisation-commerciale-multiple8.html'

Dernière visite le 25 août 2021



[III.3] APS :ALGÉRIE PRESSE SERVICE ‘<https://www.aps.dz/societe/118150-la-quantite-des-dechets-menagers-en-algerie-depassera-20-millions-de-tonnes-en-2035> ’

Dernière visite le 25 août 2021



[III.4] AND : agence nationale des déchets ‘<https://and.dz/caracterisation-dechets-menagers-assimiles-algerie-printemps-2018/>’

Dernière visite le 25 août 2021



Résumé :

Le problème de la propreté des rues est de plus en plus difficile à gérer, de nos jours ; il est normal de voir des mégots de cigarettes jetés par terre, des serviettes en papier, des bouteilles vides, etc. et en comparaison avec les pays développés en matière de gestion des déchets, nous constatons que l'Algérie est très en retard dans ce domaine, c'est pour cela que nous avons proposé des modèles pour la localisation optimale des bacs dans la zone d'Abou Tachefine, et nous avons également proposé pour chaque type de déchet des modèles des bacs pour les trier, et nous avons également suggéré des moyens efficaces pour motiver les citoyens à effectuer le tri sélectif des déchets chez eux.

Les mots clé : déchets, les bacs, localisation optimale, tri sélectif.

Abstract :

The problem of street cleanliness is increasingly difficult to manage nowadays; it is normal to see discarded cigarette butts thrown on the ground, paper towels, empty bottles, etc. and in comparison with the developed countries in terms of waste management, we note that Algeria is very late in this field, that's why we have proposed models for the optimal location of bins in the area of Abou Tachefine, and we have also proposed for each type of waste models of bins to sort them, and for each type of waste, and we have also suggested effective ways to motivate citizens to carry out selective sorting of waste at home.

Key words: waste, bins, optimal location, selective sorting.

ملخص :

تنتشر مشكلة رمي القمامات في شوارعنا أكثر من وقت مضى، حيث أصبحت منتشرة للغاية حيث أننا أصبحنا نرى علب السجائر والمناديل الورقية وزجاجات المياه الفارغة والمشروبات الغازية والأكياس البلاستيكية والكثير من أنواع القمامات. وبمقارنتنا مع الدول المتطورة من حيث تسيير النفايات نجد أن الجزائر متأخرة جدا بالنسبة إلى هذه الدول، ولهذا قمنا باقتراح نماذج لوضع القمامات بطريقة مثالية في منطقته أبو تشفين، وأيضا اقترحنا نماذج للقمامات من أجل الفرز الانتقائي للنفايات، وكما اقترحنا أيضا طرق فعالة من أجل تحفيز المواطنين للقيام بالفرز الانتقائي للنفايات في منازلهم.

الكلمات الرئيسية: القمامات، النفايات، الفرز الانتقائي