

وزارة التعليم العالي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR.

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

20*

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : Génie de l'Environnement

PROJET DE FIN D'ETUDES

En Vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat

S U J E T

Caracteristiques Collecte et Perspectives
de Traitement des Déchets Ménagers
de la Ville d'ALGER

Proposé par :

Mr. NAKIB

Etudié par :

D. ABDESSEMED

Y. BOUDISSA

Dirigé par :

Mr. NAKIB

Mr. MAKHOUKH

PROMOTION : Juin 1989

وزارة التعليم العالي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : Génie de l'Environnement

PROJET DE FIN D'ETUDES

En Vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat

S U J E T

Caracteristiques Collecte et Perspectives
de Traitement des Déchets Ménagers
de la Ville d'ALGER

Proposé par :

Mr. NAKIB

Etudié par :

D. ABDESSEMED

Y. BOUDISSA

Dirigé par :

Mr. NAKIB

Mr. MAKHOUKH

PROMOTION : Juin 1989

وزارة التعليم العالي
المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
الفرع: هندسة البيئة
الموجه: السيد نقيب
مساعد للوحة: السيد مخوح
التلميذان المهندسان: عبد الصمد جمال
بوديسة ياسين

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
Ecole Nationale Polytechnique
DEPARTEMENT: GENIE DE L'ENVIRONNEMENT
PROMOTEUR: Mr NAKIB
-PROMOTEUR: Mr MAKHOUKH
AUTEURS INGENIEURS: ABDESSEMED DJAMAL
et BOUDISSA YASSINE

الموضوع: خصائص جمع وأبعاد المعالجة اللغصلات المنزلية لمدينة الجزائر.
الملخص: إن الهدف من هذا البحث يكمن أساساً في دراسة وضعية تسيير
القاذورات المنزلية لمدينة الجزائر واقتراح بعض الحلول على المدى
القريب المتوسط والبعيد حسب نتائج التحليل التي قمنا بها.

Subject: CHARACTERISTICS COLLECT AND PERSPECTIVES OF ALGIERS CITY DOMESTIC
REFUSE MANAGEMENT.

Summary: The purpose of our study consists of analysing the situation in
matter of domestic refuse management, and to propose in view of our results a
number of remedies in short, medium and long terms.

titre: CARACTERISTIQUES, COLLECTE ET PERSPECTIVES DE TRAITEMENT DES DECHETS
MENAGERS DE LA VILLE D'ALGER.

résumé: L'objet de notre travail consiste à analyser la situation en matière
de gestion des déchets ménagers de la ville d'ALGER et à proposer en fonction
des résultats des analyses, un certain nombre de solutions, à court, moyen et
long terme.

DEDIDACES

A

- * Mes parents qui ont consenti beaucoup de sacrifices à mon égard.
- * Mes deux frères.
- * Tous les membres de la famille.
- * Tous mes amis.

D. ABDESSEMED

DEDIDACES

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance à ma mère, pour ses sacrifices consentis à mon égard, à mon père, pour son soutien moral et matériel et ses encouragements tout le long de mes études, à mes frères et soeurs, à tous les membres de la famille ainsi qu'à tous mes amis.

Y. BOUDISSA

REMERCIEMENTS

C'est un très grand plaisir pour nous de pouvoir exprimer nos remerciements et toute notre reconnaissance à toutes les personnes qui nous ont aidé ne serait-ce que par la pensée, à la réalisation de ce modeste travail.

Nos remerciements vont tout particulièrement à :

Mr **NAKIB**, pour avoir proposé et suivi ce travail et pour ses conseils et sa gentillesse,

Mr **MAKHOUKH**, ingénieur au CPVA, pour avoir suivi et dirigé ce travail avec grand intérêt,

Mr **KERBACHI**, chef de département du Génie de l'environnement, pour sa coopération,

Mr **REHI**, chef de département de chimie industrielle (BLIDA), pour ses conseils,

Mr **MAHFOUD**, pour l'aide matériel et sa gentillesse,

Mr **SEMMAR** qui s'est occupé de la frappe.

Nos remerciements vont également aux **membres du jury** qui ont bien voulu nous honorer de leur présence et accepter ce travail.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à **tous les enseignants** qui ont contribué à notre formation.

SOMMAIRE

<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>CHAPITRE 1: LES DECHETS MENAGERS, LEURS CARACTERISTIQUES ET LEURS EVOLUTIONS</u>	
1.1 Généralités sur les déchets ménagers	3
1.1.1 Définition des déchets ménagers	3
1.1.2 déchets assimilables aux déchets des ménages.	4
1.2 Quantités générées et leur variabilité.	4
1.3 Paramètres physiques et physico-chimiques caractérisant les ordures ménagères.	5
1.3.1 Densité ou masse volumique.	5
1.3.2 Humidité.	6
1.3.3 Pouvoir calorifique.	6
1.3.4 Rapport C/N.	6
1.4 Détermination des caractéristiques et analyses des ordures ménagères.	7
1.4.1 Méthodologie de l'échantillonnage.	7
1.4.2 Classification des composants des ordures ménagères.	7
1.4.3 Pratique de l'échantillonnage et de la classification.	9
1.4.4 Analyses à effectuer au laboratoire.	11
1.4.5 Les paramètres nécessaires pour chaque mode de traitement.	14
<u>CHAPITRE 2: EVACUATION DES DECHETS MENAGERS ET DES DECHETS ASSIMILES</u>	
2.1 Précollecte	16
2.1.1 Méthode de livraison des ordures ménagères.	16
2.2 Collecte des ordures ménagères.	18
2.2.1 Les matériels de collecte.	18
2.2.2 Organisation du service de collecte.	19
2.3 Les collectes spéciales.	20
2.4 La collecte sélective.	20
2.5 Transport des déchets ménagers.	22
2.5.1 Définition des ruptures de charge.	22
2.5.2 Stations de transfert.	22
2.5.3 Stations de transit.	23
<u>CHAPITRE 3: DESTINATION FINALE DES ORDURES MENAGERES DESTRUCTION OU VALORISATION</u>	
3.1 Décharge contrôlée.	24
3.1.1 Généralités sur la décharge contrôlée.	24
3.1.2 Principe de la mise en décharge contrôlée.	24
3.1.3 Les différents types d'exploitation des décharges contrôlées.	25
3.1.4 Elimination du méthane.	25

3.1.5 Le site de décharge.	26
3.2 Récupération Recyclage et Valorisation.	27
3.2.1 Récupération	27
3.2.2 Recyclage	27
3.2.3 Valorisation	27
3.2.4 Substances récupérables	27
3.3 Le compostage	28.
3.3.1 Définition du compostage.	28
3.3.2 Les phases de fermentation.	28
3.3.3 Facteurs influençant la fermentation des déchets ménagers.	30
3.3.4 Les techniques de compostage.	31
3.3.5 L'usine de compostage.	32
3.3.6 Aspects hygiéniques du compostage	33
3.3.7 Importance du compost du point de vue agricole	35
3.4 Incinération	35
3.4.1 Structure d'une usine d'incinération	35
3.4.2 Différents stades de l'incinération	36
3.4.3 Aptitudes des ordures ménagères à l'incinération	36
3.4.4 Procédés d'incinération	36

CHAPITRE 4: CARACTERISTIQUES DES DECHETS MENAGERS DE LA VILLE D'ALGER ET LEUR INTERPRETATION

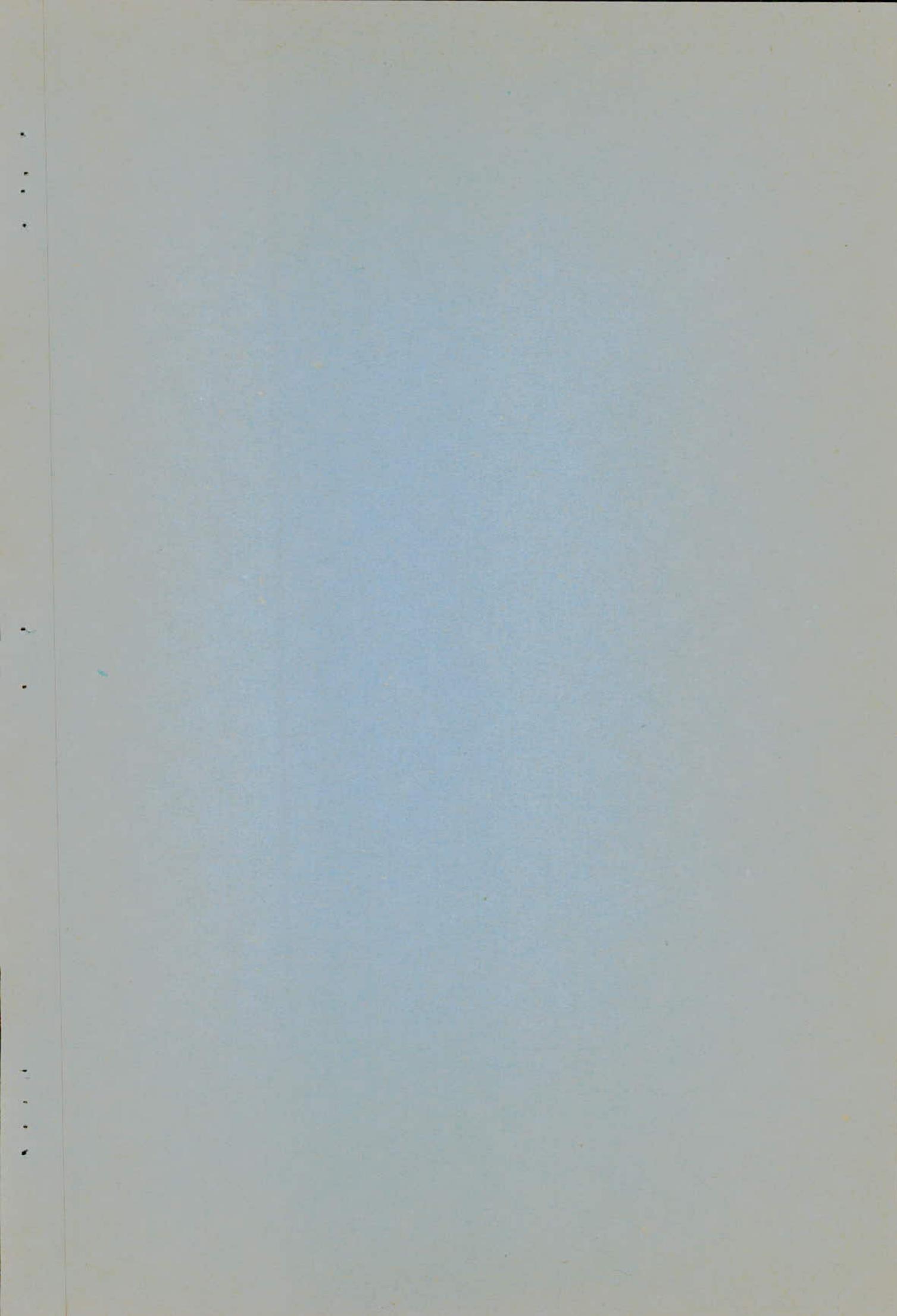
4.1 Caractéristiques des déchets ménagers	38
4.1.1 Densité	38
4.1.2 Humidité	38
4.1.3 Cendres et matières volatiles	39
4.1.4 Rapport C/N	39
4.1.5 Classification	40
4.1.6 Pouvoir calorifique	42
4.2 Interprétation des résultats des caractéristiques	45
4.2.1 Densité	45
4.2.2 Humidité	45
4.2.3 Pouvoir calorifique	45
4.2.4 Classification	47
4.2.5 Cendres et matières volatiles	47
4.2.6 Rapport C/N	49
4.3 Comparaison des caractéristiques des déchets ménagers de la ville d'ALGER avec celles de PARIS	49
4.4 Autres paramètres	50
4.4.1 Dosage du potassium, calcium, magnésium	51
4.4.2 Les métaux lourds	51
4.4.3 pH	52

CHAPITRE 5: SITUATION ACTUELLE DE LA COLLECTE DECHARGE COMPSTAGE ET INCINERATION DE LA VILLE D'ALGER

5.1	Caractéristiques générales de la ville	54
5.2	La collecte à ALGER des déchets ménagers	55
5.2.1	Mode de précollecte	56
5.2.2	Moyens de précollecte mis en service quotidiennement	56
5.2.3	Tonnage moyen des ordures ménagères	56
5.2.4	Transport des ordures vers la décharge	56
5.2.5	Collecte des ordures d'origine commerciale et artisanale	57
5.2.6	Collecte des ordures des hôpitaux	58
5.2.7	Tonnages collectés des déchets ménagers de la ville d'ALGER.	59
5.2.8	Organisation du service de collecte	60
5.3	Les décharges publiques	61
5.3.1	Décharge publique d'OUED SMAR	61
5.3.2	Décharge contrôlée d'OULED FAYET	62
5.4	Compostage	63
5.4.1	Unité compostale	63
5.4.2	Projet d'aménagement d'une unité de compostage	63
5.5	Incinération	63
5.5.1	Fonctionnement	64
5.5.2	Projet	64
CHAPITRE 6: PROJETS A COURT MOYEN LONG TERME		
6.1	Projets à court terme	65
6.1.1	Collecte par bacs roulants	65
6.1.2	Création d'une décharge contrôlée pour les déchets industriels	66
6.1.3	Incinérateur	68
6.1.4	Amélioration des dispositifs de collecte	68
6.1.5	Collecte spéciale des déchets encombrants	68
6.1.6	Collecte sélective	68
6.2	Projets à moyen terme	69
6.2.1	Compostage	69
6.2.2	Information du service de la collecte	70
6.2.3	Collecte périodique des déchets toxiques	70
6.2.4	Création d'une entreprise spécialisée	70
6.3	Projets à long terme	70
6.3.1	Collecte sélective	70
6.3.2	Chiffonnage	71
6.3.3	Réaménagement de la décharge d'OUED SMAR en fin d'exploitation	71
6.3.4	Créer un enseignement dans le domaine de la valorisation des déchets	71
CONCLUSION		72
ANNEXES		
BIBLIOGRAPHIE		

TABLE DES TABLEAUX

N°	TITRE	Page
1	Données en fonction des buts poursuivis	15
2	Température et temps d'exposition nécessaires à la destruction de certains agents pathogènes et autres parasites courants	34
3	Mesure de la densité	38
4	Mesure de l'humidité	38
5,6	Mesure des cendres et matières volatiles	39
7	Mesure en pourcentage du carbone	40
8	Mesure en pourcentage de l'azote	40
9	Classification des déchets ménagers pour la zone BIR MOURAD RAIS	41
10	Classification des déchets ménagers pour la zone d'HUSSEIN DEY	41
11	Classification des déchets ménagers de la Ville d'ALGER	41
12	Mesure du pouvoir calorifique supérieur	43
13	Mesure en pourcentage de l'hydrogène empirique	44
14	Résultats en pourcentage du tri des ordures ménagères de 14 villes d'Alger	46
15	Comparaisons des valeurs du PCS et du PCI de l'Europe de l'Ouest avec celles de Blida et d'Alger	47
16	Comparaison des caractéristiques des déchets ménagers de la ville d'Alger avec celles de Paris.	50
17	Mesure en pourcentage du produit sec du magnésium, calcium et potassium	51
18	Mesure en pourcentage du produit sec du magnésium, calcium et potassium du fumier de ferme	51
19	Mesure des teneurs en métaux lourds	52
20	Résultats des analyses physico-chimiques des déchets d'Alger	53
21	Population des différentes dairates de la ville d'Alger	54
22	Liste des différents types de camions	57
23	Tonnage collecté des déchets ménagers de la Ville d'Alger	59
24	Liste des engins se trouvant sur la décharge	61
25,26	Estimation sur les coûts de la collecte par bacs roulants	66
27	Analyse élémentaire et pouvoir calorifique supérieur des principaux composants des déchets.	annexe



INTRODUCTION

La notion d'environnement est relativement récente. Elle traduit une aspiration collective et des actions multiples vers la protection, voire la restauration du cadre de vie quotidien. Quand on n'y veille pas, l'air devient obscur, malodorant ou irrespirable. L'eau pure ne se trouve plus naturellement à proximité des cités et il faut l'y conduire artificiellement; après usage, les eaux polluées sont désagréables à voir ou à sentir et sont en outre cause de contamination.

Heureusement qu'actuellement on remarque, dans pratiquement tous les pays du monde, une prise de conscience croissante en ce qui concerne l'environnement.

Les dégâts énormes causés aux sols cultivables, à l'eau et à l'air ont fait naître une nouvelle disponibilité d'investissement d'un niveau élevé.

Ainsi aux marchés classiques des biens d'investissement et de consommation, nous pouvons ajouter une troisième catégorie: le marché des biens d'environnement [5].

Les résidus solides ne disparaissent plus quasi-naturellement, à la discrétion de chaque habitant. La rapidité avec laquelle la densité de la population augmente par suite de l'industrialisation et de l'urbanisation est telle que les problèmes que posent la collecte, le traitement, l'évacuation des déchets solides sont non seulement vastes mais complexes et que ses répercussions sur la santé publique et sur l'environnement sont graves.

Cependant, la collecte et le traitement des déchets solides ont longtemps été considérés comme une priorité secondaire de l'assainissement urbain comme de l'hygiène publique.

L'impact sur la santé publique d'une collecte inefficace des ordures ménagères et des résidus urbains est souvent sous-estimé par les administrations municipales qui sont en revanche, très sensibles à l'encombrement de la voie publique par l'amoncellement des déchets solides.

Au cours de ces dernières années, la ville d'ALGER a connu un surpeuplement et elle a dû faire face à des problèmes d'urbanisation.

L'un de ces problèmes concerne la collecte et l'élimination des ordures ménagères dont la production a suivi le rythme d'accroissement de la population.

En effet, le développement économique et social entraîne une augmentation du tonnage des ordures et des déchets de toutes sortes: les ordures ménagères, les déchets d'activité commerciale, artisanale et industrielle.

D'après les estimations faites par le Conseil Populaire de la Ville d'Alger (CPVA), il en ressort que le coût de la tonne d'ordure de la ville d'Alger est l'un des plus élevés dans le monde [15].

Afin d'essayer de trouver des solutions adéquates au problème de collecte et de traitement des ordures ménagères, nous avons effectué des sorties sur le terrain et récolté certaines données pour proposer des solutions à court et à long terme. D'où notre étude a pour but d'apporter une approche scientifique et rigoureuse à la collecte, au traitement des déchets ménagers de la ville d'Alger afin d'appliquer les techniques nécessaires à la préservation du cadre de vie du citoyen et à la sauvegarde de l'environnement.

CHAPITRE 1

LES DECHETS MENAGERS

LEURS CARACTERISTIQUES ET LEUR
EVOLUTION

1.1 GENERALITES SUR LES DECHETS MENAGERS

1.1.1 DEFINITION DES DECHETS MENAGERS

On définit les déchets des ménages comme une réunion de résidus hétérogènes dans lesquels on trouve:

- * les détritrus de toutes natures générées dans les ménages tels que: déchets de nourriture, balayures, objets ménagers ou d'usage courant devenus hors d'usage, journaux et papiers divers, emballages métalliques, bouteilles, emballages papier ou plastique, chiffons et autres résidus textiles.
- * les déchets des bureaux, commerces, industries et artisanat, administrations.
- * les feuilles mortes, bois, résidus de nettoyage et de balayage de la voirie, des jardins, des parcs.
- * les détritrus des halles, foires, marchés.
- * les résidus des collectivités tels que les cantines, écoles, casernes, prisons, ainsi que les résidus des hôpitaux ayant un caractère ménager.
- * tous objets abandonnés sur la voie publique, ainsi que les cadavres des petits animaux.

Cette énumération exclut formellement:

- * les déblais, décombres et débris des chantiers de travaux publics et constructions.
- * les déchets industriels et commerciaux ne pouvant pas les déposer dans des récipients individuels ou collectifs aux fins d'enlèvement par les soins des services municipaux.
- * les déchets anatomiques et infectieux des hôpitaux et abattoirs.
- * tous les objets qui, en raison de leur encombrement, de leur poids ou de leur nature ne pourraient pas être chargés

dans des véhicules de collecte.

Cette définition des ordures ménagères insiste sur le fait que les résidus doivent être rassemblés, que leur encombrement ne doit pas excéder certaines limites et qu'ils doivent être stockables dans des récipients appropriés au système de collecte en vigueur [6].

1.1.2 DECHETS ASSIMILABLES AUX DECHETS DES MENAGES.

Un certain nombre de déchets, en raison de leur nature et de leur encombrement, peuvent être considérés comme des déchets ménagers.

Parmi ces déchets, on trouve:

* certains déchets industriels non toxiques (cas des industries à caractère artisanal), cas de déchets produits par de petits établissements artisanaux ou industriels pourront entrer dans cette catégorie tels que: petites industries de bois, panneaux, papier-carton, imprimeries, artisanat textile, petites industries agro-alimentaire [6].

1.2 QUANTITES GENEREES ET LEUR VARIABILITE

Les quantités d'ordures produites peuvent s'exprimer en poids ou en volume. Toutefois, en raison de la compressibilité des ordures ménagères, seul le poids constitue une donnée fiable mesurable sur pont bascule. On exprime alors les quantités d'ordures ménagères générées en kilos par habitant par jour ou par an.

Le poids des ordures ménagères produites par habitant et par jour varie suivant les différents pays entre 0,35 kg d'ordures ménagères /hab/J dans les pays les moins avancés à 1,1 ou 1,2 kg d'ordures ménagères /hab/J dans les grandes villes des pays hautement industrialisés où la consommation est la plus élevée [6].

Les quantités d'ordures ménagères générées dans une ville

dépendent essentiellement:

- * de l'habitat, du niveau de vie, des habitudes et des moeurs de la population.
- * des conditions climatiques ainsi que leurs variations annuelles et saisonnières.
- * des mouvements plus ou moins importants de la population au cours de l'année: foires, vacances annuelles.
- * du mode de conditionnement des denrées et des marchandises.

1.3 PARAMETRES PHYSIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES CARACTERISANT LES ORDURES MENAGERES.

Le choix du mode de la gestion des déchets ménagers est établi par la détermination d'un certain nombre de paramètres dont quatre sont essentiels: la densité, l'humidité, le pouvoir calorifique, le rapport C/N.

1.3.1 DENSITE OU MASSE VOLUMIQUE

C'est une caractéristique qui a une grande influence sur les capacités des moyens de collecte et de stockage des ordures. Les ordures sont compressibles et leur densité varie au cours des diverses manipulations qu'elles subissent du lieu de production au lieu d'élimination.

On détermine donc:

- * une densité en poubelle.
- * une densité en benne.
- * une densité en fosse.
- * une densité en décharge avec ou sans tassement.

Pour la collecte, il est plus intéressant de connaître le volume et la densité que le poids, ce sont les volumes à collecter qui commandent les capacités des équipements de collecte. Par contre en ce qui concerne le traitement, on évalue habituellement le poids, bien que le volume soit important pour la décharge.

1.3.2 HUMIDITE

Les ordures ménagères renferment une quantité d'eau, qui est celle contenue dans leurs composants, de sorte que la teneur en eau globale varie essentiellement avec les proportions respectives de ces composants. Il en résulte que la teneur globale en eau variera largement suivant les saisons et les latitudes, suivant les pays et aussi suivant les conditions sociales des populations concernées.

1.3.3 POUVOIR CALORIFIQUE

En matière d'ordures ménagères considérées comme combustible, on définit le pouvoir calorifique d'un combustible comme étant la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de l'unité de masse (solide ou liquide).

On considère soit leur pouvoir calorifique supérieur (PCS) qui prend en compte de la chaleur de vaporisation de l'eau contenue dans les ordures, soit le pouvoir calorifique inférieur (PCI) qui ne tient pas compte de la chaleur de vaporisation de cette eau lors de cette combustion.

En règle générale, plus la teneur en eau est élevée, plus le PCI est faible. Les ordures n'ont jamais été un bon combustible mais lorsqu'elles contiennent plus de 50 % d'humidité, elles sont réellement impropres à l'incinération [6].

1.3.4 RAPPORT C/N

Le rapport C/N est un paramètre qui permet d'apprécier aussi bien l'aptitude des ordures au compostage que la qualité du compost obtenu.

On obtient un compost valable à partir d'ordures ménagères ayant un rapport C/N inférieur à 35 au départ. Le rapport C/N du compost obtenu à partir de ces ordures au terme

d'une fermentation aérobie bien contrôlée oscillera entre 15 et 18 [2].

1.4 DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES ET ANALYSE DES ORDURES MENAGERES

On doit procéder régulièrement sur les ordures ménagères à des campagnes d'analyses suivant une fréquence et des méthodes dans le temps et de déterminer en conséquence les améliorations à apporter dans leur gestion.

Ces méthodes sont basées sur des programmes de tris manuels s'effectuant périodiquement sur des échantillons représentatifs préparés suivant des règles précises.

1.4.1 METHODOLOGIE DE L'ECHANTILLONNAGE

1.4.1.1 Définition de la représentativité

Un échantillon est dit représentatif lorsque sa composition est analogue à celle du lot dont il est extrait. Dans la pratique, cette analogie ne peut pas être rigoureuse du fait que la composition de l'échantillon s'écarte plus ou moins de celle du lot original. Le caractère représentatif ne le sera réellement que dans la mesure où l'échantillonnage sera à la fois juste et fidèle.

1.4.1.2 Obtention d'un échantillon représentatif

Au surplus, la représentativité d'un échantillon d'ordures ménagères s'apprécie sous plusieurs dimensions:

- une dimension spatiale, c'est à dire au niveau d'un îlot, d'un quartier, d'une agglomération et suivant leurs caractéristiques. Sous cet aspect, on cherchera à définir un échantillon représentatif de l'ensemble des ordures ménagères de l'agglomération en opérant

une stratification en différentes zones homogènes.
- une dimension temporelle, les quantités et la nature des ordures ménagères dépendent essentiellement des saisons de l'année (saison des pastèques, des dattes, etc).

1.4.1.3 Découpage de l'agglomération en zones homogènes

Le découpage de l'agglomération en quartiers homogènes du point de vue des ordures collectées est une nécessité pour obtenir une précision suffisante dans les estimations des quantités générées tant pour l'ensemble de l'agglomération que pour les différents quartiers qui la composent.

Ainsi on devra délimiter des zones aussi homogènes que possible du point de vue de tout ce qui se rapportera aux ordures ménagères afin de pouvoir mesurer la production de chacune de ces zones.

1.4.1.4 Bases et méthodes de sondage

Les prélèvements peuvent être effectués à plusieurs stades au cours de la gestion des déchets:

- * récipients de précollecte: poubelles, containers et sacs plastiques.
- * bennes de collecte [1].

1.4.2 CLASSIFICATION DES COMPOSANTS DES ORDURES MENAGERES

Il existe diverses classifications possibles pour les composants des ordures ménagères parmi lesquelles nous citerons les suivantes:

Classification en 10 classes:

- fines diamètre inférieur à 20 mm.
- papier, cartons.
- chiffons et autres déchets textiles.

- matières plastiques.
- os.
- débris combustibles non classés
- verre, porcelaine, faïence
- débris non combustibles non classés
- matières fermentescibles
- métaux

Classification en 7 classes:

- déchets de cuisine
- textiles, caoutchouc
- papier, carton
- plastiques
- matières minérales (cendres, etc)
- métaux
- verre

1.4.3. PRATIQUE DE L'ECHANTILLONNAGE ET DE LA CLASSIFICATION

L'échantillonnage est une opération à laquelle il faut apporter le plus grand soin. L'hétérogénéité des ordures ménagères et la variabilité de leurs caractéristiques exigent des échantillonnages répétés groupés sur des périodes suffisamment étendues. Après échantillonnage, les analyses au laboratoire seront exécutées sans délai et avec diligence afin de limiter le plus possible les transformations telles que les pertes d'humidité, le démarrage de la fermentation, etc.

1.4.3.1. METHODE DES QUARTS

1.4.3.1.1 Echantillonnage

On opère sur une quantité de 1000 kilos en moyenne. Les ordures ménagères sont étalées sur

une aire horizontale couverte et abritée du vent, puis mélangées et homogénéisées à l'aide de pelles et de fourches. Lorsque les ordures sont bien mélangées, on prélève sur le tas des échantillons bruts de 100 à 150 kilos. Ces derniers sont homogénéisés et on constituera une sorte de gâteau rond et aplati que l'on partage en 4 quartiers égaux à utiliser comme suit:

- 1 quart pour la mesure de la densité
- 1 quart pour la classification par tri manuel
- les deux autres quarts servant au prélèvement des échantillons qui seront analysés au laboratoire [6].

1.4.3.1.2 Mesure de la densité

Immédiatement après la collecte de l'échantillon, on mesure la densité en pesant l'échantillon et, en mesurant son volume. Le récipient sera rempli à l'arase. On l'aura secoué de temps en temps au cours du remplissage, mais en ayant soin de ne pas tasser les ordures.

1.4.3.1.3 Classification

Les déchets sont séparés par tri manuel en un certain nombre de classes correspondant à la typologie choisie. Les opérations de tri sont confiées à l'équipe de 8 à 10 hommes armés de pelles, de fourches et de crochets dont les mains sont gantés.

Après avoir mis de côté les plus gros déchets qui seront bien évidemment pesés et pris en compte dans les résultats de la classification, on étale les ordures ménagères sur un tamis à mailles

carrées monté sur un châssis.
Les composants des différentes classes, recueillis dans des récipients ou dans des sacs plastiques étiquetés, sont pesés séparément et ramenés à 100.

1.4.4 ANALYSES A EFFECTUER AU LABORATOIRE

Ces analyses seront effectuées à partir des deux derniers quarts. On mesurera immédiatement l'humidité et on poursuivra ensuite la série d'analyses à partir d'un échantillon sec.

1.4.4.1 Mesures de l'humidité

1.4.4.1.1 Méthodes directes:

Un échantillon de 25 kilos environ préparé par quartage à partir de l'échantillon global de 100 kilos est séché dans une étuve à 105°C jusqu'à poids constant. Les pesées effectuées avant et après l'essai permettent de déduire l'humidité. Ce mode opératoire est d'autant fastidieux que les ordures n'ayant subi aucun broyage préalable, la durée de dessiccation est souvent très longue.

1.4.4.1.2 Méthodes indirectes:

Elles sont basées sur la reconstitution par le calcul lorsque l'on connaît l'humidité des composants ainsi que les proportions respectives de ces derniers dans l'échantillon. Pour effectuer cette détermination, il est donc nécessaire de procéder préalablement au tri manuel dans des conditions correctes.

1.4.4.2 MESURE DU POUVOIR CALORIFIQUE

1.4.4.2.1 Méthodes directes

1.4.4.2.1.1 Préparation de l'échantillon de laboratoire et mesure du PCS

i) On commence par séparer les inertes demeurés après séchage dans l'échantillon global réduit. La matière sèche est entièrement broyée une première fois à 20 mm. Le produit à l'aspect cotonneux que l'on obtient est traité par quartages successifs. Par un deuxième broyage à l'aide d'un broyeur à boules que l'on effectue après la deuxième étape de quartage sur une quantité inférieure à 10 kilos, on obtient un échantillon ayant une granulation inférieure à 0,5 mm dit échantillon de laboratoire sur lequel on procédera à la détermination du PCS ainsi que les autres paramètres dont on aura besoin.

ii) La mesure du PCS se fait à l'aide de la bombe calorimétrique sur un gramme de l'échantillon de laboratoire.

1.4.4.2.1.2 Relation entre le PCS et le PCI

$$\text{PCS} = \text{PCI} + 6 (E + 9H) \quad [6]$$

E: humidité totale des ordures (connue)

H: hydrogène total des ordures (à mesurer)

1.4.4.2.2 Méthodes indirectes:

i) Soit par le calcul à partir des composants des ordures ménagères lorsque l'on connaît les PCI respectifs de ces composants.

ii) Soit par la mesure directe du PCS de chacun de ces composants à la bombe calorimétrique.

1.4.4.3 MESURE DU RAPPORT C/N

1.4.4.3.1 Dosage du carbone

Pour le principe et le mode opératoire, se reporter à l'annexe.

1.4.4.3.2 Dosage de l'azote

L'azote existe dans les déchets sous toutes les formes minérales NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ et organiques, on peut le déterminer sous ces différentes formes.

On pourra opérer en série sur plusieurs échantillons simultanément par la méthode de KJELDAHL pour doser l'azote total ou une méthode variante basée sur la minéralisation de la matière organique par attaque acide à chaud en présence d'un catalyseur et dosage volumétrique de l'azote à l'état d'ammoniac à l'aide d'une liqueur titrée d'acide sulfurique. Ces méthodes d'analyse sont décrites à l'annexe.

1.4.4.4 CENDRES ET MATIERES VOLATILES

Lorsque l'on calcine les ordures séchées à l'abri de l'air, on obtient un résidu carboné solide. On définit la matière volatile comme étant le pourcentage correspondant à la perte de poids survenue au cours de la calcination.

La calcination à 550°C pendant 2^h de l'échantillon de laboratoire laisse donc un résidu appelé « cendres », et la teneur en matière volatile correspond à la différence entre la masse de cet échantillon de laboratoire déshydraté avant calcination et la masse des cendres résiduelles.

Les matières volatiles sont à peu près assimilables à la matière organique [11].

1.4.4.5 AUTRES PARAMETRES

1.4.4.5.1 pH: la détermination du pH répond à la même préoccupation de protection des eaux lorsqu'il s'agit de la mise en décharge des ordures ménagères.

La mesure du pH s'effectuera sur l'échantillon de laboratoire par l'un des procédés courants électrométriques ou colorimétriques.

1.4.4.5.2 Dosage du potassium, calcium, magnésium.

Le dosage se fait par la méthode spectrophotométrique d'absorption atomique.

1.4.5 LES PARAMETRES NECESSAIRES POUR CHAQUE MODE DE TRAITEMENT

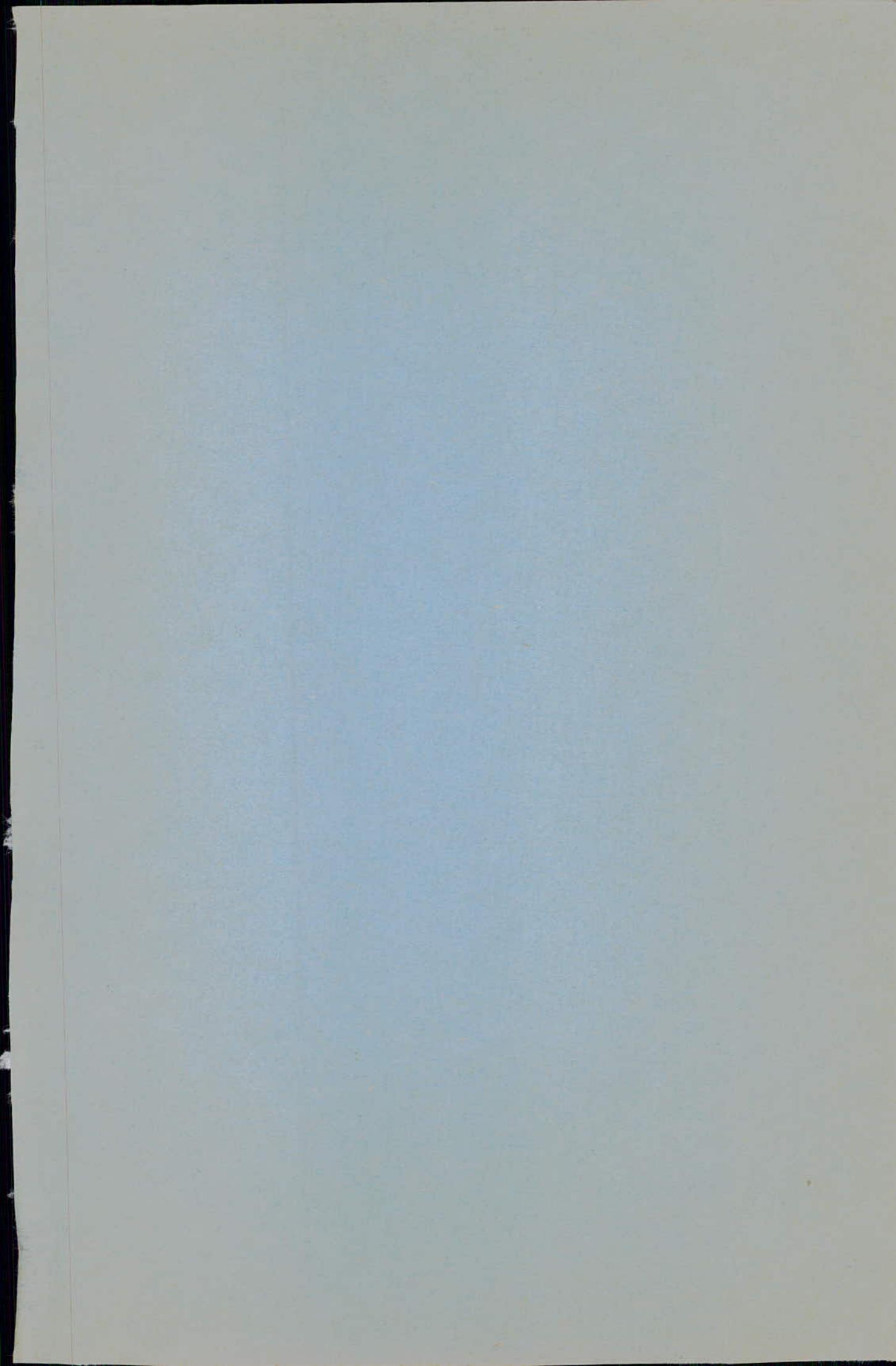
Le choix des analyses physico-chimiques et biologiques dépend du mode de traitement envisagé (cf. tableau 1).

TABLEAU 1

[6]

ANALYSE \ TRAITEMENT	MISE EN DECHARGE	COMPOSTAGE	INCINE-RATION	RECYCLAGE
QUANTITES	X	X	X	X
DENSITES	X	X	X	X
TRI PAR CLASSES	X	X	X	X
HUMIDITE	X	X	X	
PCI		X	X	
CENDRES ET MATIERES VOLATILES		X	X	
RAPPORT C/N		X		
pH	X	X		
PARAMETRES AGRONOMIQUES		X		

DONNEES NECESSAIRES EN FONCTION DES BUTS POURSUIVIS



CHAPITRE 2

EVACUATION DES DECHERS MENAGERS
ET DES DECHETS ASSIMILES

On entend par enlèvement l'ensemble des opérations ayant pour objet l'élimination des ordures ménagères et déchets urbains assimilés. On distingue:

- une première étape qui se déroule au niveau des ménages ou des immeubles et qui est à la charge directe des habitants: **c'est la précollecte.**

- une deuxième étape qui se déroule sur la voie publique et qui fait l'objet d'un service public effectué par l'APC: c'est l'évacuation proprement dite qui se subdivise elle même en deux opérations:

1) la **collecte** des déchets présentés par les habitants.

2) le **transport** de ces déchets vers une destination appropriée: décharge, usine de traitement, etc.

Ce service est à la charge indirecte des habitants qui payent une taxe d'enlèvement.

- Une troisième étape éventuelle: Lorsque le point de destination finale est trop éloigné des zones de collecte et que l'évacuation des ordures ménagères à l'aide des même véhicules qui les ont collectés devient, pour cette raison, anti-économique, on crée une rupture de charge [6].

L'enlèvement des déchets dépend des caractères spécifiques de l'agglomération:

- Nature et dimension des immeubles,
- Habitat individuel ou collectif,
- Tracé et viabilité des rues,
- Habitudes et degré d'éducation des usagers en cette matière [1].

2.1. LA PRECOLLECTE

2.1.1. Méthode de livraison des ordures ménagères

Nous donnerons tout d'abord quelques définitions relatives aux différents modes d'évacuation qui détermineront eux même le mode de précollecte le mieux adapté.

* Collecte ouverte ou ordinaire:

C'est le système courant suivant lequel le contenu des poubelles ordinaires de tous types est déversé directement par les éboueurs dans le dispositif de réception des véhicules de collecte.

C'est le mode le plus simple, mais on ne peut éviter les poussières et un répandage accidentel de détritrus sur la voie publique.

Les modes ci-après éliminent cet inconvénient, mais sont généralement d'un coût plus élevé.

* Collecte hermétique:

La collecte est dite "hermétique" lorsqu'on utilise des récipients normalisés, fermés par un couvercle à charnières, le contenu se déversant dans des véhicules complètement clos. Le vidage est opéré par un orifice généralement placé à l'arrière du véhicule, fermé par une opercule dont les murs d'ouverture et de fermeture correspondent exactement par une coordination convenable à ceux de renversement et de vidage des récipients.

* Collecte par bacs roulants:

Ce procédé utilise des récipients normalisés munis d'un couvercle et montés sur roulettes, que l'on manoeuvre à l'aide d'un système de levée et de basculement.

* Collecte par sacs perdus:

Elle s'inspire du système précédent, mais au lieu de récupérer les sacs, ces derniers sont perdus, éliminés avec les ordures.

* Collecte par échange de containers:

Ce système utilise des récipients de grande capacité dont la manutention est assurée par des camions multibennes spécialement équipés.

Il convient à la collecte régulière des grands ensembles,

centres commerciaux ou à des collectes sélectives.

* Collecte pneumatique:

Ce système consiste en un transport des déchets depuis le vide-ordures jusqu'au lieu de stockage et de traitement par une conduite pneumatique souterraine.

Ce procédé exclut toute intervention humaine; il permet une diminution des inconvénients du trafic routier.

Ce procédé coûte très cher, de plus il est impossible à réaliser dans les constructions existantes.

2.2. LA COLLECTE DES ORDURES MENAGERES:

Pour fonctionner dans des conditions normales un service de collecte a besoin:

- des moyens matériels appropriés et en nombre suffisant pour collecter toutes les ordures ménagères,
- d'une infrastructure d'entretien et de réparation,
- d'une organisation interne valable et efficace.

2.2.1. LES MATERIELS DE COLLECTE:

* Les matériels de collecte non spécialisés: ce sont tous les véhicules, à traction animale, humaine, ou mécanique, qui n'ont pas été conçus spécialement pour la collecte des ordures ménagères.

i) Les matériels dits traditionnels à traction animale ou humaine.

ii) véhicules à traction mécanique non spécialisés:

- les camions à plateaux à ridelles
- les tracteurs agricoles avec remorque
- les camions à bennes basculantes fermées
- les multibennes
- les microbennes sur tricars.

* Les bennes tasseuses:

L'accroissement des quantités d'ordures ménagères auquel on a assisté au cours des dernières décennies s'est

manifesté non seulement en poids, mais plus encore en volume, s'accompagnant par conséquent d'une diminution générale et constante de leur densité.

L'espace offert pour emmagasiner les ordures collectées dans un véhicule étant inextensible et limité, on en est logiquement venu rechercher une nouvelle optimisation du rendement des collectes en les tassant à l'intérieur de ces véhicules, afin d'en faire entrer le maximum dans l'espace disponible [6].

2.2.2. Organisation du service des collectes:

Les facteurs essentiels de l'organisation du service sont:

- la fréquence de ramassage
- l'horaire
- nombre de tournées

2.2.2.1. Rythme de la collecte: Il existe une certaine distinction entre la collecte et le transport.

* La collecte elle-même comprend:

- Le ramassage qui désigne la partie du parcours où le chargement des ordures dans la benne s'accomplit effectivement.
- Les trajets haut le pied qui correspondent aux parcours que la benne doit effectuer pour réaliser les bouclages et qui sont des trajets non productifs.

* Le transport correspond à l'ensemble des opérations autres que les parcours en "collecte" soit du garage à la première zone de collecte, des zones de collecte au point de destination finale et retour, ou enfin du point de destination finale au garage.

i) Fréquence de la collecte:

Aujourd'hui, on tend vers une meilleure utilisation des moyens disponibles en ramenant la fréquence à 2 ou 3 fois par semaine moyennant une sectorisation appropriée avec la désignation des zones à collecter.

Il en résulte les avantages suivants:

- Un remplissage plus rapide des bennes en raison de la plus forte concentration des déchets et par conséquent la possibilité d'effectuer un plus grand nombre de tournées dans le même temps.
- Un kilométrage réduit de moitié ou de tiers pour tout le trajet effectué en collecte.

ii) Les horaires de la collecte

La collecte est parfois réalisée de nuit, il est certain qu'elle est grandement facilitée par la faible circulation nocturne. Elle soulève toutefois sur le plan pratique certaines difficultés, notamment à cause du bruit qu'elle provoque inévitablement.

iii) Nombre de tournées

Le nombre de tournées effectuées par chaque véhicule est lié aux conditions de circulation dans la ville et à l'éloignement des lieux de décharge. Il sera le plus souvent de deux tournées par jour, bien que dans beaucoup de villes, ce rythme ne puisse pas être atteint.

Si le point de destination finale est trop éloigné, on aura tout intérêt, pour une meilleure utilisation du personnel comme du matériel, à installer une station de transfert [20].

2.3. LES COLLECTES SPECIALES.

On englobera la collecte des déchets encombrants, les déchets du commerce, de l'artisanat et de certains bureaux, les déchets des marchés, les déchets des hôpitaux et les carcasses des véhicules hors d'usage dont l'enlèvement ne peut s'effectuer par les opérations de collecte normale.

2.4. LA COLLECTE SELECTIVE

La collecte sélective des ordures ménagères est liée à la

récupération des matériaux utilisables pouvant être retirés des déchets.

* Sélection au stade de la précollecte: La sélection a un caractère artisanal et reste essentiellement dépendante de la bonne volonté des usagers: ramassage de vieux journaux, cartons, verre pour livraison à une collecte sélective.

* Sélection au stade de la collecte:

Pour que la collecte sélective ait toute efficacité, il sera nécessaire que soient réunies les conditions suivantes:

- La collaboration des habitants qui devront stocker séparément les matériaux et les présenter convenablement à la collecte.
- des opérations de tri et de conditionnement des matériaux collectés ou récupérés.
- étude de la rentabilité qui portera sur les types de matériaux à récupérer les débouchés, le prix du transport vers l'usine de recyclage et le coût du traitement à exécuter sur le matériau avant le recyclage.

Donc, la collecte sélective permet:

- d'économiser les matières premières
- de diminuer les coûts de la collecte et du traitement des déchets ménagers: la quantité de déchets est plus faible et la vente des matériaux permet de procurer des recettes intéressantes.

La collecte sélective permet de récupérer 5 à 30 % des ordures ménagères et peut avoir une incidence sur le traitement de celles-ci:

- sur la décharge, il y a une incidence favorable puisqu'on diminue la quantité de matières à épandre.
- sur le compostage, incidence favorable, car la quantité de matières non compostables décroît (plastique, verre ...).
- sur l'incinération au cas de la collecte sélective à haut pouvoir calorifique (papier, plastique) l'incidence peut être

défavorable, car il faut souvent avoir recours à un apport supplémentaire de combustible.

2.5. TRANSPORT DES DECHETS MENAGERS.

On étudiera les différents moyens d'exécuter la phase de la collecte que nous avons appelé "le transport", ainsi que le choix à effectuer en fonction des distances séparant les zones de collecte du point de destination finale des déchets.

Le plus souvent, les véhicules de collecte effectuent le transport des ordures jusqu'au lieu de traitement, système simple et économique, tant que les distances ne sont pas très élevées.

Malheureusement avec le développement urbain, il devient parfois difficile de trouver à proximité des zones de collecte, des terrains propices pour recevoir une usine de traitement de déchets.

2.5.1. DEFINITION DES RUPTURES DE CHARGE.

Lorsque sur le parcours d'un itinéraire de transport, on fait passer le contenu d'un véhicule, en l'occurrence un véhicule de collecte des déchets, dans un autre moyen de transport plus vaste en vue d'acheminer ce chargement vers sa destination dans des conditions plus efficaces ou plus économiques, on réalise ce que l'on appelle une rupture de charge.

2.5.2. STATION DE TRANSFERT

Suivant leur degré de sophistication, nous en distinguerons trois types:

* Station de transfert sans containers.

Les ordures déversées sur le sol à partir des véhicules à traction humaine ou animale, sont reprises à la pelle ou tracto-chargeur qui les transfère dans des camions à bennes.

** Station de transfert par containers ouverts:

Le poste consiste en une simple plate forme accessible par une rampe. Les véhicules de collecte déversant leurs contenus du haut de la plate-forme dans un container de capacité appropriée généralement entre 8 et 25 m³.

L'enlèvement des containers pleins s'effectue à l'aide des véhicules gros porteurs opérant à raison d'un véhicule pour 2 ou 3 containers.

*** Station de transfert avec compaction des déchets:

Dans une station à containers compacteurs qui reçoit et évacue après compaction les déchets acheminés sur elle des véhicules livrant généralement des petites quantités avec une fréquence élevée, l'équipement de base est un compacteur [6].

2.5.3. Station de transit:

Le but de ces stations est de rendre possible le transfert des déchets à longue distance dans des conditions de rentabilités acceptables. Ce sont des installations importantes pouvant traiter plusieurs centaines de tonnes d'ordures par jour.

Ces stations sont nécessaires dans le cas où la distance entre les zones de collecte et le lieu de destination finale soit importante pour d'autres raisons:

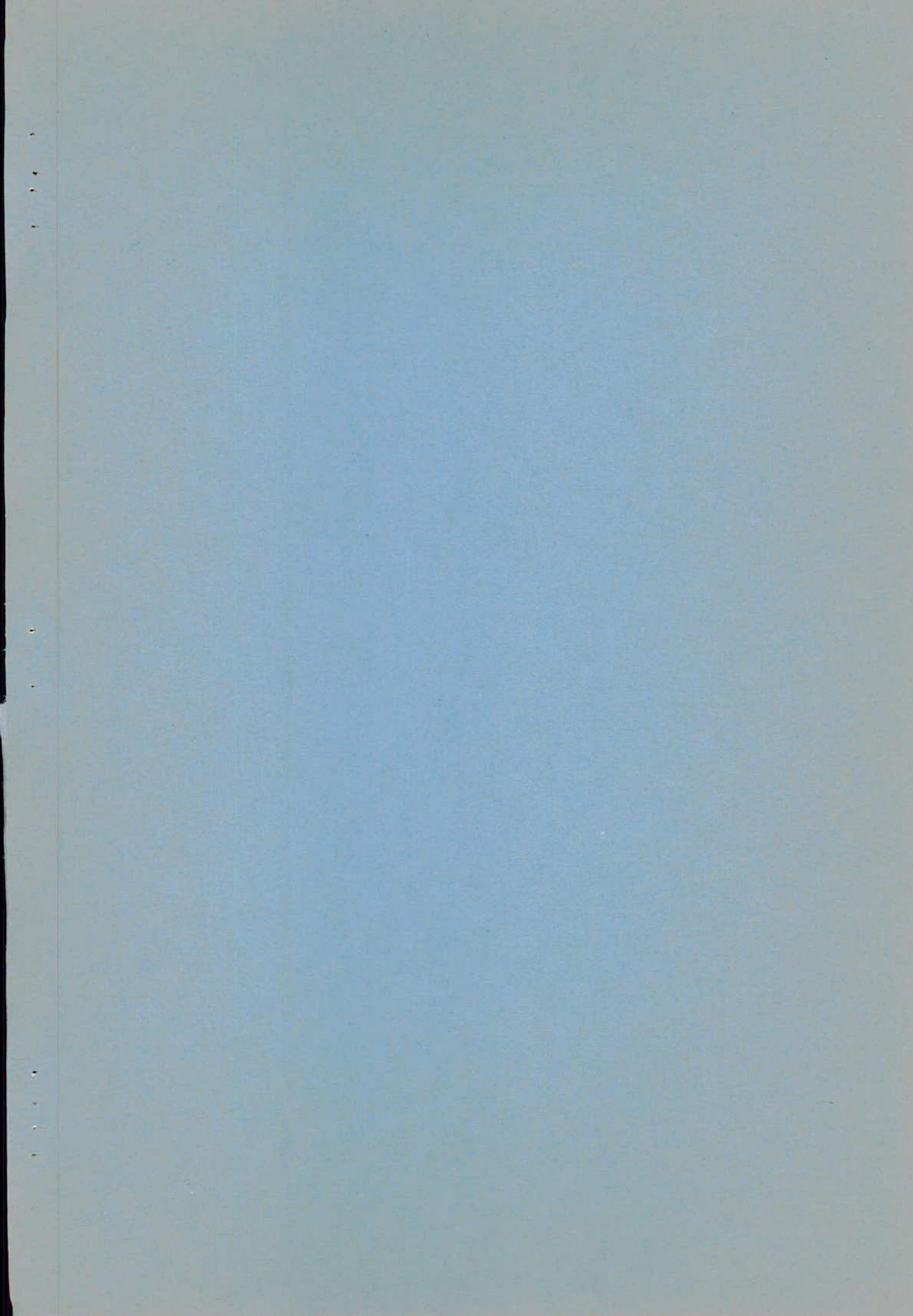
- intérêt d'exploiter une décharge située à grande distance pour récupérer un terrain inutilisé.
- intérêt d'envoyer les ordures dans une usine existante éloignée plutôt que de créer une nouvelle usine.

Avantages:

- Augmentations du nombres de tours
- Utilisation optimale du matériel de collecte.

Inconvénient:

- Coût de l'opération élevé [1].



CHAPITRE 3

DESTINATION FINALE DES ORDURES

MENAGERES

DESTRUCTION OU VALORISATION

Une fois les ordures collectées et transportées, il reste à les éliminer à des conditions techniques et économiques satisfaisantes.

Jusqu'à une époque relativement récente, la priorité était donnée plutôt à l'aspect protection de l'environnement tout en recherchant un prix de revient acceptable pour les finances de la collectivité locale concernée [1].

Trois grandes catégories de traitement s'offraient alors aux collectivités intéressées:

- la décharge contrôlée;
- le compostage;
- l'incinération.

3.1. DECHARGE CONTROLEE

3.1.1. GENERALITES SUR LA DECHARGE CONTROLEE

L'élimination des déchets ménagers pour la mise en décharge contrôlée est le procédé le plus simple et souvent le plus économique dans la mesure où les coûts d'approche sont limités.

Une grande partie des ordures est mise en décharge sans précaution spéciale et ce processus ne constitue pas, loin s'en faut, un procédé hygiénique d'évacuation. Il s'agit de la décharge brute qui est susceptible de provoquer de nombreuses nuisances et dont l'existence ne doit plus être tolérée.

3.1.2. PRINCIPE DE LA MISE EN DECHARGE CONTROLEE

Une décharge brute consiste à entasser les ordures dans un terrain et attendre leur dégradation naturelle.

Une décharge contrôlée consiste à régaler les ordures tous les jours ou les 2 jours à la niveleuse et à les recouvrir d'une couche de matériau (terre). La terre jouant le rôle d'écran vis à vis des insectes ou des rongeurs tout en permettant à la matière emprisonnée d'avoir l'air nécessaire à leur transformation.

3.1.3. LES DIFFERENTS TYPES D'EXPLOITATION DES DECHARGES CONTROLEES

On distingue 3 types de décharge contrôlée:

- la décharge contrôlée du type traditionnel;
- la décharge contrôlée compactée;
- la décharge contrôlée de déchets broyés.

3.1.3.1. DECHARGE CONTROLEE COMPACTEE

En raison de l'accroissement incessant des tonnages générés ainsi que de la présence d'emballages abondants, un tassement énergique est devenu nécessaire. Dans ce cas, les ordures ménagères sont constituées en couches d'une épaisseur de 0,80 m, laquelle après compaction, se trouve réduite à 0,40 m ou même à 0,30 m. Les couches compactées sont ensuite recouvertes d'une couche de matériau de couverture.

3.1.3.2. DECHARGE DE DECHETS BROYES

Cette méthode comprend les opérations suivantes:

- 1) Broyage des résidus urbains dans une station spéciale;
- 2) Transport des produits broyés au lieu de la décharge;
- 3) Mise en décharge des produits broyés.

Les ordures ménagères, préalablement broyées sont étalées sur le terrain en couches adjacentes ayant une épaisseur moyenne de 0,50 m, sans que cela nécessite un tassement [8].

3.1.4. ELIMINATION DU METHANE

La fermentation anaérobie des déchets ménagers se déroulant à l'intérieur des décharges compactées, s'accompagne d'un dégagement de gaz dont la composition comprend, suivant les cas, de 40 à 60 % de CH_4 , 30 à 50 % de CO_2 , le reste étant

constitué essentiellement de N et H₂S ainsi que le mercaptan d'hydrocarbures.

La proportion du méthane sera d'autant plus prépondérante que l'on favorisera la dégradation anaérobie, c'est à dire que l'on appliquera un compactage plus énergique.

En raison des risques d'explosion dus au méthane, on se contente d'enflammer les gaz à l'extrémité des torchères judicieusement disposées pour le drainage des gaz générés dans la masse, ceux-ci concerne donc l'élimination du gaz méthane CH₄ (c'est du dégazage) [6].

3.1.5. LE SITE DE DECHARGE

3.1.5.1. NATURE DES PRODUITS A ADMETTRE EN DECHARGE

En plus des ordures ménagères brutes, la décharge est susceptible de recevoir:

- les broyats qui sont générés par les usines de broyage ainsi que les refus.
- les refus des usines de compostage qui représentent près de 50 % du poids des ordures traitées.
- les mâchefers et cendres correspondant à environ 10 % du volume et à 25-30 % du poids des déchets incinérés.
- les déchets industriels banals (inertes): déchets volumineux ou encombrants d'origine commerciale ou artisanale.

3.1.5.2. CLASSIFICATION DES SITES

On définit 3 classes de sites:

Classe I:

Les sites imperméables qui assurent un confinement convenable des déchets et des lessivats et qui doivent en particulier pouvoir accueillir certains déchets spéciaux.

Classe II:

Les sites semi-perméables qui assurent une migration lente du lessivat à travers une zone non saturée, d'épaisseur suffisante et qui pourront recevoir des déchets industriels assimilables aux ordures ménagères.

Classe III:

Les sites perméables qui permettent une migration rapide du lessivat. De tels sites ne peuvent convenir que pour des déchets inertes et sont à proscrire pour les autres déchets [2].

3.2. RECUPERATION, RECYCLAGE ET VALORISATION

3.2.1. RECUPERATION: séparation d'un ou plusieurs composants d'un déchet à des fins de commercialisation ou de réutilisation. La vente des produits récupérés constitue le plus souvent l'objectif poursuivi par les entreprises de récupération.

3.2.2. RECYCLAGE: le recyclage consiste à utiliser les déchets d'un produit pour fabriquer le même produit.

3.2.3. VALORISATION: c'est l'opération qui consiste à créer des débouchés pour des articles récupérés soit en les recyclant, soit en leur faisant subir des transformations qui en feront un ou plusieurs produits commercialisables ayant des débouchés plus faciles. [10]

3.2.4. SUBSTANCES RECUPERABLES

Ce sont essentiellement:

- les métaux ferreux, non ferreux.
- les papiers et cartons.
- les textiles.
- le verre.
- le caoutchouc.

- les matières plastiques.
- le bois.

3.3. LE COMPOSTAGE

3.3.1. DEFINITION DU COMPOSTAGE

Le compostage est un processus biologique qui permet la transformation de substrats organiques en un produit humus. L'humus est un complexe constitué par la fraction organique du sol se présentant sous l'aspect de fines particules noirâtres. Le compostage peut être aérobie ou anaérobie. Dans le cas aérobie, il y a décomposition de substrats organiques par des bactéries aérobies.

Les produits essentiels du métabolisme biologique sont le gaz carbonique (CO_2), l'eau et la chaleur. Les températures peuvent atteindre $70^\circ C$ et le procédé se distingue par l'absence de fortes odeurs.

Dans le cas anaérobie, il y a décomposition de substrats organiques par des bactéries anaérobies. Les produits finaux sont le méthane, le gaz carbonique et différents intermédiaires tels que les acides organiques de faibles poids moléculaires [13].

3.3.2. LES PHASES DE FERMENTATIONS:

On peut distinguer plusieurs phases dans la fermentation:

1) Phase de latence:

Elle correspond au temps nécessaire à la colonisation du milieu par les micro-organismes (1 jour environ).

La température s'élève légèrement, elle résulte de l'activité respiratoire endogène des cellules vivantes présentes dans la masse.

2) Phase mésophile:

Elle est due à la multiplication de microbes mésophiles qui provoquent le début de la fermentation. Ces micro-organismes dégagent de la chaleur, la température du

mélange s'accroît fortement aux alentours de 40-50°C, les microbes mésophiles meurent (t° optimale d'activité: 30°C).

3) Phase thermophile:

Elle correspond à la période d'activité d'autres espèces bactériennes remplaçant les précédentes et continuant la dégradation et l'élévation de la température, il s'ensuit un dégagement de vapeur d'eau et CO₂.

A 60-70°C, les microbes thermophiles meurent (température optimale d'activité 50-55°C) ainsi que les germes pathogènes et parasites.

4) Phase de refroidissement ou de maturation:

C'est une phase durant laquelle le processus de compostage se poursuit au cours d'une longue période de mûrissement où l'on assiste à la disparition progressive des micro-organismes thermophiles au profit d'espèces plus communes et à l'apparition de nouvelles espèces mésophiles au fur et à mesure que la température décroît pour se stabiliser très lentement au niveau de la température ambiante: C'est là, la phase de mûrissement (ou de maturation) qui s'installe progressivement et se poursuit durant toute la période dite de " stockage ".

C'est la période d'humification, au cours de laquelle le compost, de plus en plus stabilisé, prend l'aspect et la consistance des terreaux [7].

Le résultat de la fermentation est important sous 2 aspects:

- En premier lieu, la consommation par les micro-organismes du carbone des ordures ménagères fraîches libèrent du CO₂ et l'augmentation de la température qui accompagne cette combustion provoque la vaporisation d'une grande quantité

d'eau, la diminution progressive de la teneur en carbone a pour conséquence la baisse du rapport C/N.

- En 2nd lieu, l'accroissement de la température dans la masse provoque l'éclosion des oeufs et facilite le développement des larves mais ces larves sont tuées par l'élévation continue de la température. L'accroissement de la température agit comme un mécanisme de pasteurisation par lequel les agents pathogènes sont détruits.

3.3.3. FACTEURS INFLUENCANT LA FERMENTATION DES DECHETS MENAGERS:

1) Le rapport C/N:

Les conditions biologiques favorables à la décomposition dépendent du rapport C/N. Le rapport théorique idéal est de 30, dans cette zone les micro-organismes trouvent exactement la proportion de carbone et d'azote nécessaire à leur croissance.

- Pour des rapports C/N > 30 le peu d'azote disponible freinera la croissance microbienne, le compost n'arrive pas à maturité.

- Pour des rapports C/N < 30, l'excédant d'azote sera perdu par volatilisation ou par percolation.

2) L'aération:

Dans le procédé classique, la fermentation se fait à l'air libre, le compost étant disposé sous forme de meules, ces tas sont aérés par retournement. L'aération est effectuée en silo par ventilation et brassage des déchets dans le cas du procédé artificiel.

3) L'humidité

La teneur optimale en eau est voisine de 50 à 60 %. En deça, la multiplication des micro-organismes ralentit, au delà la température monte plus lentement atteint difficilement 60°C et se maintient moins longtemps à ce

niveau, l'anaérobiose peut survenir, il faut alors aérer ce qui produit également une baisse du taux d'humidité.

4) pH

Les limites acceptables de pH sont comprises entre 5 et 7. Pendant la fermentation, le pH s'abaisse d'abord pendant les premiers jours pour remonter ensuite vers des valeurs neutres ou légèrement alcalines.

5) La température

La température doit pouvoir s'élever sans entrave dans toute la masse en fonction des mécanismes biologiques mis en oeuvre.

6) Les facteurs climatiques:

Ils peuvent avoir des conséquences très néfastes sur la bonne qualité du compostage.

7) Nature et granulométrie du substrat

L'air circule mieux dans une masse constituée de particules à granulométrie grossière. Un broyage et un criblage trop fin gêne la pénétration de l'air et exige une aération plus forte.

8) Les éléments minéraux:

Les déchets urbains apportent la quantité d'éléments minéraux dont les microorganismes ont besoin [8].

3.3.4. LES TECHNIQUES DE COMPOSTAGE

Les différents procédés de compostage peuvent être regroupés en 2 catégories:

- procédé de fermentation lente.
- procédé de fermentation accélérée.

i) Procédé de fermentation lente

Les déchets subissent une dégradation naturelle à l'air libre. Ils sont disposés en tas qui sont régulièrement retournés, après 3 mois environ, le compost atteindra sa maturité.

ii) Procédé de fermentation accélérée en silos:

La fermentation accélérée des déchets ménagers se produit en enceinte close. Il y a réduction du cycle de décomposition et accélération de la phase aérobie aboutissant à une autostérilisation du produit. La maîtrise de la fermentation est assurée par trois moyens principaux: l'eau, l'air, le brassage mécanique.

3.3.5. L'USINE DE COMPOSTAGE

3.3.5.1. CHOIX DU SITE D'UNE STATION DE COMPOSTAGE

Le choix d'implantation d'une station de compostage dépend des critères suivants:

i) Environnement

Le site d'implantation doit être éloigné le plus possible des zones urbaines.

ii) Orientation

Les bâtiments doivent être orientés tout en tenant compte de la direction des vents dominants.

iii) Accès

L'entrée doit être dégagée d'une route principale. L'accès doit être facile de telle sorte que le véhicule le plus encombrant puisse circuler librement.

3.3.5.2. DISPOSITION DES BATIMENTS ET LEURS FONCTIONS

i) Poste de contrôle et pont bascule

Ces ouvrages doivent se situer à l'entrée de l'usine de compostage.

ii) Fosses de réception:

Elles sont destinées à recevoir les ordures brutes déchargées par bennes. Cet ouvrage doit être surdimensionné afin d'assurer une collecte régulière

même en cas d'incident technique.

iii) Hall de production

D'une manière générale, le bâtiment doit être situé au centre de l'aire de l'usine et les ouvrages annexes à la périphérie. Dans le hall de production, on fait un triage avant broyage.

1 Triage avant broyage

Le triage de matériaux divers peut s'effectuer selon leur nature soit par enlèvement manuel, soit de préférence par séparation mécanique.

2. Broyage

Dans les résidus ménagers se trouvent réunis une grande variété de produits naturels ou synthétiques d'humidité très variable, de toutes duretés (mous, souples, pâteux). Le broyeur d'ordures doit donc être adapté autant qu'il se peut à des caractéristiques très étendues.

3. Triage après broyage

Un nouveau triage est indispensable après le broyage pour améliorer la granulométrie du compost en éliminant certains produits indésirables.

iv) Hangar de fermentation

Ce hangar doit être dimensionné en fonction de la capacité de production de l'unité. La fermentation se fait généralement à l'air libre, on retourne le produit grossier jusqu'à l'obtention d'un taux d'humidité inférieur à 50 %.

v) Aires de stockage: des aires de stockages doivent être dégagées pour les composts grossiers et fins [4].

3.3.6. ASPECTS HYGIENIQUES DU COMPOSTAGE:

Les déchets ménagers frais peuvent contenir des germes pathogènes, des parasites de l'homme, des animaux et

des végétaux. Le compost fabriqué doit en être exempt totalement. Les organismes pathogènes et parasites ne peuvent avoir qu'une existence accidentelle puisque les résidus d'hôpitaux sont normalement exclus des déchets urbains.

Durant la phase thermophile du compostage, la température qui peut atteindre 45°C à 70°C a un effet bactéricide important.

La résistance aux températures élevées des germes pathogènes que peuvent contenir les déchets urbains a été étudiée par de nombreux auteurs, leur conclusions ont été rassemblées par GOTAAS dans le tableau 2 ci après [6].

Tableau n° 2: Température et temps d'exposition nécessaires à la destruction de certains agents pathogènes et parasites courants

MICROORGANISMES	DESTRUCTION	
	T°C	Temps (min)
Salmonella thyphosa	55-60	30
Entamoeba hystolytica (Kystes)	45	qq. mn.
Trichinella spiralis (Larve)	55	rapidement
Brucella abortis	62,5	3
Micrococcus pyogènes	50	10
Mycobactérium tuberculosis	66	15-20
Tenia saginata	55	qq. sec.
Streptococcus pyogène	54	10
Corynebacterium diphteri	55	45
Ascaris Lumbricoïdes (oeufs)	50	60
E. Coli,	55	60

On peut admettre que des températures de 55°C - 60°C. durant 2 jours devraient suffire pour tuer la plupart des virus pathogènes, les bactéries, les protozoaires et les oeufs des vers parasites.

3.3.7. IMPORTANCE DU COMPOST DU POINT DE VUE AGRICOLE

Le rôle joué par le compost consiste à retenir au niveau de la zone racinière l'eau et les éléments fertilisants qu'elle tient en solution avec une meilleure utilisation des engrais minéraux. Les effets d'un compost sont durables et les améliorations apportées à un sol par l'application du compost se répercutent sur plusieurs années.

Le compost permet de conserver un certain degré d'humidité dans les sols sablonneux. Il améliore la structure des sols, empêche l'asphyxie des jeunes racines et facilite le travail mécanique.

3.4. INCINERATION

L'incinération est couramment pratiquée bien qu'elle soit plus exigeante des méthodes de traitement. C'est une oxydation de déchets à haute température. L'incinération permet de réduire fortement le volume et le poids des déchets ménagers en les transformant en gaz, en chaleur et en matériaux stériles et inertes: les cendres et les mâchefers.

Les réductions en volume et en poids peuvent respectivement atteindre 90% et 60% du volume et du poids initial des ordures. Les gaz formés contiennent l'air en excès, de la vapeur d'eau, CO₂, NO, des cendres volantes.

3.4.1. STRUCTURE D'UNE USINE D'INCINERATION

Les usines d'incinération des déchets se composent des éléments suivants:

- des installations pour la réception, le stockage des déchets.
- de la partie proprement dite de l'incinération.
- des installations pour le traitement des gaz de combustion et de leur évacuation.

- des installations pour l'enlèvement des mâchefers et de leur traitement.

- des installations pour l'utilisation de la chaleur produite au cours de l'incinération.

Les camions d'ordures sont enregistrés à l'arrivée et pesés; ils vident leur contenu dans la fosse à ordures qui doit pouvoir contenir les ordures de 4 à 5 jours.

De là, les ordures sont amenées dans le four grâce à des grues à griffons, les ordures brûlent grâce à un apport d'air et éventuellement d'un carburant supplémentaire.

Les gaz de combustion brûlants sont refroidis dans des échangeurs de chaleur ou dans des centrales à vapeur, puis filtrés, lavés et sont évacués par une cheminée.

3.4.2 DIFFERENTS STADES DE L'INCINERATION

L'incinération se déroule selon les phases suivantes:

- la phase de vaporisation de l'eau

- la phase d'inflammation et de combustion: après dessiccation,

les matières volatiles distillent et s'enflamment, suivant leur nature entre 250 et 600°C.

- la phase de fin de combustion: elle correspond à la formation de cendres et mâchefers à partir des substances inertes imbrûlées (ferrailles, verre).

3.4.3 APTITUDES DES ORDURES MENAGERES A L'INCINERATION

On peut considérer comme fiable l'application du diagramme de Tanner. Les plages du triangle représentatives des ordures ménagères aptes à l'incinération se situent à l'intérieur du pentagone délimité par les traits gras.

3.4.4 PROCEDES D'INCINERATION

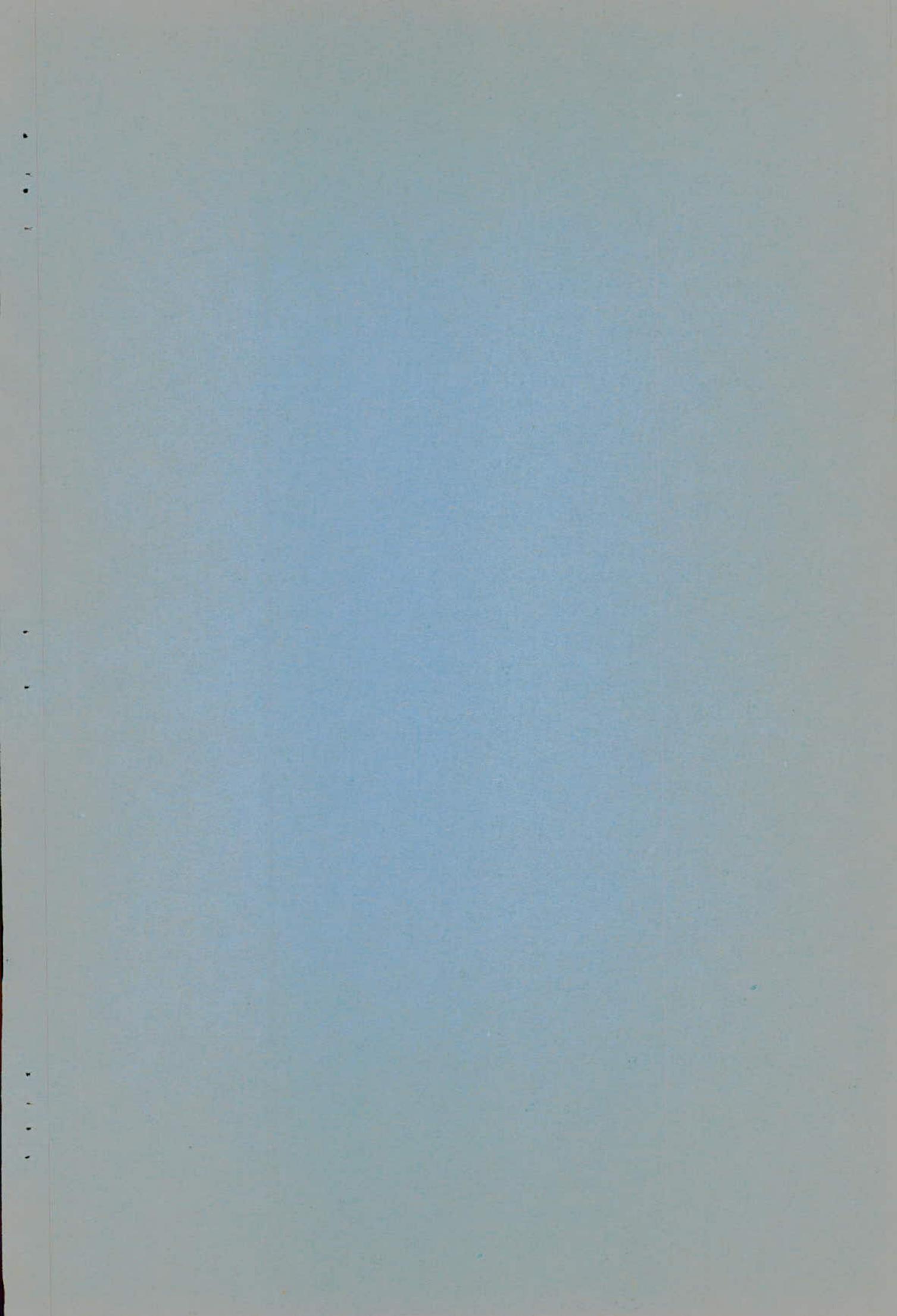
3.4.4.1 INCINERATION AIR

3.4.4.2 INCINERATION OXYGENE

Elle est effectuée en présence d'oxygène au lieu de l'air. Il en résulte que les gaz formés contiennent seulement de la vapeur d'eau, des huiles et des cendres volantes.

3.4.4.3 INCINERATION-PYROLYSE

Elle est effectuée avec un déficit d'air, donc dans des conditions intermédiaires entre celle de l'incinération conventionnelle et celle de la pyrolyse proprement dite (traitement physique en absence d'air)



CHAPITRE 4
CARACTERISTIQUES DES DECHETS
MENAGERS
DE LA VILLE D'ALGER ET LEURS
INTERPRETATIONS

4.1 CARACTERISTIQUES DES DECHETS MENAGERS

A l'entrée de la décharge d'OUED SMAR, où se fait le contrôle des véhicules de collecte, on prélève 1 à 2 sacs sur plusieurs véhicules de collecte venant d'une des 2 zones que nous avons choisi (zone I: BIR MOURAD RAIS, zone II: HUSSEIN DEY). L'opération de l'échantillonnage, la mesure de la densité et la classification, sont effectués au niveau des ateliers de la décharge .La méthode utilisée est celle des quarts (1.4.3.1).

4.1.1. DENSITE: Le matériel utilisé se compose des éléments suivants:

- BASCULE
- FUT METALLIQUE
- PELLES
- FOURCHES

Les ordures sont pesées sans tassement dans un récipient de volume connu.

TABLEAU 3: Mesure de la densité

ZONE	BIR MOURAD RAIS	HUSSEIN DEY	VILLE D'ALGER
densité(kg/l)	0,28	0,21	0,25

4.1.2 L'HUMIDITE

Un échantillon choisi est séché dans une étuve à 105°C jusqu'à poids constant.

$$\text{HUMIDITE \%} = \frac{\text{Poids avant séchage} - \text{poids après séchage}}{\text{Poids avant séchage}}$$

Tableau 4: Mesure de l'humidité

	Poids avant séchage (kg)	Poids après séchage (kg)	Taux d'humidité %
Zone I Bir Mourad Rais	1	0,36	,64
Zone II Hussein Dey	0,94	0,30	68

Donc le taux d'humidité des déchets urbains en ces deux zones varie de 64 à 68%

4.1.3 CENDRES ET MATIERES. VOLATILES:

La calcination à 55°C pendant 2^h de notre échantillon, laisse donc un résidu appelé "cendre". La valeur de la matière volatile correspond à la différence entre la masse de cet échantillon avant calcination et celle des cendres résiduelles.

$$\% \text{ Mat. volatiles} = \frac{\text{Poids initial} - \text{Poids final de l'échantillon}}{\text{Poids initial de l'échantillon}}$$

$$\% \text{ Cendres} = 100 - \text{Matières volatiles} \%$$

Tableau 5: Mesure des cendres et matières volatiles

ZONE	N° essai	Poids init. échantillon	Poids final échantillon	Mat.vol %	Cendres %
BIR MOURAD RAIS	1	8,35 g	1,43 g	82,87	17,13
	2	6,10 g	0,80 g	86,88	13,12
H.DEY	1	6,65 g	0,57 g	91,42	8,58
	2	7,33 g	0,71 g	90,42	9,69

Tableau 6

ZONE	Moyenne matières volat. %	Moyenne cendres %	VILLE D'ALGER	
			M.Volatiles%	Cendres %
BIR MOURADRAIS	84,84	15,13	87,86	12,14
HUSSEIN DEY	90,86	9,14		

4.1.4 RAPPORT C/N

- Mesure du pourcentage du carbone par la méthode d'ANNE, (annexe)

La mesure du pourcentage du carbone se fait sur des ordures séchées, broyées.

Tableau 7

N° essai	ZONE I (% C) BIR MOURAD RAIS	ZONE II (% C) HUSSEIN DEY
1	58,11	55,38
2	59,28	54,63
Moyenne	58,70	55,01
% en C (ALGER)	56,86	

- Mesure du pourcentage de l'azote par la méthode KJELDAHL (annexe)

De même, la mesure du pourcentage de l'azote se fait sur des ordures séchées broyées.

Tableau 8

N° essai	ZONE I (% N) BIR MOURAD RAIS	ZONE II (% N) HUSSEIN DEY
1	1,20	1,37
2	1,40	1,29
Moyenne	1,30	1,33
% en C (ALGER)	1,32	

Donc le rapport C/N des déchets ménagers de la ville d'ALGER est égal à:

$$C/N = 56,85 / 1,315 = 43$$

$$C/N = 43$$

4.1.5 LA CLASSIFICATION

Après déchargement des sacs d'une zone, ces derniers sont pesés puis vidés sur la surfaces des toiles.

Les différents constituants sont séparés et mis dans des sacs en plastique.

Ces derniers sont ensuite pesés séparément.

ZONE I: BIR MOURAD RAIS

Tableau 9

MATIERES	Poids (kg)	Poids en %
Matières Organiques	31,6	81,02
Matières Plastiques	1,5	3,85
Papier, carton	4,0	10,26
Textile, cuir	0,7	1,80
Bois	0,5	1,30
Métaux	0,4	1,00
Inertes	0,3	0,77
TOTAL	39,0	100,00

ZONE II: HUSSEIN DEY

Tableau 10

MATIERES	Poids (kg)	Poids en %
Matières Organiques	25,9	78,50
Matières Plastiques	1,1	3,30
Papier, carton	5,0	15,15
Textile, cuir	0,2	0,60
Bois	0,1	0,30
Métaux	0,5	1,52
Inertes	0,2	0,63
TOTAL	33,0	100,00

VILLE D'ALGER

Tableau 11: Classification des déchets de la ville d'ALGER

MATIERES	Poids (kg)	Poids en %
Matières Organiques	28,75	79,86
Matières Plastiques	1,30	3,61
Papier, carton	4,50	12,50
Textile, cuir	0,45	1,25
Bois	0,30	0,83
Métaux	0,45	1,25
Inertes	0,25	0,70
TOTAL	36,00	100,00

Le pourcentage en poids des papiers cartons dans les déchets urbains des zones que nous avons étudiées, justifie largement la récupération de ces derniers et leurs réutilisations dans la pâte à papier (SONIC).

4.1.6 POUVOIR CALORIFIQUE

Comme la méthode directe n'a pas pu être réalisée (problème de matériel), nous avons appliqué la méthode indirecte pour le calcul du pouvoir calorifique inférieur; voir (1.4.3.2. ii). Cette méthode est basée sur la connaissance des PCS des composés ainsi que les proportions respectives de ces dernières dans l'échantillon.

TABEAU 12: MESURE DU POUVOIR CALORIFIQUE SUPERIEUR

Composition	PCS de dérivés mth/kg	% de dérivé de chaque composition	PCS de chaque composé $\frac{g}{kg}$	% de composé	PCS total mth/kg de déchet
<u>MATIERES ORGANIQUES</u>					
Déchets végétaux	997	50 %	498,5	79,86	835,5
Peaux & pépins, agrumes	948	30 %	284,4		
Résidus alim. mélangés	1317	20 %	263,4		
			=1046,3		
<u>PAPIER ET DERIVES</u>					
Journaux	4430	20 %	886	12,5	496,58
Papiers mélangés	3778	50 %	1889		
Boites carton	3913	10 %	391,3		
Embal. denrées alim.	4032	20 %	806,4		
			=3972,7		
<u>MATIERE PLASTIQUE</u>					
Plastiques mélangés	7833	-	7883	3,61	282,77
Textiles	4464	-	4464	1,25	55,8
<u>BOIS</u>					
Branches vertes	1168	10 %	116,8	0,83	28,9
Résidus de bois dur	3572	60 %	2143,2		
Bois de meubles	4083	30 %	1224,9		
			= 3484,9		
TOTAL					1700

TABLEAU 13: MESURE EN POURCENTAGE DE L'HYDROGENE EMPIRIQUE

Composition	hydrogène % de dérivés	% de dérivé de chaque composition	Hydrogène de chaque composition	% de compo- sition	Hydrogène Total %
<u>MATIERES ORGANIQUES</u>					
Déchets végétaux	6,62	50 %	3,31	79,86	5,02
Peaux & pépins, agrumes	5,68	30 %	1,70		
Résidus alim. mélangés	6,43	20 %	1,28		
			= 6,29		
<u>PAPIER ET DERIVES</u>					
Journaux	6,1	20 %	1,22	12,5	496,58
Papiers mélangés	5,82	50 %	2,91		
Boîtes carton	5,7	10 %	0,57		
Embal. denrées alim.	6,1	20 %	1,22		
			= 5,92		
<u>MATIERE PLASTIQUE</u>					
Plastiques mélangés	7,2	-	7,2	3,61	0,25
Textiles	6,41	-	6,41	1,25	0,08
<u>BOIS</u>					
Branches vertes	6,4	10 %	0,64	0,83	0,05
Résidus de bois dur	6,1	60 %	3,66		
Bois de meubles	6,1	30 %	1,83		
			= 6,13		
TOTAL					6,14 %

Pour chercher la valeur de PCI : (méthode indirecte) nous appliquons la formule suivante:

$$PCI = PCS - 6 (E + 9 H)$$

A.N : PCS = 1700 , E = 66 % , H = 6,14 %

$$PCI = 1700 - 6 (66 - 9 . 6,14)$$

PCI = 972,44 mth/kg

4.2 INTERPRETATION DES RESULTATS DES CARACTERISTIQUES

4.2.1 LA DENSITE: nous avons trouvé $d = 0,25$ kg/l.

Si nous essayons d'analyser les résultats obtenus sur les 14 APC D'ALGERIE en 1983 (TABLEAU:14), où la densité moyenne = 0,38 kg/l,

nous constatons que notre valeur de la densité, est relativement faible; cela est dû à l'évolution de la composition de ces déchets qui sont de plus en plus riches en papiers, cartons et matières plastiques.

Nous en déduisons que l'unité de masse occupera un volume de plus en plus grand; cela se répercutera sur les moyens de collecte (augmentation du nombre de camions).

4.2.2 L'HUMIDITE: Le taux d'humidité de 66 %, est d'autant plus élevé que les ordures sont plus riches en matières organiques [6] .

Les ordures ménagères lorsqu'elles contiennent plus de 50 % d'humidité, elles sont réellement impropres à l'incinération [6].

4.2.3 POUVOIR CALORIFIQUE

Si l'on compare la valeur trouvée du PCI=972,44 mth/kg avec celle de l'Europe de l'Ouest PCI=1810 mth/kg, on constate que nos ordures ont un PCI très faible.

Tableau No14

Résultats % du tri des ordures ménagères de 14 villes d'Algérie

Synthèse des données recueillies durant la mission d'études
fin Janvier à début Juin 1983

Composition des déchets - Analyses sur une (1) journée

Communes	Mat. orga-nique	Papier carton	Plas-tiques	Métaux	Chif-fons	Verres	Cuir	Bois	Pierre	Os & Déchets animaux	Pines	Tonnage col-lecté	Densité en pou-belles	Kilos/ /hab.
Blida	80	7,45	3,1	4,9	2,2	0,6	0,6	0,4	0,3	-	-	70	0,35	0,39
Mascara	75,6	11,4	2,7	2,4	3,3	1,3	0,6	-	2,00	0,2	-	35	0,427	0,470
Chlef	85,7	7,4	2,1	1,6	1,6	0,5	-	-	-	-	-	40	0,45	0,440
Annaba	85	7,5	1,9	3	1	0,1	0,3	-	0,2	1	-	175	0,41	0,390
Tebessa	67,4	9,2	2,5	4,4	2,3	1,4	2,1	0,4	6,6	3,7	-	50	0,33	0,500
Skikda	73,8	9,1	2,1	3,3	1,5	1,2	1,5	-	-	6,6	0,9	50	0,4	0,370
Batna	77,1	7,00	2,77	4,08	2,75	1,5	0,5	0,2	0,3	3,8	-	60	0,385	0,350
Tlemcen	69,8	16,72	2,9	2,5	3	1,4	1	0,2	1,4	0,2	-	55	0,35	0,350
Mostaganem	78,02	12,64	2,75	2,2	3,9	1,1	-	-	-	-	-	79	-	0,464
Sidi-bel-Abbès	86,64	3,74	3,27	2,9	1,34	0,67	-	7,40	-	-	-	87	-	0,483
Bejaia	70,54	12,93	2,42	3,84	1,37	1,62	-	2,83	-	4,45	-	70	-	0,641
Djelfa	71,86	8,44	2,25	1,9	0,37	2,06	-	0,37	8,25	4,50	-	38	-	0,542
Tizi-Ouzou	89,63	5,51	2,33	1,79	0,25	0,34	-	0,15	-	-	-	47	-	0,474
Médea	81,66	9,17	3,49	0,87	3,49	0,44	-	0,44	-	0,44	-	60	-	0,670
Moyenne	77,26	9,82	2,6	2,80	2,02	1,01	-	1,34	1,6	-	1,6	-	0,387	0,46

Source : L'expert de l'OMS chargé du projet ALG/RUD 002 (ALG/80/009)

TABLEAU 15

	Europe de l'Ouest*	BLIDA **	ALGER
PCS en mth/kg	2160	1380	1700
PCI en mth/kg	1810	900	972,44

* les résultats moyens pour l'Europe de l'Ouest sont ceux communiqués par l'OMS.

** les résultats trouvés par le laboratoire du Génie de l'environnement de l'Ecole polytechnique de Lausanne, Suisse, à partir des ordures ménagères de la ville de Blida (1979) [7].

Lorsque le PCI < 1500 mth/kg, l'incinération n'est pas recommandable. [6].

On pourra en déduire que l'incinération des déchets ménagers de la ville d'ALGER n'est pas recommandée surtout si on veut récupérer de l'énergie.

4.2.4 CLASSIFICATION:

La connaissance de la composition des déchets est nécessaire lors du choix de variante de traitement (décharge, compostage, incinération, recyclage).

A noter que le climat et la saison influent sur la composition des ordures ménagères [1].

Cela explique bien la forte proportion de matières organiques trouvées le jour de la classification qui a été faite en plein de mois de Ramadhan.

Les résultats du tri montrent une augmentation en papiers cartons et en plastiques comparée avec les résultats du tri sur les 14 villes d'ALGERIE (tableau 14) cela montre une utilisation plus grande des emballages en matière de papier carton, plastique.

4.2.5 CENDRES ET MATIERES VOLATILES

On distingue un fort pourcentage en matières volatiles (87,86%)



Zone d'auto-combustion

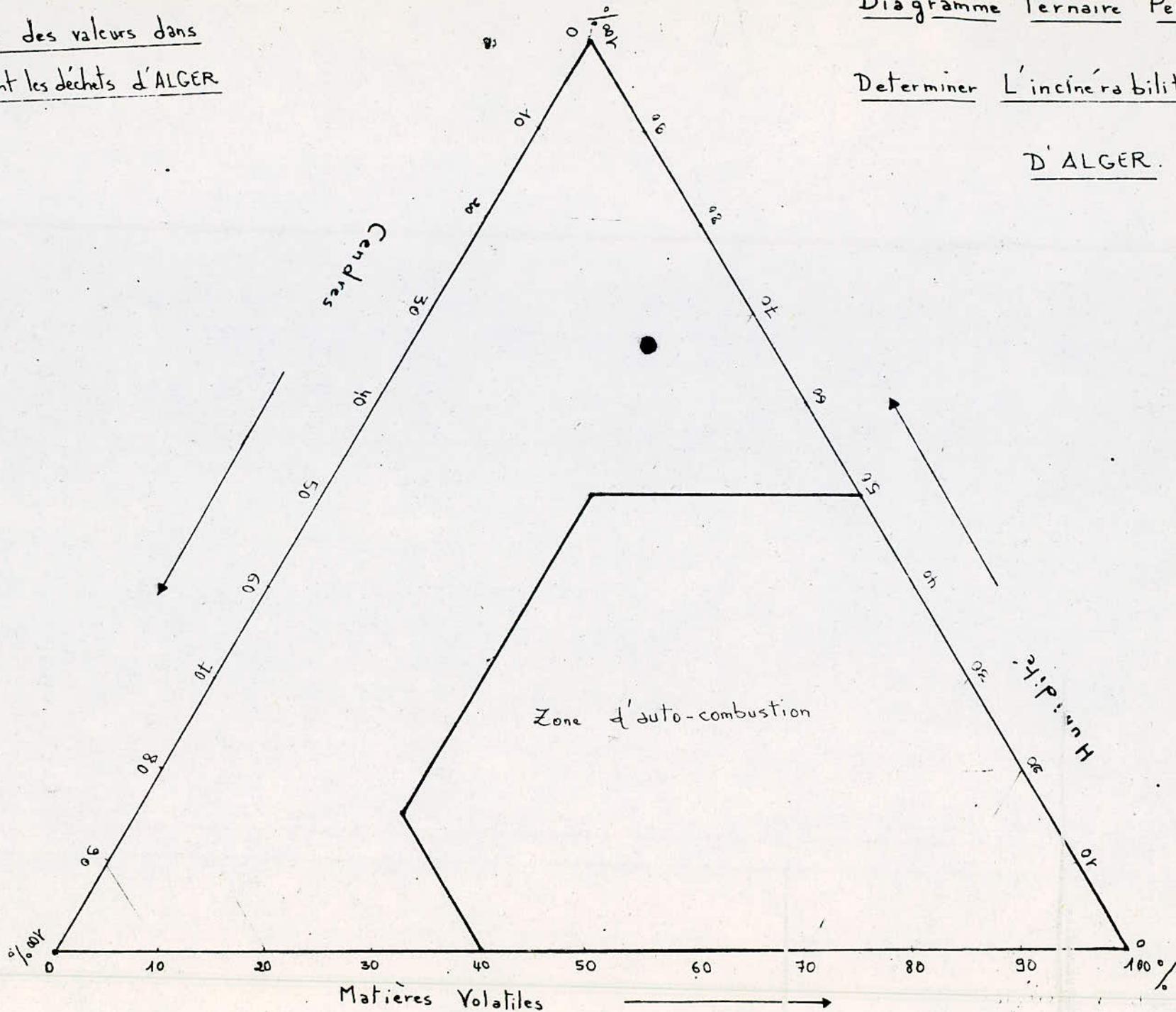
Zone des valeurs dans

laquelle se trouvent les déchets d'ALGER.

Diagramme Ternaire Permettant De

Determiner L'incinérabilité Des Déchets

D'ALGER.



Les teneurs en cendres et en matières volatiles permettent avec la teneur en eau de déterminer l'incinérabilité des déchets ménagers à l'aide du diagramme ternaire.

Ce diagramme montre que nos ordures ménagères se situent en dehors de la zone d'autocombustion ce qui confirme bien qu'elles ne sont pas incinérables.

4.2.6 RAPPORT C/N:

Nous avons obtenu un rapport C/N = 43 relativement élevé par rapport au rapport théorique idéal C/N = 30. en effet, les déchets sont très riches en carbone, leur rapport C/N est largement supérieur à 30. [8]

Au fait, le rapport C/N n'est rien d'autre que le rapport matières facilement utilisables par les micro-organismes comme source d'énergie aux matières pouvant fournir l'azote nécessaire à ces mêmes micro-organismes pour la construction de leurs protéines.

L'obtention du rapport C/N = 43 est dû au fait que nos ordures ménagères de départ sont riches en matériaux carbonés tels que papiers, cartons, matières plastiques. A noter que le danger représenté par un C/N élevé dans ce cas est moindre. En fin de compte, la courbe de décroissance du rapport C/N au cours du compostage est un meilleur indice de la maturité d'un compost que la seule valeur finale de ce rapport.

Dans notre cas, pour que le compost arrive à sa maturité, on doit augmenter le temps de maturation du compost.

4.3 COMPARAISON DES CARACTERISTIQUES DES DECHETS MENAGERS DE LA VILLE D'ALGER AVEC CELLES DE PARIS

TABLEAU 16

	PARIS	ALGER
<u>Paramètres de base:</u>		
kilos/hab/jour	1,2	0,7
densité (kg/l)	0,1	0,25
humidité %	31	66
PCI (mth/kg)	2000	972
C/N	ne	43
<u>Résultats du tri %</u>		
Fines	15,7	ne
Matières organiques	15,4	79,86
Papier, carton	35,3	12,5
Textile	4,9	1,25
Plastiques	6,9	3,61
Caoutchouc, bois	3,6	0,83
Inertes	1,7	0,69
Verre porcelaine	11,7	ne
Métaux	4,8	1,25

En considérant les résultats de ces analyses, nous remarquons que les déchets des ménages pour la ville d'ALGER contiennent 2 fois plus d'eau que ceux de PARIS.

En effet, les ordures ménagères de la ville d'ALGER présentent un fort pourcentage d'humidité de 66% avec une forte proportion de matières organiques (79,86 %) et un PCI de 972 mth/kg. Cela confirme que les compositions de ces déchets sont différentes. Le mode d'élimination ou de valorisation dépendra des caractéristiques des déchets et des conditions socio-économiques.

La composition des déchets de la ville de Paris ainsi que les besoins d'énergie de ce pays constitue des éléments en faveur de l'incinération.

Les conditions Algériennes nécessitent plutôt le traitement par compostage avec la décharge contrôlée.

4.4 AUTRES PARAMETRES

Puisque nous avons recommandé le compostage comme traitement

adéquat pour les ordures ménagères de la ville d'ALGER, il serait alors intéressant de connaître les paramètres agronomiques afin que, plus tard, le compost soit épandu dans des conditions d'une bonne pratique agricole et que l'utilisation de ce dernier ne présente pas de risques pour l'homme et l'environnement.

Pour cela, nous avons choisi d'effectuer les analyses suivantes sur les ordures ménagères.

4.4.1 DOSAGE DU POTASSIUM, CALCIUM, MAGNESIUM par la méthode de spectrophotométrie d'absorption atomique.

TABLEAU 17

Elements en pourcentage du produit sec	Déchets ménagers de la ville d'ALGER
- Magnésium	0,95
- Calcium	3,55
- Potassium	0,44

TABLEAU 18

Elements en pourcentage du produit sec	Fumier de ferme
- Magnésium	0,7
- Calcium	2,6
- Potassium	1,4

TABLEAU D'APRES MELUN ET DE JUSTE (1977) [23]

D'après les résultats de ces analyses, nous remarquons que les déchets des ménages de la ville d'ALGER possèdent une valeur agronomique proche de celle du fumier de ferme. En effet, le rôle joué par le calcium dans les sols acides ainsi que l'apport de magnésium indispensable au développement des plantes, sont importants.

4.4.2 LES METAUX LOURDS

Certains de ces métaux sont nécessaires à la production végétale jusqu'à certain seuil et toxiques au delà: ce sont

les métaux (zinc, cuivre, manganèse, bore, molybdène, cobalt, sélénium). D'autres (plomb, mercure, nickel, cadmium) ne sont pas utiles à la production végétale et au delà d'un certain seuil peuvent contaminer le sol et les produits végétaux [23]

La réglementation actuelle, en matière de métaux repose sur l'existence de la norme AFNOR U44-041, qui définit les teneurs maximales en éléments métalliques admissibles dans les amendements organiques du sol.

MESURE DES TENEURS EN METAUX LOURDS par la méthode spectrophotométrie d'absorption atomique.

TABLEAU 19

ELEMENTS	Teneur trouvée en mg/kg déchets d'ALGER	Teneurs limites (mg/kg) NORME AFNOR(444-041/1975)
Plomb	118	300
Zinc	91	3000
Cuivre	31,3	1500
Manganèse	271,4	500
Fer	5800	

Il en résulte que pour les déchets ménagers d'ALGER, toutes les concentrations en métaux lourds analysés n'atteignent pas les limites fixées, citées ci-dessus.

4.4.3 pH

Le pH trouvé est de l'ordre de 6,2, les valeurs limites inférieure et supérieure du pH généralement admises pour la mise en décharge sont comprises entre 5,5 et 8,5 [6].

Il en découle que les ordures ménagères de la ville d'ALGER sont aptes aussi bien à la mise en décharge que pour le traitement par compostage.

TABLEAU 20

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	pH	teneur en eau %	mat. sèche %	mat. vol.%	cendres %	C %	N %	Rapport C/N
ALGER	6,2	66	34	87,86	12,14	56,85	1,32	43

RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES
DES DECHETS D'ALGER

CHAPITRE 5

SITUATION ACTUELLE DE LA
COLLECTE DECHARGE
COMPOSTAGE ET INCINERATION DE
LA VILLE D'ALGER

5. LA VILLE D'ALGER

5.1. CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA VILLE

La Wilaya d'ALGER regroupe 6 dairates avec 33 communes au total. On a:

Daira de BAB EL OUED (6 communes)

Daira de BIR MOURAD RAIS (8 communes)

Daira de SIDI M'HAMED (5 communes)

Daira d' HUSSEIN DEY (5 communes)

Daira d' EL HARRACH (5 communes)

Daira de DAR EL BEIDA (4 communes).

Au cours des deux dernières décennies, la capitale a connu un accroissement démographique spectaculaire. Entre 1966-1977 le taux d'accroissement annuel était de l'ordre de 3,2 %, entre 1977-1987, ce dernier a baissé, il est de l'ordre de 2% [source WILAYA]

TABLEAU 21

DAIRA	POPULATION AU 31/12/88 (Estimation par la Wilaya d'ALGER)
SIDI M'HAMED	377706
BAB EL OUED	306335
BIR MOURAD RAIS	285832
HUSSEIN DEY	321565
EL HARRACH	289186
DAR EL BEIDA	167041
TOTAUX	1747665

Pour trouver la quantité de déchets ménagers produite par habitant, on doit diviser les tonnages collectés par le nombre d'habitants; tonnages collectés par jour=1234 tonnes/jour
Dotation= $\frac{1234 \cdot 10^3}{1747665} = 0,7 \text{ kg/hab/j. (voir tableau 13)}$

5.2. LA COLLECTE A ALGER DES DECHETS MENAGERS

La collecte des déchets ménagers est assurée quotidiennement par le service de nettoyage du conseil populaire de la ville d'ALGER qui couvre actuellement 28 communes.

Parmi ces dernières on trouve:

- 15 communes intra-muros (des communes relevant administrativement du conseil populaire de la ville d'ALGER) qui sont:

- | | |
|----------------|----------------|
| - BAB EL OUED | - ALGER CENTRE |
| - CASBAH | - HAMMA ANASER |
| - BOLOGHINE | - EL MOURADIA |
| - HAMMAMET | - EL BIAR |
| - RAIS HAMIDOU | - HYDRA |
| - OUED KORICHE | - HUSSEIN DEY |
| - SIDI M'HAMED | - KOUBA |
| - EL MADANIA | |

- 13 communes extra-muros (des communes se situant à la périphérie et à la banlieue de la ville d'ALGER) qui sont:

- | | |
|-------------------|----------------------|
| - BIR MOURAD RAIS | - GUE DE CONSTANTINE |
| - DELLY BRAHIM | - MEGHARIA |
| - BOUZAREAH | - EUCALYPTUS |
| - BEN AKNOUN | - BOUROUBA |
| - BIRKHADEM | - BAB EZZOUAR |
| - BENI MESSOUS | - BACHDJERAH |

Les 5 autres communes de la Wilaya d'ALGER assurent elles-mêmes la collecte qui sont:

- | | |
|--------------|-------------------|
| - EL HARRACH | - DAR EL BEIDA |
| - BARAKI | - BORDJ EL KIFFAN |
| - OUED SMAR | |

5.2.1. MODE DE PRECOLLECTE

La précollecte se fait à 70 % environ dans des sacs perdus en matière plastique, les 30 % restant sont collectés dans des récipients divers: poubelles, bacs, conteneurs..

La collecte par sacs perdus présente des avantages mais aussi des inconvénients.

Avantages:

- Système parfaitement hygiénique.
- Rapidité d'enlèvement.
- En cas d'arrêt provisoire de la collecte, les sacs peuvent être stockés sans grand inconvénient.

Inconvénients:

- Déchirure par les objets tranchants.
- Rupture du stock au niveau du circuit de commercialisation perturbant les habitudes et fait que les ordures sont jetées à même le sol.
- Cherté relative des sacs de plastique dont les prix varient entre 1,50 DA et 2,50 DA en fonction de la contenance, ce qui décourage les citoyens.

5.2.2. MOYENS DE COLLECTE MIS EN SERVICE

QUOTIDIENNEMENT

Moyens roulants: 250 véhicules (tous types confondus)

Moyens humains : 2500 agents sur un total de 3100 (collecte et balayage)

5.2.3. TONNAGE MOYEN DES ORDURES MENAGERES

1400 à 1800 T/j pour les 28 communes (y compris les balayures et déchets urbains assimilés aux ordures ménagères).

5.2.4. TRANSPORT DES ORDURES VERS LA DECHARGE

Le transport des ordures se fait sur différents types de camions.

TABLEAU 22

TYPE DE CAMION	CAPACITE (T)	NOMBRE
Bennes tasseuses 12 m ³	7	50
Bennes tasseuses 16 m ³	9,5	30
Camion K120	5	17
Camion à volets	3,5	25
Multibenne (transport de bacs)	1	04
Camion à benne entrepreneur (Trémie CASBAH)	19	02

* Cas de la CASBAH

La collecte se fait à dos de mulets vers la trémie servant de poste de relais.

Le poste de transfert de la CASBAH est en très mauvais état et ce, à cause de la défection du système mécanique.

5.2.5. COLLECTE DES ORDURES D'ORIGINE COMMERCIALE ET ARTISANALE

Les déchets sont collectés en *même* temps que les ordures ménagères (papier d'emballage, chute de cuir...etc) ceci concerne bien sûr les petits établissements publics et privés; quant aux fabricants et autres établissements publics et privés qui produisent une importante quantité de déchets, ils assurent eux même le transport vers la décharge. Les droits de mise en décharge sont versés au CPVA à raison de 400 DA/an et par établissement.

5.2.6. COLLECTE DES ORDURES DES HOPITAUX

Les ordures, autres que les déchets dangereux, sont collectées au même titre que les ordures ménagères; les pansements souillés, seringues, médicaments et autres déchets contaminés sont incinérés au niveau de l'hôpital équipé d'incinérateur, le cas des hôpitaux de MUSTAPHA, BENI MESSOUS, AIN NADJA, où la collecte des déchets des salles de soin et d'opération se fait dans des sacs de couleur rouge puis destinés vers l'incinérateur, alors que la collecte des résidus des cuisines et des repas se fait dans des sacs noirs lesquels sont éliminés comme les ordures ménagères. Il est regrettable de constater que les autres centres hospitaliers ne respectent pas ces mesures, ce qui constitue un danger pour le personnel de la collecte et un risque de contamination au niveau de la décharge.

5.2.7. TONNAGES COLLECTES DES DECHETS MENAGERS DE LA VILLE D'ALGER

TABLEAU 23

COMMUNES (par Daira)	TONNAGE T/jour	COLLECTE de nuit %	COLLECTE de jour %	COLLECTE ASSUREE PAR
BAB EL OUED	77	80	20	CPVA
Casbah	44	80	20	CPVA
Bologhine	29	90	10	CPVA
Hammamet	09	90	10	CPVA
Rais Hammidou	16	90	10	CPVA
Oued Koriche	41	50	50	CPVA
SIDI M'HAMED	77	90	10	CPVA
El Madania	41		100	CPVA
Alger Centre	78	90	10	CPVA
Hamma Anasser	48	80	20	CPVA
El Mouradia	22		100	CPVA
BIR MOURAD RAIS	28		100	CPVA
Delly Brahim	16		100	CPVA
Bouzaréah	43		100	CPVA
El Biar	42	60	40	CPVA
Ben Aknoun	12		100	CPVA
Birkhadem	28		100	CPVA
Hydra	25	50	50	CPVA
Beni Messous	08		100	CPVA
HUSSEIN DEY	40	80	20	CPVA
Kouba	63	80	20	CPVA
Bachdjarah	77		100	CPVA
Gué de Const.	26		100	CPVA
Megharia	22		100	CPVA
EL HARRACH	35		100	APC
Baraki	50		100	APC
Eucalyptus	44		100	CPVA
Oued Smar	12		100	APC
Bourouba	63		100	CPVA
DAR EL BEIDA	13		100	APC
Mohammadia	22		100	CPVA
Bab Ezzouar	39		100	CPVA
Bordj El Kiffan	44		100	APC
TOTAL	1234			

5.2.8. ORGANISATION DU SERVICE DE COLLECTE

Le service de nettoyage a pour mission essentielle:

- le maintien en état de propreté constante de la ville d'ALGER et d'assurer également l'enlèvement et la collecte des ordures ménagères sur la voie publique.

5.2.8.1. LE PERSONNEL

Le service de nettoyage comprend:

- le personnel administratif = 34
- le personnel d'encadrement = 317
- le personnel (balayeurs et éboueurs) = 3200

Effectif total: 3560 (mois de février 1989)

5.2.8.2. HORAIRES DE LA COLLECTE

* Service de nuit:

- collecte : 22^h - 04^h
- balayage : 21^h - 03^h

* Service de jour:

- collecte : 7h - 13h
- balayage (2 vacations) 7h - 13h, 13^h - 19^h

5.2.8.3. MISSIONS QUOTIDIENNES

- Collecte des ordures ménagères.
- Balayage et lavage de la voie publique (1380 km sont balayés par jour)

5.2.8.4. MISSIONS PONCTUELLES

- Corvées d'assainissement.
- Ramassage carcasses véhicules sur la voie publique.
- Ramassage décombres et grosses ordures.

5.2.8.5. STRUCTURES D'INTERVENTION DU SERVICE

Subdivisions: organisation-programmation du personnel (au niveau de chaque daïra).

Secteurs: suivi-organisation et contrôle (au niveau de chaque commune).

Dépôts: lieu d'appel du personnel et dépôt du matériel et outillage.

Tous les secteurs sont opérationnels de nuit comme de jour.

5.3. LES DECHARGES PUBLIQUES

5.3.1. DECHARGE PUBLIQUE D'OUED SMAR

La décharge publique de **Oued Smar** est l'unique déchargè de la ville d'Alger. Sa superficie est de 10 hectares environ. Elle reçoit toutes les ordures ménagères (1234 T/J), et les déchets industriels de la wilaya d'Alger et des communes limitrophes (2000 à 3000 T/J).

Pour ce qui est des déchets industriels, la ville d'Alger a passé des conventions avec des unités industrielles pour la mise en décharge de leurs déchets à **Oued Smar**, néanmoins, la nature de ces déchets n'étant pas contrôlée vu l'énorme quantité de déchets qu'elle reçoit quotiennement et l'insuffisance de moyens matériels (engins).

Voici la liste des engins:

TABLEAU 24

Engins en état de marche	Engins en panne
02 bulls	04 bulls
01 nivelleuse	01 nivelleuse
01 compacteur sur pneus	01 compacteur à pied
02 pelles chargeuses	de mouton
01 pelle excavatrice	02 pelles chargeuses
02 arroseuses	

5.3.1.1. IMPACT DE LA DECHARGE SUR L'ENVIRONNEMENT

Depuis la création de cette décharge, la pollution atmosphérique ne cesse de s'amplifier.

En effet, les nuisances provoquées par cette décharge ont atteint un degré alarmant: fumées chargées de poussières, insectes, odeurs, rongeurs, dégagement de gaz.

Les nuages de fumées perturbent également les opérations de décollage et d'atterrissage des avions. En outre, ces fumées sont parfois à l'origine des perturbations de la visibilité pour la circulation automobile sur les routes environnantes.

5.3.1.2. SITUATION ET EXPLOITATION ACTUELLES DE LA DECHARGE

L'exploitation actuelle de la décharge d'OUED SMAR est loin de répondre à toutes les exigences d'une décharge contrôlée.

De ce fait, elle représente un grand danger pour la santé du personnel et de la population environnante.

5.3.2. DECHARGE CONTROLEE D'OULET FAYET

Une convention a été signée au mois de juillet 1987 entre le CPVA et l'APC d'Ouled Fayet, Wilaya de Tipaza, pour la location d'un terrain d'une superficie de 40 ha environ entièrement clôturé situé à 20 km d'Alger. Cette décharge en cours d'aménagement, recevra exclusivement les ordures ménagères. Le procédé retenu pour la mise en décharge est celui des casiers préalablement aménagés ainsi que le remplissage des talwegs et autres dépressions.

On distingue 5 casiers (grandes tranchées) dont 1 naturel, les autres sont en voie d'aménagement.

La mise en dépôt se fera par couches successives

recouvertes de terre. Les eaux seront drainées et évacuées par un système de drainage aménagé au fond des casiers. Le méthane dégagé lors de la fermentation anaérobie des ordures sera récupéré et brûlé à l'aide de torchères. L'ouverture de la décharge contrôlée est subordonnée à certains aménagements spécifiques (système de dégazage, système de drainage, éclairage, voie d'accès par la route nationale.

5.4. COMPOSTAGE

5.4.1. UNITE COMPOSTALE

L'unité compostale se situe à BACHDJARAH. Elle a été inaugurée en 1970 et s'est arrêtée de fonctionner en 1986 pour cause de pannes répétées qui seraient dues apparemment au manque d'entretien et à la mauvaise gestion.

La capacité initiale de cette unité est de 200 tonnes par jour. La remise en exploitation contribuera à valoriser une partie des ordures ménagères en compost. Malheureusement, le CPVA aurait décidé d'utiliser cette unité à d'autres fins.

5.4.2. PROJET D'AMENAGEMENT D'UNE UNITE DE COMPOSTAGE

Une unité d'une capacité de 200 T/jour est prévue sur la décharge d'Ouled Fayet. Le choix du fournisseur (la société RMT (RFA)) est arrêté.

5.5. INCINERATION

L'incinérateur existe au Caroubier (H.Dey), il est réalisé en 1939. Cet incinérateur ne fonctionne qu'à 10 % de sa capacité initiale; en effet, 2 jours sur 6 sont irrégulièrement mis en service.

Sa capacité initiale était de 6 tonnes par jour.

Actuellement, elle n'est plus que d'une tonne en moyenne par jour environ.

A remarquer que c'est un incinérateur sans récupération d'énergie doté d'une cheminée d'une hauteur de 60 m.

5.5.1. FONCTIONNEMENT

Il existe trois niveaux:

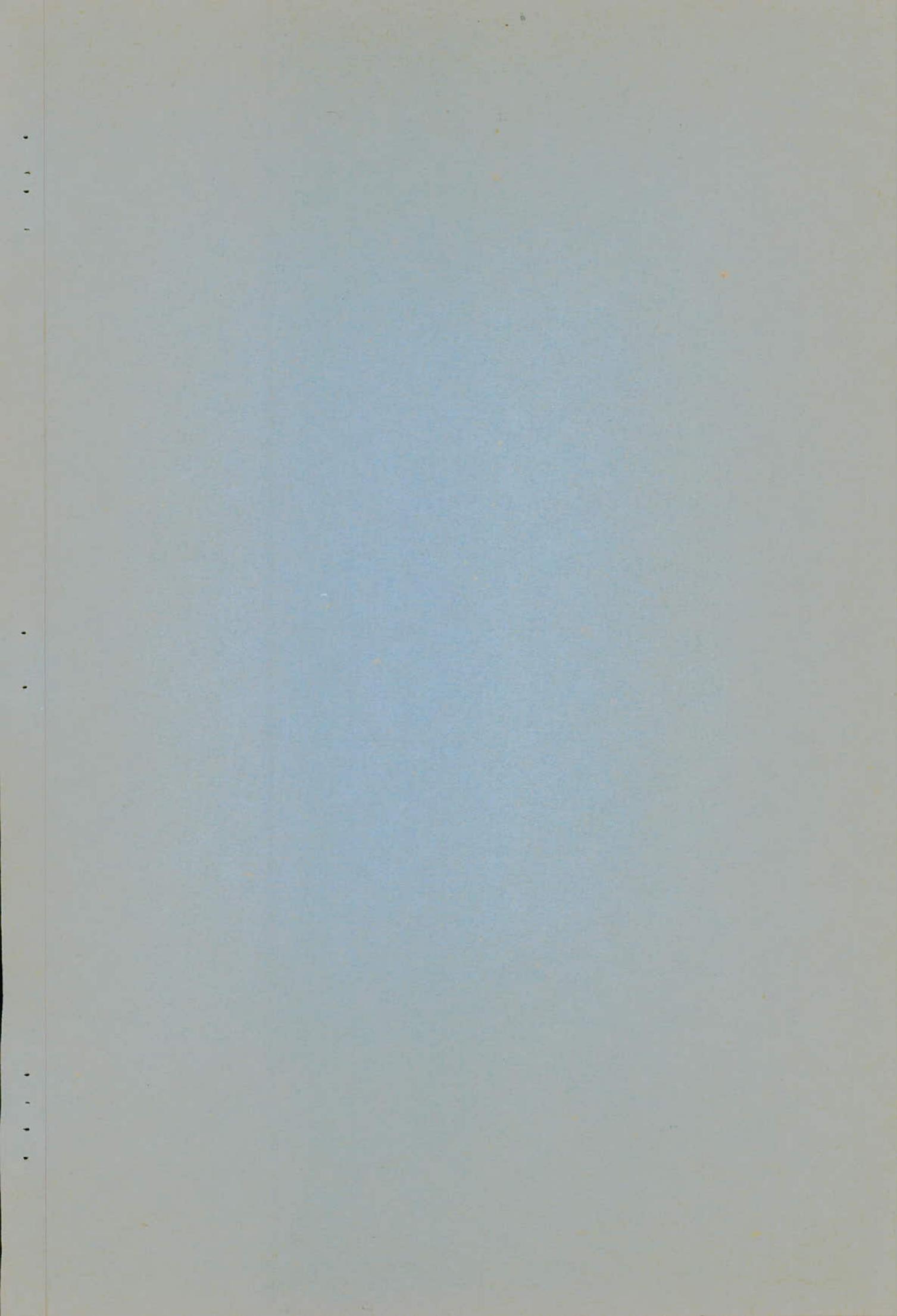
Le système est composé de 6 entonnoirs (trémies de réception) alimentés par 2 griffes (ces dernières ne fonctionnent plus) montées sur un pont roulant.

Les ordures à incinérer passent ensuite dans des fours (au nombre de 6). Les cendres sont récupérées par un monte charge destiné à cet effet. Les fumées des fours passent dans un dégraisseur (filtres) qui élimine les poussières. Ces fumées sont ensuite évacuées par la cheminée.

Les déchets incinérés sont essentiellement des documents administratifs qui proviennent des ministères, wilayates et dairates (vieux passeports).

5.5.2 PROJET

Cet incinérateur nécessite une réfection afin d'augmenter sa capacité actuelle; une expertise est néanmoins nécessaire pour ce qui concerne les ouvrages de génie civil; les équipements défectueux sont réparables car ne nécessitant que des travaux de chaudronnerie (chariots, entonnoirs, chainages, ...etc).



CHAPITRE 6

PROJETS A COURT MOYEN ET LONG
TERME

6.1 PROJETS A COURT TERME

6.1.1 COLLECTE PAR BACS ROULANTS

Actuellement, le déroulement de la collecte se fait par sacs perdus. Cela présente de nombreux inconvénients notamment la cherté relative des sacs en plastique, rupture de stock au niveau des circuits de commercialisation. Le mode de collecte par bacs roulants (ou collecte hermétique), pourrait donner de meilleurs résultats sur le plan économique.

En faisant une comparaison entre les coûts de la collecte par bacs roulants avec ceux de la collecte par sacs perdus, nous trouverons ce qui suit:

TABLEAU 25

	VOLUME (L)	Nombre de familles
Bac roulant	330	13
Sac plastique	25	1

TABLEAU 26

	Nombre de bacs roulants /5ans	Nombre de sacs par jour
Population 1.000.000 hab.	10.989	142.857
Coût unitaire (DA)	500	1,50
Coût total (DA)	5.494.500	214.286
Capacité d'une benne	97	
Nombre de bennes	113	
Prix unitaire de la benne avec système de levage (DA)	1.000.000	
Prix total (DA)	113.000.000	
Coût total (DA)	118.494.000	
Coût total annuel (DA)	23.698.900	78.214.390

Note: Le bac roulant est en polyéthylène et peut durer entre 5 et 10 ans.

Nous pouvons en conclure que la collecte par sacs perdus coûte 3,3 plus cher que celle par bacs roulants.

Il y a donc lieu de réorganiser le service de collecte d'ordures ménagères dans le but de réduire la pénibilité du travail et offrir au citoyen de meilleures conditions de stockage de ses déchets et de maîtriser les coûts d'exploitation.

6.1.2 CREATION D'UNE DECHARGE CONTROLEE POUR LES DECHETS INDUSTRIELS

Après la fermeture de la décharge d'OUED SMAR, les ordures ménagères de la ville d'ALGER seront destinées vers la nouvelle décharge d'OUED FAYET. En ce qui concerne les déchets industriels, le problème reste posé et cela suscite la création de décharges nouvelles aptes à éliminer

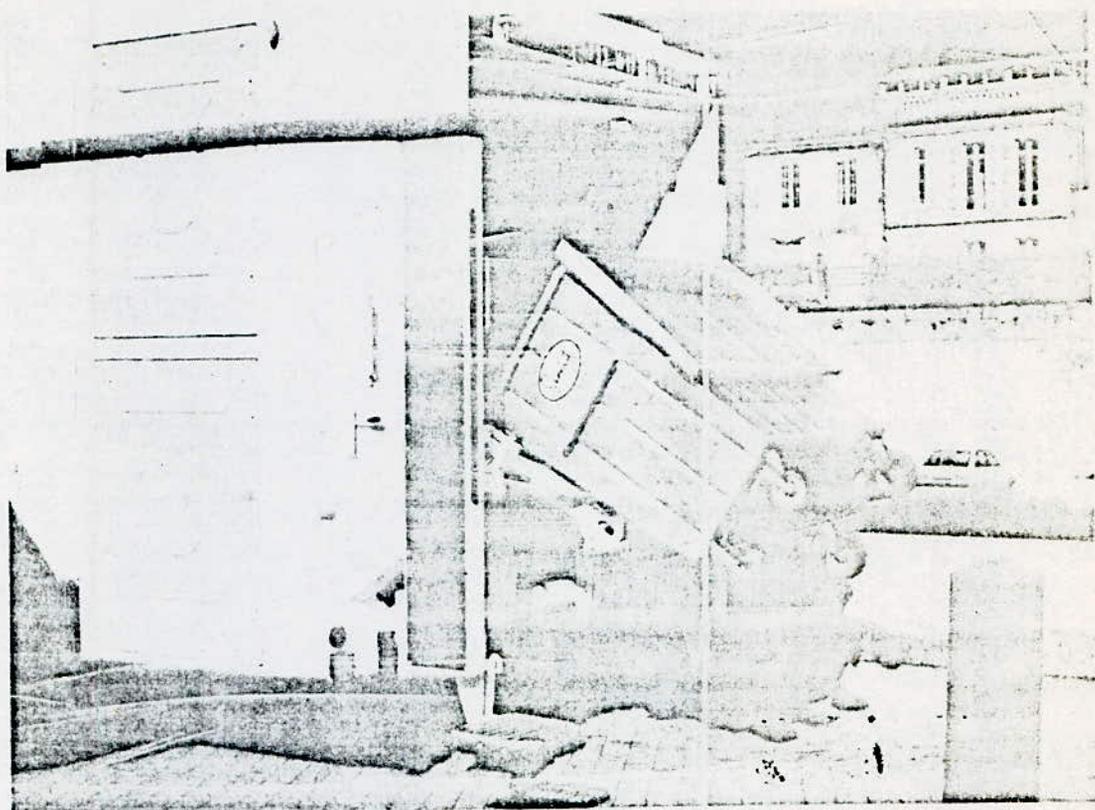


Fig.01 - Collecte par bacs roulants 900 l, 4 roues dans une ville française (Cl. SEMAT, Paris)

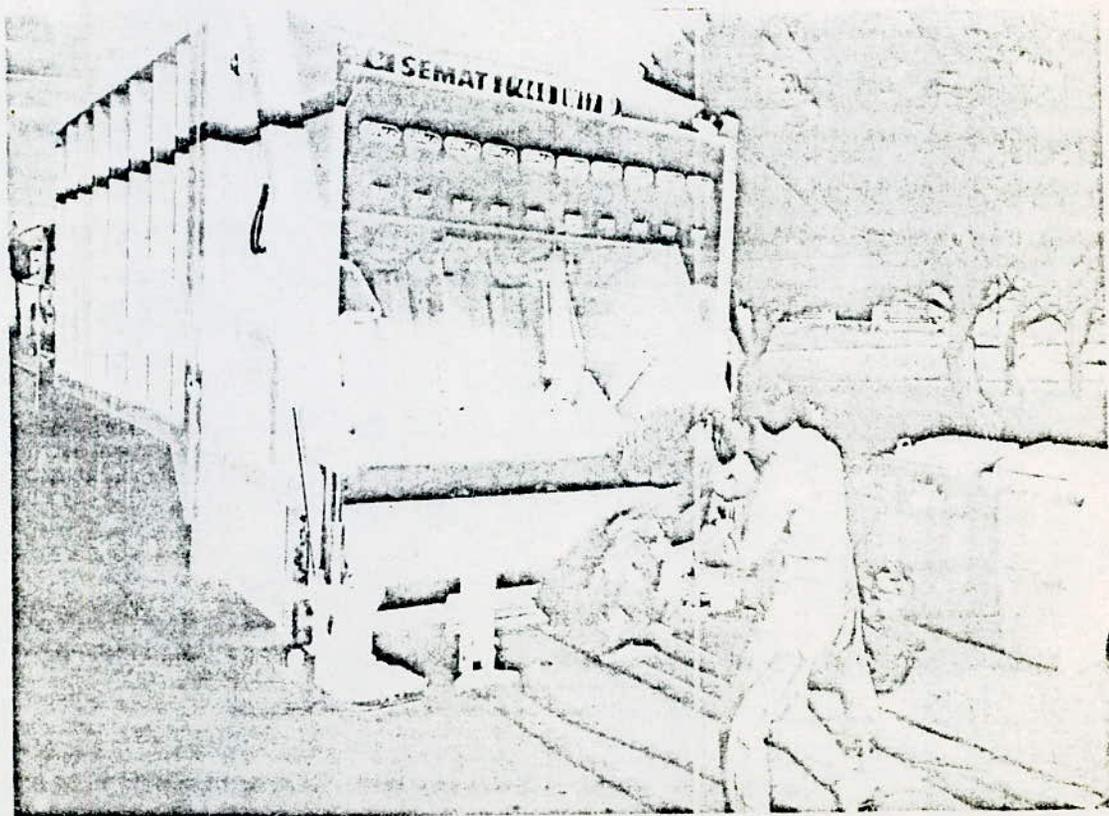


Fig.02 - Collecte en sacs plastique dans une ville du Midi de la France (Cliché SEMAT, Paris)

6.1.3 INCINERATEUR

Il est indispensable d'installer un grand incinérateur pour la ville d'ALGER dans le but d'incinérer les déchets des salles de soins et d'opérations des hôpitaux, cliniques, dispensaires ne disposant pas d'incinérateur ainsi que des déchets toxiques rejetés par les entreprises.

6.1.4 AMELIORATION DES DISPOSITIFS DE COLLECTE

Pour mesurer l'ampleur des difficultés rencontrées, nous citerons 2 chiffres: en 1968 les déchets collectés étaient de l'ordre de $2,7.10^5$ tonnes [18] alors qu'en 1988, nous enregistrons $4,5.10^5$ tonnes. Il faut donc constamment améliorer et renforcer les dispositifs de collecte et d'élimination en consacrant chaque année un budget spécial pour le bon déroulement de ce service.

6.1.5 COLLECTE SPECIALE DES DECHETS ENCOMBRANTS

Il est donc indispensable d'organiser un service de collecte des déchets encombrants.

Nous distinguons:

- la collecte en porte à porte.
- la mise à disposition de conteneurs.
- l'ouverture d'un centre de réception communément appelé déchetterie.

Une déchetterie est une aire aménagée gardée, connue du public, destinée à accueillir les déchets ménagers encombrants pendant le week-end, aussi bien des déchets non récupérables (déblais). C'est un moyen efficace de lutte contre les dépôts sauvages, notamment en ce qui concerne les artisans et commerçants, producteurs de déchets assimilés. Une réception contre paiement peut être envisageable.

6.1.6 COLLECTE SELECTIVE

Nos besoins en matières premières pour la fabrication du

papier, carton, verre sont importants, cela nécessite l'adoption de la collecte sélective. Cette dernière nous permet une économie en matières premières et la diminution du volume des résidus à éliminer ou à mettre en décharge. La collecte sélective est donc une composante à part entière de l'élimination des ordures ménagères. Elle permet de réduire le flux de déchets à traiter. Pour cela, nous opterons pour des solutions à court terme et à long terme.

Pour les solutions à court terme:

Nous proposons d'organiser une collecte sélective en collaboration avec les producteurs de déchets recyclables tels que: administrations, imprimeries, papeteries pour le papier; les limonaderies, vitreries pour le verre ...etc. Cela nécessite l'utilisation des conteneurs au niveau des unités de production pour les acheminer ensuite vers les unités de recyclage.

En outre, il faut encourager la création de petites unités de récupération publiques et privées et organiser des campagnes médiatiques pour la sensibilisation des entreprises et artisans sur l'intérêt du recyclage et du tri sélectif.

Nous devons également évaluer les technologies et pratiques existantes en matière de recyclage dans le monde et veiller à la diffusion des résultats de ces évaluations par la publication d'une série de rapports (récupération et recyclage des déchets solides).

6.2 PROJETS A MOYEN TERME

6.2.1 COMPOSTAGE

Les agriculteurs apportent de moins en moins de fumier à leurs terres, le stock d'humus de ces sols s'appauvrit de plus en plus. Les déchets ménagers de la ville d'ALGER

présentent des caractéristiques aptes au compostage, cette forme de valorisation permettra à la fois l'élimination hygiénique des ordures ménagères et la production d'un amendement organique intéressant: le compost.

6.2.2 INFORMATISATION DU SERVICE DE LA COLLECTE

L'informatisation du service de la collecte permettra de rechercher des circuits de collecte optimisés sur le plan du tonnage ramassé et de la durée du service.

6.2.3 COLLECTE PERIODIQUE DES DECHETS TOXIQUES

Nous prévoyons une collecte périodique des déchets toxiques tels que: piles, batteries, médicaments inutilisés, thermomètres à mercure...etc.

6.2.4 CREATION D'UNE ENTREPRISE SPECIALISEE

Nous proposons la création d'une entreprise publique spécialisée qui s'occupera de la collecte, traitement et récupération des déchets ménagers de la ville d'ALGER (entreprise autonome intercommunale).

6.3 PROJETS A LONG TERME

6.3.1 COLLECTE SELECTIVE

Le tri à la source est la première étape de toute collecte sélective des déchets ménagers recyclables. On doit mettre à la disposition des ménages des conteneurs de couleur différentes (ou portant inscription) pour recueillir les matériaux recyclables (papier, verre, plastique, métaux, textile). Ces éléments sont ensuite séparés les uns des autres dans une usine de tri mécanique et surtout manuel. Les conteneurs sont relevés tous les 15 jours à 3 semaines par des bennes classiques. Le reste des ordures ménagères est placé dans un bac d'une autre couleur relevé plus fréquemment. Une autre solution consiste à commercialiser des poubelles domestiques à plusieurs

compartiments afin d'offrir aux habitants les moyens d'un tel tri.

La réussite de telles opérations tient beaucoup à la sensibilisation importante du public à l'aide des médias (T.V., presse, radio) et qui repose en particulier sur une forte dynamique communautaire. La création de zones pilotes permettra, dans un premier temps, de tester cette méthode de collecte.

6.3.2 CHIFFONNAGE

Le chiffonnage au niveau de nos décharges peut-être réduit en procédant à des contrats de récupération avec certaines entreprises. Parmi les produits récupérés on trouve les cartons, le bois, les métaux ferreux, les matières plastiques (bidons d'huiles), les bouteilles.

Une autre solution consistera à doter les décharges d'un centre de triage (manuel ou automatique).

6.3.3 REAMENAGEMENT DE LA DECHARGE D'OUED SMAR EN FIN D'EXPLOITATION.

Après stabilisation des décharges contrôlées, il existe plusieurs possibilités pour procéder au réaménagement du terrain en fonction de nos besoins: terrain de sport, parc public, plantations d'arbres...etc.

6.3.4 CREER UN ENSEIGNEMENT DANS LE DOMAINE DE LA VALORISATION DES DECHETS

La création des spécialités dans le domaine de la valorisation des déchets notamment des ingénieurs et des techniciens devient indispensable.

CONCLUSION

Protéger l'environnement et lutter contre la pollution provoquée par les déchets ménagers, constitue, pour les collectivités locales, une mission du service public qu'elles doivent assurer avec une attention particulière.

Maintenir la cité propre, assurer la sécurité et l'entretien sur les espaces collectifs, traiter les déchets sont des préoccupations constantes.

Dans la conjoncture actuelle, une réorganisation du service de collecte s'avère nécessaire. Nous opterons pour la collecte par bacs roulants qui permettra de maîtriser et de réduire les coûts de fonctionnement ainsi que d'adapter des conditions modernes d'exploitation en assurant à la population une meilleure présentation des déchets.

Les déchets ménagers de la ville d'Alger contiennent un fort pourcentage d'humidité (66 %) ce qui rend leur traitement par incinération difficile et antiéconomique, leur pouvoir calorifique inférieur (PCI) étant compris entre 900 et 1000 mth/kg.

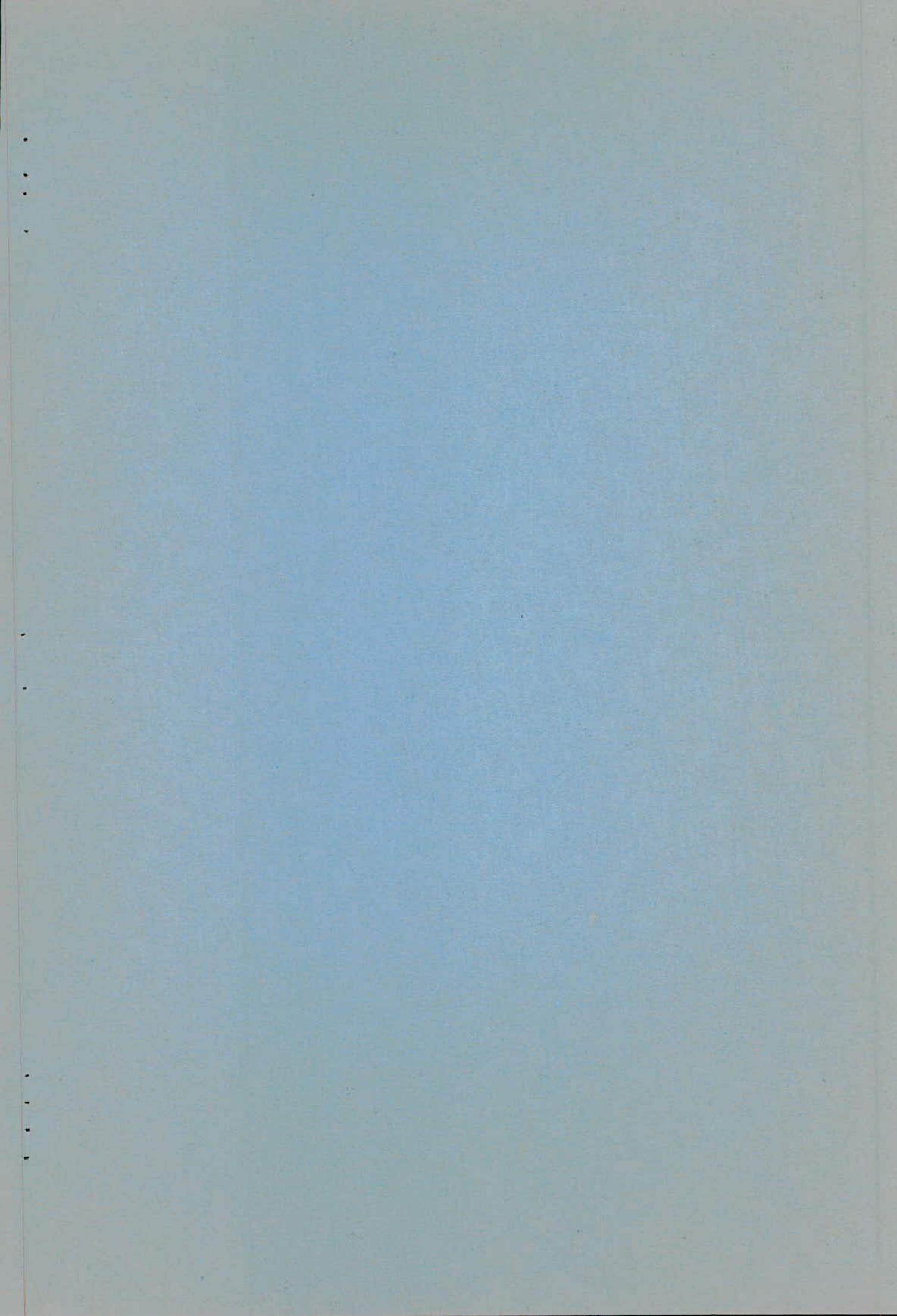
Par ailleurs, les ordures ménagères, en plus de leur forte teneur en eau, renferment une concentration élevée en matières organiques biodégradables. Le rapport C/N de ces ordures est supérieur à 30, mais ces dernières placées dans des conditions climatiques algériennes pourront donner un amendement organique dont les sols algériens, pauvres en humus, ont tant besoin.

Les concentrations en métaux lourds que nous avons enregistrées, ne dépassent guère les valeurs recommandées par la norme AFNOR (U44041/1975).

Nos déchets sont donc aptes au traitement par compostage, cependant ce dernier est loin de pouvoir éliminer la totalité des déchets produits par la ville d'Alger.

A cet effet, nous recommandons deux modes de traitement:

- d'une part le compostage permettra de valoriser une masse non négligeable de déchets biodégradables,
- d'autre part, la décharge contrôlée éliminera, en plus des déchets urbains, la totalité des refus des usines de compostage.



ANNEXES

* Détermination du rapport C/N

Méthodes de dosage du carbone et de l'azote [6]

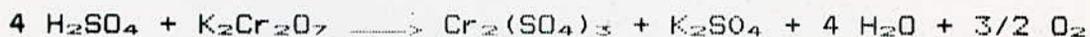
Les déterminations que nous décrivons dans cette annexe sont valables sur ordures ménagères séchées broyées (échantillon de laboratoire) ayant une granulation inférieure à 0,500 mm.

A2.1. Dosage du carbone par la méthode d'Anne.

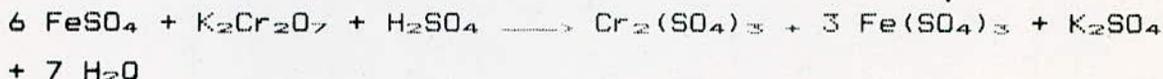
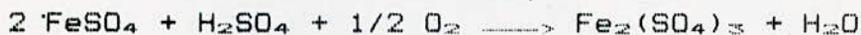
A2.1.1 Principe et réactions.

On oxyde le carbone par un mélange sulfochromique et l'on titre le bichromate de potassium et l'acide sulfurique en excès par dosage volumétrique à l'aide d'une solution de sel de Mohr. Les réactions sont les suivantes:

Oxydation :



Dosage des réactifs en excès:



A2.1.2 Mode opératoire

Placer dans un ballon de 250 ml :

- 0,1 à 0,5 g de l'échantillon
- ajouter à l'aide d'une pipette 20 ml de la solution de bichromate de potassium à 8 %
- ajouter 30 ml d'acide sulfurique concentré.
- transvaser dans une fiole jaugée de 200 ml

Titration:

- Prélever dans un bécher 20 ml de la solution précédente.
- Ajouter 200 ml d'eau distillée.
- Ajouter quelques gouttes de phénanthroline (=ferroïne).
- Ajouter 15 ml d'acide sulfurique concentré.

- Titrer avec la solution de sel de Mohr à 0,2 N.

Titrage de la solution de sel de Mohr:

On fait tomber goutte à goutte à l'aide d'une burette graduée la solution de sulfate double ferro-ammoniacal FeSO_4 ,

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $6\text{H}_2\text{O}$ dans un bécher contenant:

- 200 ml d'eau distillée
- 2 ml de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ à 8 % mesurés à l'aide d'une pipette
- 3 ml de H_2SO_4 concentré
- phénanthroline (ferroïne).

4.1.3 Calcul:

Si T est le titre du sel de Mohr, et sachant que 1 mole de $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ correspond à 6 moles de sel de Mohr; sachant d'autre part que 1 l de solution de bichromate à 8 % contient 80 g par litre et que la masse moléculaire du bichromate est 294, ou encore que 1 l à 8 % contient $80 \div 294$ M et que 2 ml

contiennent $\frac{2 \times 80}{294}$ mM, on a:

$$T = \frac{160 \times 6}{294 \times X_0} \text{ mM/ml}$$

où X_0 est la tombée de la burette.

Calcul du taux de carbone:

1 mole de sel de Mohr correspond à 1/4 d'atome de carbone soit à 3,075 g de carbone, et 1 ml de sel de Mohr correspond à $3,075 \times T$ mg de carbone.

On a mesuré la tombée de la burette Y ml sur un témoin et X ml sur la prise d'essai, ce qui donne pour le volume du sel de Mohr utilisé: $(Y-X)$ ml.

Il en résulte que la quantité de carbone oxydé est:

$$C = 3,075 \times T (Y - X) \text{ mg}$$

Pour une aliquote égale à 20 ml sur 200, soit 1/10 de la prise d'essai, on a donc:

$$C \% = \frac{3,075 \times 10 \times T (Y - X)}{P} = \frac{30,75 \times T (Y - X)}{P(g)}$$

A1.2. Dosage de l'azote

A1.2.1. Principe

Cette méthode de dosage, qui est une variante de la méthode de Kjeldahl, est basée sur la minéralisation totale de l'azote minéral NH_4^+ (ammoniacal) et NO_3^- (nitrique), ainsi que N organique.

A1.2.2. Mode opératoire

A1.2.2.1. Minéralisation

On opère le plus souvent sur une rampe chauffante qui permet d'effectuer la minéralisation de plusieurs échantillons en même temps. L'attaque se fait par l'acide sulfurique concentré:

- Echantillon: 5 g de compost ou de l'échantillon de laboratoire d'ordures ménagères

25 ml de H_2SO_4 concentré ($d = 1,93$)

- mélange catalyseur: 2 g de sélénium réactif (produit Merck 8030 prêt à l'emploi)

La minéralisation sur la rampe chauffante doit se poursuivre jusqu'à obtention d'une coloration gris-verdâtre.

A1.2.2.2. Distillation

On opère dans un appareil distillatoire ascendant (appareil de Buchi) après avoir préalablement effectué les opérations suivantes:

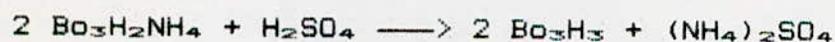
- la minéralisation étant achevée, on dilue la liqueur acide dans 5 fois son volume d'eau
- on neutralise la liqueur ci-dessus par NaOH concentrée à 10 N en présence de phénolphtaléine comme indicateur de virage
- on prépare dans un bécher destiné à recevoir le distillat 30 ml d'acide borique à 2 % avec quelques gouttes de liqueur de Taschino comme indicateur
- on met la distillation en route pendant 5 minutes, ou bien jusqu'à ce que l'on ait distillé 100 ml, cela en fonction de l'échantillon. On observe le virage au vert de l'indicateur de Taschino.

A2.2.2.3. Dosage de la solution ammoniacale

On procède au titrage à l'aide d'une solution H_2SO_4 à N/10 ou N/50. On note la tombée de la burette au moment où l'indicateur coloré vire de nouveau au rouge-violacé.

A2.2.3. Calcul

Les réactions sont les suivantes:



1 ml de H_2SO_4 N correspondant + 14 mg d'azote, 1 ml de H_2SO_4 N/10 correspond à 1,4 mg de N.

Si v est la tombée de la burette en ml de H_2SO_4 N/10 et s la prise d'échantillon en grammes de poids sec, on a:

$$N \% = \frac{v \times 1,4}{s} \times 100$$

*Minéralisation de l'échantillon afin de faire le dosage des métaux [19]

- Réactifs utilisés:

Acide chlorhydrique

Acide nitrique

NH_4NO_3 solution à 10 %

- Mode opératoire:

Introduire 1 à 2 g d'échantillon de laboratoire dans une capsule en platine ou en silice, ajouter 2 ml de NH_4NO_3 par gramme d'échantillon. Sécher dans une étuve à 100°C . Mettre la capsule dans un four froid et élever la température pour atteindre 450°C pendant 2 heures puis laisser refroidir à l'extérieur. Reprendre le résidu de calcination par quelques ml d'eau distillée et transférer dans un bécher de 100 ml en le reprenant avec quelques ml d'eau distillée. Rincer la capsule avec 5 ml d'HCl concentré chaud puis 2 fois avec 5 ml d'eau bouillante et transvaser dans le bécher. Ajouter 5 ml de HNO_3 concentré et porter à douce ébullition pendant 10 minutes que l'on évapore à sec.

Reprendre le résidu avec 20 ml d'HCl (2N), chauffer jusqu'à ébullition, filtrer et recueillir le filtrat dans une fiole jaugée de 100 ml. Laver le filtre et le bécher avec 10 ml d'HCl (2N) et 2 à 3 fois avec l'eau bouillante. Laisser refroidir la solution et ajuster le volume avec de l'eau distillée.

*MESURE DU pH: [17]

Pour la mesure du pH, on pèse 50 g d'échantillon à 0,05 g près, on rajoute 125 ml d'eau bidistillée à pH 7, on agite pendant 2 heures pour avoir une bonne dispersion et on laisse en contact pendant une nuit. On filtre et on mesure le pH.

Tableau No.17

[7]

Analyse Immédiate, Analyse Élémentaire et Pouvoir Calorifique Supérieur des Principaux Composants des Déchets.

Composants des Déchets	Analyses courantes sur déchets à la réception				Analyse élémentaire en % du poids sec						PCS en mth/kilo		
	Humidité	Mat. volatile	Carbone combiné	Non combustible	Carbone	Hydrogène	Oxygène	Azote	Soufre	Non combustible	A la réception	sur mat. sèche	sur mat. sèche sans cendres
Papier et dérivés													
Papiers mélangés	10,24	75,94	8,44	5,38	43,41	5,82	44,32	0,25	0,20	6,00	3778	4207	4475
Journaux	5,97	81,12	11,48	1,43	49,14	6,10	43,03	0,05	0,16	1,52	4430	4711	4776
Papier Kraft	5,83	83,92	9,24	1,01	44,90	6,05	47,34	0,00	0,11	1,07	4031	4281	4333
Papier publicitaire	4,11	66,39	7,03	22,47	32,91	4,95	38,55	0,07	0,09	23,43	2919	3044	3972
Boîtes carton ondulé	5,20	77,47	12,27	5,06	43,73	5,70	44,93	0,09	0,21	5,34	3913	4127	4361
Papier doublé plastique	4,71	84,20	8,45	2,64	45,30	6,17	45,50	0,18	0,09	2,77	4078	4279	4411
Embal. lait paraffiné	3,45	90,92	4,46	1,17	59,18	9,25	30,13	0,12	0,10	1,22	6293	6518	6606
Embal. denrées alim.	6,11	75,59	11,80	6,50	44,74	6,10	41,92	0,15	0,16	6,93	4032	4294	4583
Embal. postaux divers	4,56	73,32	9,03	13,09	37,67	5,41	42,74	0,17	0,09	13,72	3382	3543	4111
Denrées et résidus alimentaires													
Déchets végétaux	78,29	17,10	3,55	1,06	49,06	6,62	37,55	1,68	0,20	4,89	997	4594	4833
Peaux et pépins agrumes	78,70	16,55	4,01	0,74	47,96	5,68	41,57	1,11	0,12	3,46	948	4453	4611
Déchets viande cuite	38,74	56,34	1,81	3,11	59,59	9,47	24,65	1,02	0,19	5,08	4235	6913	7283
Graisses frites	0,00	97,04	2,36	0,00	73,14	11,54	14,32	0,43	0,07	0,03	9148	9148	9148
Rés. alim. mélangés I	72,00	20,26	3,26	4,48	41,99	6,43	28,76	3,30	0,52	16,00	1317	4713	5144
Rés. alim. mélangés II	-	-	-	-	41,72	5,75	27,62	2,97	0,25	21,87	-	4026	5144
Bois, branchages, etc.													
Branches vertes	50,00	42,25	7,25	0,50	50,12	6,50	42,26	0,14	0,08	1,03	1168	2336	2361
Bois pourri	26,80	55,01	16,13	2,06	52,30	5,5	39,0	0,2	1,2	2,8	2617	3538	3641
Bois de démolitions	7,70	67,62	13,93	0,75	51,0	6,2	41,3	0,1	0,1	0,8	4056	4398	4442
Résidus de bois dur	12,00	75,05	12,41	0,54	49,4	6,1	43,7	0,1	0,1	0,6	3572	4056	4073
Bois de meubles	6,00	80,92	11,74	1,34	49,7	6,1	42,6	0,1	0,1	1,4	4083	4341	4411
Arbustes verts	69,00	25,18	5,01	0,81	48,51	6,54	40,44	1,71	0,19	2,61	1504	4853	4976
Résineux	74,35	20,70	4,13	0,82	53,30	6,66	35,17	1,49	0,20	3,18	1359	5301	547
Plantes florales	53,94	35,64	8,03	7,34	46,65	6,61	40,18	1,21	0,26	5,09	2054	4459	4700
Gazon													
Gazon I	75,24	18,64	4,50	1,62	46,18	5,96	36,43	4,46	0,42	6,55	1143	4618	4944
Gazon II	55,00	-	-	2,37	43,33	6,04	41,63	2,15	0,05	6,75	1494	4274	4583
Feuilles sèches	9,97	60,92	19,29	3,82	52,15	6,11	30,34	6,99	0,16	4,25	1436	4927	5150
Feuilles fétides	50,00	-	-	4,10	40,50	5,55	45,10	0,20	0,05	8,20	1964	3927	4278
Bois et écorces	20,00	67,89	11,31	0,80	50,46	5,97	42,37	0,15	0,05	1,00	3633	4155	4278
Taillis	40,00	-	-	5,00	42,52	5,90	41,20	2,00	0,05	3,33	2636	4389	4778
Éléments verts mélangés	62,00	26,74	6,32	4,94	40,31	5,64	39,00	2,00	0,05	13,00	1494	3932	4519
Herbes, résidus, feuilles	21-62	-	-	-	36,20	4,75	26,61	2,10	0,26	30,08	-	3491	4994
Déchets ménagers													
Hombourrages	6,9	75,96	14,52	2,62	47,1	6,1	43,6	0,3	0,1	2,8	3867	4155	4272
Pneumatiques	1,02	64,92	27,51	6,55	79,10	6,80	5,90	0,10	1,50	6,00	7667	7726	8278
Cuir	10,00	68,46	12,49	9,10	60,00	8,00	11,50	10,00	0,40	10,10	4422	4917	5472
Chaussures cuir	7,46	57,12	14,26	21,16	42,01	5,32	22,83	5,98	1,00	22,86	4024	4348	5639
Chaus. talon, semelle	1,15	67,03	2,08	29,74	53,22	7,09	7,76	0,50	1,34	30,09	6055	6126	8772
Caoutchouc	1,20	83,98	4,94	9,88	77,65	10,35	-	-	2,00	10,00	6222	6294	7000
Mat. plastiques mélangés	2,0	-	-	10,00	60,00	7,20	22,60	-	-	10,20	7833	7982	8889
Films plastiques	3-20	-	-	-	67,21	9,72	15,82	0,46	0,07	6,72	-	7692	8261
Polyéthylène	0,20	98,54	0,07	1,19	84,54	14,18	0,00	0,06	0,03	1,19	10932	10961	11111
Polystyrène	0,20	98,67	0,68	0,45	87,10	8,45	3,96	0,21	0,02	0,45	9122	9139	9172
Polyuréthane	0,20	87,12	8,30	4,38	63,27	6,26	17,65	5,99	0,02	4,38(a)	6224	6236	6517
Chlorure de polyvinyle	0,20	86,89	10,85	2,06	45,14	5,61	1,56	0,08	0,14	2,06(b)	5419	5431	5556
Linoléum	2,10	64,50	6,60	26,80	48,06	5,34	18,70	0,10	0,40	27,40	4528	4617	6361
Chiffons	10,00	84,34	3,46	2,20	55,00	6,60	31,20	4,12	0,13	2,45	3833	4251	4358
Textiles	15-31	-	-	-	46,19	6,41	41,85	2,18	0,20	3,7	-	4464	4611
Peintures, Vernis	0,00	-	-	16,30	66,85	9,63	5,20	2,00	-	16,30	7444	7444	8889
Poussières d'aspirateurs	5,47	55,68	8,51	30,34	35,69	4,73	20,08	6,26	1,15	32,09	3548	3753	5533
Saletés ménagères	3,20	20,54	6,26	70,00	20,62	2,57	4,00	0,50	0,01	72,30	2039	2106	7583
Déchets municipaux													
Salayures voirie	20,00	54,00	6,00	20,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Déchets non organiques(c)	2-6	-	-	-	34,70	4,76	35,20	0,14	0,20	25,00	2667	3333	4444
Métaux(c)	3-11	-	-	-	0,52	0,07	0,36	0,03	0,00	99,02	-	47	-
Cendres	10,00	2,68	24,12	63,2	4,54	0,63	4,28	0,05	0,01	90,49	2039	2318	7778

Renvois : (a) ce qui manque au total (2,42%) est constitué par du chlore
 (b) ce qui manque au total (45,41%) est constitué par du chlore
 (c) le pouvoir calorifique et la matière organique proviennent des étiquettes, de la colle et de ce qui reste du contenu des boîtes métalliques.

Note - On calculera aisément le PCI à partir du PCS de chaque composant suivant la formule :

$$Q_i = Q_p - 6(E + 9H) \quad (\text{Voir 6.1.3.1})$$

 (Tableau extrait et traduit de V.K. Niessen, Combustion and Incineration Processes, New York, Dekker, 1978)

BIBLIOGRAPHIE

[1] AGHTM- Les résidus urbains - Collecte des résidus urbains
Nettoisement des voies publiques - Volume 1 - Deuxième édition
FRANCE 1985

[2] AGHTM - Les résidus urbains - Traitement et valorisation -
Volume 2 - Deuxième édition - FRANCE 1985

[3] M.O. MAKHOUKH - Projet de fin d'étude Juin 83 - Les résidus
urbains du grand ALGER - Réaménagement de la décharge d'OUED SMAR.

[4] Rapport de stage - Traitement et valorisation des ordures
ménagères du 28/9/88 au 30/11/88 en RFA - Entreprise nationale de
charpente et de chaudronnerie - Unité engineering.

[5] Symposium technico scientifique autrichien d'ALGER 14-15 Avril
1986 - Voest Alpine AG - Produits finis techniques de
l'environnement.

[6] ROBERT GILLET - Traité de gestion des déchets solides - Volume
1 - OMS COPENHAGUE 1985.

[7] ROBERT GILLET - Traité de gestion des déchets solides - Volume
2 - OMS COPENHAGUE 1985.

[8] Tribune du Cebedeau - Les traitements classiques - La mise en
décharge - Le compostage - pp.21-32 BELGIQUE - Novembre 1985

[9] Tribune du Cebedeau - L'incinération - pp. 35-45. BELGIQUE -
Décembre 1985

[10] Tribune du Cebedeau - Recyclage - pp.53-58. BELGIQUE Mai 84

[11] EAWAG DUBENDORF - Methods of analysis of sewage sludge solid
Wastes and compost - OMS SUISSE 1978

[12] MICHEL MURAT - Valorisation des déchets et des sous produits
industriels - Edition Masson - FRANCE 1981.

[13] Techniques et Sciences Municipales - Caractéristiques des
déchets solides de quelques grandes villes algériennes et
perspectives de leurs traitements - R. REHI pp. 193-198 - FRANCE
Mars 1989

- [13] Techniques et Sciences Municipales - Caractéristiques des
- déchets solides de quelques grandes villes algériennes et
- perspectives de leurs traitements - R. REHI pp. 193-198 -
FRANCE Mars 1989
- [14] JEAN BERNARD LEROY - Les déchets et leur traitement - Que
sais-je ? - Presses universitaires de FRANCE 1981.
- [15] Rapport de la commission de réflexion sur la collecte et
le traitement des ordures ménagères de la ville d'ALGER 1988.
- [16] Avant projet d'étude de la collecte de l'élimination et la
récupération des résidus urbains et industriels de la ville
d'ALGER proposé par MAKHOUKH - Janvier 1989
- [17] M. ABDELGHAFOUR - Projet de fin d'étude Juin 1984 - Etude
et amélioration du processus de traitement des ordures
ménagères par compostage.
- [18] O. TABASARAN et H.P. HAUG. Université de STUTTGART - Cours
d'assainissement urbain à l'université des sciences et des
techniques d'ALGER - Deuxième édition - RFA 1980
- [19] Association française pour l'étude des eaux - Analyse des
boues - Tome 1
- [20] Techniques de l'ingénieur - Résidus urbains C770-772 1972
- [21] Techniques et Sciences Municipales - Spécial déchets - pp.
269-290 FRANCE Mai 1988
- [22] Tribune du Cebeneau - Déchets solides industriels et
urbains - Traitement destruction et valorisation - pp. 53-58
BELGIQUE Janvier 1986
- [23] R. REHI ; Y. MAYSTRE - étude de la valorisation des
déchets solides urbains de BLIDA - EPEL - Institut du génie de
l'environnement Lausanne (SUISSE) 1979.
- [24] Ministère de l'environnement - Direction de la prévention
des pollutions - Service des déchets - La valorisation agricole
des boues des stations d'épuration - pp 27-29 FRANCE 1982

