

PD-ABZ-833  
98

Prepared for the Office of Housing and Urban Programs  
U.S. Agency for International Development



Prepared by

International City/County Management Association (ICMA)

PD-1124-833

**EVALUATION PRELIMINAIRE  
DES  
SYSTEMES DE GESTION DES DECHETS SOLIDES  
A  
MEKNES, AZROU ET SEFROU  
MAROC**

Juillet 1995

Préparé pour

U.S. Agency for International Development  
Office of Environment and Urban Programs

Par

James A. Dohrman, I. P.  
Consultant

INTERNATIONAL CITY/COUNTY MANAGEMENT ASSOCIATION  
Programme de développement et d'aménagement municipal  
Contrat USAID No. PCE-1008-Q-00-5002-00  
Bon de Livraison Numéro 4

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1 INTRODUCTION</b> .....	1
1.1 Historique .....	1
1.2 Objectifs .....	1
1.3 Aspects communs .....	2
1.4 Aspects techniques .....	3
1.5 Bases de données sur la génération des déchets .....	12
<b>2 MEKNES</b> .....	13
2.1 Généralités .....	13
2.2 Génération et composition des déchets .....	13
2.3 Systèmes actuels d'enlèvement des déchets .....	13
2.4 Décharge actuelle .....	16
2.5 Installation de préparation de compost .....	19
2.6 Autres aspects .....	19
2.7 Recommandations .....	20
<b>3 AZROU</b> .....	27
3.1 Généralités .....	27
3.2 Génération et composition des déchets .....	27
3.3 Système actuel d'enlèvement des déchets .....	27
3.4 Décharge actuelle .....	29
3.5 Autres aspects .....	31
3.6 Recommandations .....	31
<b>4 SEFROU</b> .....	33
4.1 Généralités .....	33
4.2 Génération et composition des déchets .....	33
4.3 Système actuel d'enlèvement des déchets .....	33
4.4 Décharge actuelle .....	35
4.5 Recommandations .....	37
<b>5 PRIVATISATION</b> .....	38
5.1 Généralités .....	38
5.2 Etude de faisabilité .....	39

## Annexes

Annexe A. Bases de données sur la génération des déchets

Annexe B. Incinération des déchets dangereux dans les fours à ciment

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Construction d'une décharge contrôlée .....	10
Figure 2.	Génération des déchets et capacité de décharge à Meknès .....	16
Figure 3.	Site de la décharge de Meknès .....	19
Figure 4.	Site de la décharge provisoire .....	25
Figure 5.	Profils de la décharge provisoire .....	26
Figure 6.	Hydrogéologie de Meknès .....	28
Figure 7.	Génération de déchets et capacité de décharge à Azrou .....	31
Figure 8.	Site de la décharge d'Azrou .....	33
Figure 9.	Génération de déchets et capacité de la décharge de Séfrou .....	37
Figure 10.	Site de la décharge de Séfrou .....	39

## RESUME ANALYTIQUE

### Généralités

Ce projet a pour objectif global d'évaluer les systèmes de gestion des déchets dans les villes de Meknès, Azrou et Séfrou et de recommander des mesures d'amélioration. Les recommandations présentées couvrent les systèmes d'enlèvement des déchets, les décharges et la planification de la gestion des déchets.

### Les systèmes d'enlèvement des déchets

Les trois villes éprouvent, à divers degrés, des difficultés avec leurs systèmes actuels : équipement inadéquat, pénurie d'employés qualifiés, problèmes d'entretien et de réparation, et inefficacité des méthodes d'enlèvement des déchets. Le rapport contient une recommandation générale pour le remplacement des camions d'enlèvement des déchets par des compacteurs à chargement arrière capables de manipuler des conteneurs de stockage des déchets. L'efficacité de l'enlèvement des déchets et les conditions de santé dans certains quartiers pourraient sensiblement s'améliorer si on employait des conteneurs pour une portion du système d'enlèvement des déchets, notamment dans les quartiers urbains où des améliorations d'infrastructure sont en cours. L'entretien, la réparation et le nettoyage appropriés des conteneurs pourraient aboutir à la réduction du nombre de ramassages à 3 par semaine, ce qui augmenterait l'efficacité d'ensemble de l'équipement et de la main-d'oeuvre.

Dans les trois villes concernées, l'enlèvement des déchets se fait uniquement le matin, en général entre 7 heures 30 et 11 heures. Cette méthode ne reflète pas une utilisation efficace de l'équipement et il conviendrait de considérer des ramassages également l'après-midi.

Les problèmes d'enlèvement des déchets sont beaucoup plus sévères à Meknès que dans les deux autres villes, qui sont plus petites. Cela apparaît si l'on examine les rapports entre la capacité de l'équipement et la génération quotidienne de déchets. Un rapport de 0,50 signifie que chaque camion doit effectuer deux voyages par jour à la décharge, si toutefois tous les camions sont en état de service. Le rapport entre l'équipement de ramassage et la génération de déchets est de 0,40 pour Meknès et de 0,82 et 0,62 respectivement pour Azrou et Séfrou. Etant donné les problèmes d'entretien, de réparation et de main-d'oeuvre à Meknès, il n'est pas surprenant que des difficultés existent. Bien qu'un seul dépôt sur les quatre que compte Meknès ait été inspecté pendant les visites sur le terrain, on a pu constater une pénurie de pièces détachées, de fournitures d'entretien, d'outils et de mécaniciens qualifiés.

La ville de Meknès est née de l'évolution de quatre municipalités qui se sont consolidées pour former un seul centre urbain. Certains services d'utilité publique se sont aussi consolidés en un service municipal, mais d'autres sont demeurés indépendants, dont l'enlèvement des déchets solides. Les difficultés constatées à Meknès dérivent en grande partie de l'inefficacité des services dans les quatre municipalités au sein de la ville, chacune exploitant son propre système

d'enlèvement des déchets. Le rapport contient une recommandation visant à examiner la possibilité de créer une seule agence indépendante au sein de la ville, qui serait chargée de superviser tant les services d'enlèvement que de déversement des déchets. Des recommandations particulières à chaque ville sont présentées dans la partie qui leur est réservée dans le présent rapport.

## **Les décharges**

La décharge de Meknès souffre de toutes sortes de problèmes et devrait être fermée. Non seulement elle est très visible, mais elle est aussi exploitée de manière inefficace et sa structure semble instable ; ces problèmes ont fait qu'un grand projet de logement n'a pu être mis en oeuvre. Le programme intérimaire recommandé sur trois ans a été conçu en vue de fournir de la terre pour recouvrir la décharge existante sans toutefois interrompre son opération. Le rapport contient une discussion sur la géologie régionale et les critères d'emplacement d'une décharge afin d'aider la municipalité à identifier un nouveau site permanent.

Les problèmes sont moins aigus aux décharges d'Azrou et de Séfrou car ils sont en général associés aux procédures d'exploitation : compactage, terre de couverture, combustion et contrôle de l'envolée des débris. La capacité restante de ces deux décharges demeurera adéquate pendant 10 à 20 ans, mais il se pourrait que la décharge de Séfrou soit fermée plus tôt en raison de la présence d'une nouvelle zone commerciale dans le voisinage et de l'expansion prévue de la ville. Dans sa partie 1, le rapport présente des mesures types de contrôle des décharges pouvant aider les deux municipalités à résoudre leurs problèmes d'exploitation dans ce secteur.

## **Aspects institutionnels et financiers**

Bien que l'étude brève ait été centrée sur les aspects techniques, il a également été nécessaire de traiter les besoins institutionnels et financiers de ces trois villes en matière de gestion des déchets. Ce besoin était particulièrement manifeste à Meknès où les coûts tant du programme intérimaire que du programme permanent seront élevés. Outre les méthodes potentielles de recouvrement des coûts, il conviendra d'évaluer la réorganisation et la consolidation des services d'enlèvement et de décharge des déchets.

## **Aspects nationaux**

Les travaux ont également mis en lumière la nécessité d'établir des normes nationales pour la gestion des déchets, notamment si la privatisation doit jouer un rôle dans l'avenir. Des normes d'emplacement, de conception et d'exploitation sont particulièrement nécessaires, et devront être accompagnées d'un programme d'application réaliste sous la tutelle des autorités municipales ou régionales.

## Plans d'action

Les recommandations contenues dans le rapport sont résumées ci-dessous.

### Meknès :

- Tenir des dossiers sur l'entretien des camions dans tous les dépôts.
- Dresser l'inventaire de tous les générateurs de déchets commerciaux et industriels.
- Assurer l'enlèvement des déchets à l'aide de conteneurs dans les nouveaux quartiers de la ville.
- Pour les nouveaux achats, choisir des compacteurs à chargement arrière de 14 ou 16 m<sup>3</sup>, équipés d'élévateurs mécaniques de conteneurs.
- Evaluer la consolidation de quatre services municipaux en une agence urbaine.
- Chercher un site pour la décharge provisoire.
- Acheter de plus grandes machines de décharge pour le compactage et la couverture.
- Fermer et recouvrir la décharge actuelle dès que possible.
- Commencer l'identification d'un site pour une décharge permanente.
- Etudier la question de la décharge des déchets d'hôpital.
- Evaluer l'utilisation des fours à ciment pour l'incinération des déchets dangereux/d'hôpital.
- Evaluer l'ancienne installation de compostage.

### Azrou :

- Assurer l'enlèvement des déchets par conteneurs dans les nouveaux quartiers de la ville.
- Acheter un compacteur à chargement arrière de 8 m<sup>3</sup> équipé d'un élévateur mécanique de conteneurs.
- Superviser la décharge actuelle pendant toutes les heures de travail.
- Réduire la zone de travail active de la décharge.
- Compresser et couvrir la décharge avec de la terre ou des débris de construction au moins une fois par semaine.
- Planter des rangées de cactus autour de la décharge pour contrôler l'envolée des déchets.
- Définir des zones spéciales pour la décharge et le stockage des débris de construction, et une zone provisoire de décharge/transfert pour les périodes de mauvais temps (hiver).
- Traiter la question des déchets d'hôpital.

### Séfrou

- Assurer l'enlèvement des déchets par conteneurs dans les nouveaux quartiers de la ville.
- Acheter un camion compacteur à chargement arrière.
- Convertir la décharge à combustion ouverte en décharge contrôlée et assurer le compactage et la couverture une fois par semaine.
- Commencer à chercher un site pour une décharge permanente.

## **Suivi**

Le projet comprend une tâche de suivi qui consiste à évaluer comment chaque municipalité réagit aux recommandations. En général, ce travail de suivi devrait porter sur les trois villes, mais notamment Meknès, et sur les efforts faits pour trouver un nouveau site de décharge.

# **Evaluation préliminaire des systèmes de gestion des déchets solides à Meknès, Azrou et Séfrou, Maroc**

## **1 INTRODUCTION**

### **1.1 Historique**

L'agence des Etats-Unis pour le développement international (USAID) apporte son concours aux municipalités marocaines dans le cadre du projet Services urbains et environnementaux (SU&E). Une partie du projet vise à aider les municipalités à améliorer leur capacité de résolution du problème croissant de gestion des déchets solides, notamment en ce qui concerne l'enlèvement et la décharge. La ville de Tétouan a bénéficié d'une assistance similaire il y a quelques années et maintenant les villes de Meknès, Azrou et Séfrou ont été choisies pour participer à cette portion du programme.

L'équipe de l'USAID est composée d'un expert en déchets solides fournit des services en sous-traitance avec l'International City Management Association (ICMA) et deux consultants locaux: un planificateur urbain et un ingénieur en génie civil. L'équipe initiale d'inspection et d'interview comprenait également deux représentants du gouvernement : l'un affecté à la direction Eau potable et assainissement (D.E.A/DGCL) et l'autre à la FEC/Direction du crédit.

### **1.2 Objectifs**

Les objectifs d'ensemble du projet sont les suivants : évaluer les systèmes actuels de décharge et d'enlèvement des déchets dans les trois municipalités choisies, et les aider à y apporter des améliorations et à planifier pour l'avenir. Bien que le projet mette l'accent sur la décharge des déchets par le biais du contrôle du déversement, du recyclage et du compostage, il s'adresse également aux systèmes d'enlèvement des déchets et autres aspects connexes.

Le projet comprend trois phases. La phase initiale, qui comprenait des visites de site, des inspections et la collecte de données sur les trois municipalités, a été effectuée par toute l'équipe du projet, c'est-à-dire l'expert de l'ICMA en déchets solides, les consultants locaux et les représentants du gouvernement marocain. La deuxième phase, sujet du présent rapport, consiste à évaluer les problèmes et points relevés lors de l'inspection et de la collecte des données, et à présenter des recommandations pour améliorer la situation. Cette tâche incombe principalement à l'expert de l'ICMA en déchets solides assisté des consultants locaux.

La dernière phase comprend un travail de suivi et de l'assistance technique aux municipalités pour les aider à mettre en oeuvre les recommandations contenues dans le rapport. Cette tâche consiste en une seconde visite par l'expert de l'ICMA en déchets solides et l'assistance technique fournie par les consultants locaux. Il est également prévu que les recommandations du projet couvriront des aspects à traiter à l'échelon national, c'est-à-dire les normes nationales de gestion

des déchets, les directives institutionnelles et financières et une politique nationale pour la gestion des déchets d'hôpital.

### **1.3 Aspects communs**

Bien que les systèmes de gestion des déchets des trois municipalités soient très différents, ils ont des points communs qui sont évoqués dans cette partie du rapport ; les aspects particuliers sont traités dans les parties 2, 3 et 4.

#### **Modes d'enlèvement des déchets**

Les trois municipalités fournissent des services d'enlèvement des ordures ménagères, soit en ligne soit à l'aide de bacs communaux d'une capacité de 3 à 5 m<sup>3</sup> manutentionnés par un véhicule spécial d'élévation de bacs. La plus grande partie de l'enlèvement se fait en ligne à l'aide d'une variété de véhicules chargés à la main. Les éboueurs mettent en corbeille les déchets laissés en ligne par les particuliers ou les entreprises commerciales, puis les chargent sur des véhicules d'enlèvement des déchets. La plupart de ces véhicules sont des camions-bennes à plate-forme standard d'une capacité de 6 m<sup>3</sup>, qui servent aussi à d'autres tâches ; les déchets doivent être soulevés à une hauteur de 1,5 m environ pour atteindre la plate-forme du camion. C'est seulement à Meknès que l'on utilise des compacteurs d'immondices spéciaux à chargement arrière d'une capacité de 6 et 8 m<sup>3</sup>, mais ils ne sont pas équipés pour charger des conteneurs.

Le dépôt des ordures en ligne sans conteneurs crée des problèmes dans la plupart des centres urbains, notamment quand les immondices ne sont pas mis en conteneurs ou dans des sacs en plastique. Les immondices en vrac attirent les insectes et les animaux, dégagent des odeurs malsaines et rendent leur enlèvement encore plus difficile.

Etant donné que les trois municipalités ont pour objectif d'améliorer l'efficacité des services d'enlèvement des déchets, l'utilisation de conteneurs municipaux et de plus grands camions compacteurs à chargement arrière constituent des options appropriées pour ces trois villes. Les conteneurs standard utilisés avec les camions-compacteurs sont fabriqués en plusieurs tailles, dont la plus courante de 1,1 m<sup>3</sup> est actuellement utilisée à Rabat et dans d'autres grandes villes marocaines. La capacité de ces conteneurs est d'environ 495 kg de déchets à une densité de 450 kg/m<sup>3</sup>. Au taux de génération quotidienne de 0,5 kg de déchets par personne, chaque conteneur peut accommoder les déchets générés chaque jour par 990 personnes ou 194 familles de 5,1 personnes chacune.

L'efficacité accrue de l'enlèvement des déchets à l'aide de conteneurs provient de la réduction du temps de ramassage, de la taille des équipes et du nombre de véhicules. La manutention d'un conteneur de 1,1 m<sup>3</sup> ne demande que de 1 à 3 minutes, y compris le temps de conduite jusqu'au conteneur suivant. En comparaison, le ramassage en ligne des déchets de 194 familles individuelles peut demander de 30 à 60 minutes, de nombreuses variables entrant en ligne de compte. L'efficacité accrue est évidente et compensera de beaucoup les coûts supplémentaires des conteneurs et des camions-compacteurs pendant toute la durée de vie utile de l'équipement.

L'utilisation de conteneurs communaux est particulièrement appropriée dans les nouveaux quartiers des trois villes où des immeubles résidentiels se construisent, où l'infrastructure s'améliore et où les rues sont larges. Il serait idéal de placer les conteneurs dans des bacs cachés par des écrans et intégrés dans l'infrastructure des nouvelles routes et logements. La distance d'un conteneur à l'autre devra tenir compte de l'aspect pratique et de la capacité. En général, les résidents ne devraient pas avoir à parcourir plus de 75 mètres pour arriver au conteneur de déchets. L'utilisation de conteneurs dans les quartiers résidentiels pourrait également permettre de réduire le nombre de ramassages, si toutefois les conteneurs sont bien nettoyés et ne dégagent pas d'odeurs malsaines. Avec des conteneurs communaux, il est possible de réduire le nombre de ramassages de sept à trois par semaine.

Dans les nouveaux quartiers, les rues plus larges permettront aussi le passage de plus grands camions d'enlèvement des déchets. Si des conteneurs sont prévus dans ces zones, les nouveaux camions-compacteurs devront avoir une capacité d'au moins 14 ou 16 m<sup>3</sup> et être équipés d'élévateurs hydrauliques de conteneurs. Ces grands camions-compacteurs auront aussi un effet positif sur l'efficacité du transport car les nouvelles décharges seront plus éloignées des centres urbains.

L'utilisation de conteneurs ne sera pas appropriée dans tous les quartiers de la ville et les anciens quartiers devront se contenter de l'enlèvement manuel des déchets en ligne du fait que les rues sont étroites et ne peuvent accommoder des conteneurs. Des recommandations pour l'utilisation de conteneurs dans chaque municipalité sont présentées vers la fin du rapport.

### **Déchets d'hôpital**

En général, les déchets des hôpitaux, des cliniques, des cabinets médicaux et dentaires et des laboratoires des trois municipalités sont mélangés aux ordures ménagères et ne bénéficient d'aucune manutention ou emballage spécial. Cette situation présente des risques pour les éboueurs, les opérateurs de décharge et toutes les personnes occupées au recyclage des déchets. A long terme, il conviendra d'adopter des mesures exigeant que tous les déchets d'hôpital soient, avant d'être jetés, désinfectés à la source dans un autoclave, incinérés de manière contrôlée ou subir un traitement chimique.

Pour l'instant, tous les déchets pathogènes d'hôpital devraient être placés dans des conteneurs marqués comme tels, afin d'avertir les éboueurs et les recycleurs des dangers que pose leur contenu. La norme internationale exige l'utilisation de sacs en plastique rouges pour les déchets pathogènes d'hôpital qui n'ont pas été désinfectés et des sacs jaunes pour les déchets d'hôpital passés à l'autoclave ou chimiquement traités. Les cendres des incinérateurs de déchets d'hôpital devront être placées dans des conteneurs désignés spécialement à cet effet.

## **1.4 Aspects techniques**

Les informations obtenues pendant les inspections aux sites municipaux et la collecte des données mettent en lumière le besoin de traiter quelques aspects techniques d'ordre général en ce qui concerne la génération, l'enlèvement et la décharge des déchets, et comment ces aspects sont

liés aux conditions particulières des trois municipalités concernées et du Maroc en général. Cela est d'autant plus important que la plupart des documents de référence sur la gestion des déchets traitent les déchets dans les pays occidentaux, notamment les pays d'Europe et les Etats-Unis. Les conditions particulières du Maroc pour ce qui est de la composition des déchets, du climat et de la géologie devront être prises en compte lors de la mise en oeuvre de ses systèmes de décharge des déchets.

### Composition des déchets

La composition des déchets varie beaucoup d'une zone à l'autre en raison des conditions structurelles et économiques. La documentation de référence liste les divers composants des déchets à la source mais non à leur décharge. Dans les économies plus pauvres notamment, les conditions changent considérablement entre la génération et la décharge finale des déchets en raison du tri et du recyclage. Une liste des composants typiques des déchets marocains est présentée ci-dessous uniquement comme guide et doit être examinée en profondeur pour chaque municipalité.

Papier	15 à 25 %
Verre	3 à 5 %
Boîtes en fer blanc	1 à 3 %
Textiles	1 à 3 %
Os	1 à 3 %
Bois	2 à 3 %
Plastique	3 à 5 %
Déchets organiques alimentaires	50 à 70 %
Fines inertes	5 à 7 %

Au Maroc, la nature changeante de la composition des déchets revêt une importance capitale. Alors que les économies évoluent, il entre dans la filière des déchets de plus en plus d'emballages et de produits à jeter. Notant en particulier l'utilisation accrue des plastiques et des boîtes en métal pour les boissons, qui a eu un effet spectaculaire sur la gestion des déchets au Maroc. L'éparpillement des sacs en plastique jetés représente une source majeure de déchets et les boîtes en plastique remplacent lentement les bouteilles en verre à retourner pour les boissons gazeuses, la bière et l'eau. Il existe plusieurs types de plastiques et le fait de les connaître aidera les managers de déchets à traiter les problèmes de décharge et de recyclage des déchets en plastique.

- *Polyéthylène-téréphtalate (PET)*. La plupart des boîtes de soda et de boissons non alcoolisées contenant des liquides sous pression (gaz) sont en PET. La valeur de recyclage de ce plastique est relativement élevée car il sert à la fabrication des textiles synthétiques.
- *Polyéthylène à haute densité (PEHD)*. Ce plastique a de maintes applications mais est utilisé principalement en raison de sa résistance aux produits chimiques et de sa solidité élastique. Il est souvent utilisé dans la fabrication des emballages, des décolorants, des produits de lavage et du lait. C'est également l'un des matériaux les plus utilisés pour la fabrication des sacs en plastique fins ; sa valeur de recyclage est excellente.

- *Polyvinylchlorure (PVC)*. Ce produit est utilisé dans de nombreuses applications structurelles comme le tubage et le mobilier. C'est également le plastique le plus utilisé pour la fabrication des récipients pour l'eau en bouteille non gazeuse et autres emballages de produits alimentaires. Sa valeur de recyclage est bonne mais pas aussi élevée que celle du PET ou du PEHD.
- *Polystyrène*. Ce plastique est également très utilisé, surtout pour la fabrication d'ustensiles, de la vaisselle et des jouets en plastique. Il entre aussi dans la fabrication de la plupart des emballages en matière plastique mousse. Sa valeur de recyclage est relativement faible.

Les plastiques sont des matériaux inertes qui, si en tant que rebuts créent de nombreux problèmes esthétiques, n'ont aucun impact environnemental néfaste dans la décharge. S'ils sont brûlés, ils dégagent cependant des gaz toxiques et constituent une source majeure de pollution atmosphérique dans les zones très peuplées. Incinéré, le PVC en particulier dégage de l'acide chlorhydrique.

Le recyclage des plastiques est devenue une grande industrie dans le monde entier. Les groupes d'intérêts environnementaux et la conservation des ressources pétrolières ont encouragé de nombreux fabricants à utiliser du plastique recyclé quand c'est possible. Cet aspect est évoqué en détail plus loin dans ce rapport.

### **Production de lessives**

Les lessives sont des polluants liquides produits par les déchets et peuvent causer de sérieux problèmes tant au stade d'enlèvement que de décharge des déchets. Ces liquides proviennent soit de la décomposition des matières organiques des déchets soit de liquides tels que les dissolvants synthétiques, les huiles résiduelles ou les nettoyants liquides qui ont été jetés avec les déchets solides. Cette catégorie de polluants provient uniquement des activités industrielles ou commerciales. Les dissolvants ou les polluants industriels qui posent des problèmes constants dans les décharges des pays occidentaux ont peu d'effets nocifs dans celles du Maroc.

Lorsque les déchets organiques se décomposent, ils produisent de forts acides organiques qui dissolvent les autres produits chimiques se trouvant dans les déchets, y compris des métaux lourds qui contaminent considérablement les lessives de la décharge. Pour ce qui est des métaux lourds, il est utile de noter les sources de ces métaux dans les déchets, qui sont principalement l'encre de couleur employée pour l'impression des magazines et journaux, ainsi que les batteries de toutes sortes. Le plomb des batteries et le mercure des petites batteries de montres et de prothèses auditives sont des sources courantes de contamination par métaux lourds des lessives de déchets dans le monde occidental. La présence de ces sources est toutefois beaucoup moins courante dans les pays en développement comme le Maroc ; ainsi, les métaux lourds devraient être moins problématiques dans les lessives produites par les déchets marocains.

Pour se décomposer et produire des lessives, les déchets ont besoin d'eau et, ainsi, le contrôle de l'eau revêt une importance primordiale en gestion de décharges. Idéalement, la teneur en eau nécessaire à la décomposition des déchets organiques se situe entre 40 et 100 % et la décompo-

sition s'arrête quand le taux d'humidité tombe au-dessous de 20 %. Ainsi, les déchets typiques marocains d'un taux d'humidité de 60 à 70 % se décomposent dans la décharge, mais si l'on restreint l'eau supplémentaire, ou si les déchets sèchent, la décomposition et les lessives sont interrompues. Du fait que le climat marocain est semi-aride et que ses saisons humides et sèches sont bien définies, la génération des lessives n'est pas aussi problématique au Maroc que dans des pays occidentaux à fortes précipitations. A ces moindres précipitations vient s'ajouter l'index élevé d'évaporation qui réduit l'humidité des déchets lors de leur déversement dans la décharge.

### **Production de méthane**

Le méthane est un autre produit de décomposition des matières organiques dans les décharges. Il est assujéti aux mêmes variables que les lessives et augmente ou diminue avec le taux d'humidité. Concentré à plus de 5 %, le méthane est un explosif. C'est un gaz plus léger que l'air émis normalement dans l'atmosphère au-dessus de la décharge lorsque celle-ci est active. Lorsque la décharge est fermée et qu'une légère couche de terre perméable recouvre sa surface supérieure, l'émission de méthane se trouve bloquée et peut causer une accumulation sous la couverture de sol et une migration hors site à travers les couches poreuses du sol. Si la zone est habitée, le méthane peut pénétrer dans les logements et provoquer une explosion. Si un tel risque existe, le couvert final de la décharge doit comporter des événements de méthane afin d'empêcher l'accumulation de ce gaz et de permettre son émission dans l'atmosphère.

### **Aspects géologiques**

Plusieurs caractéristiques géologiques influent sur les effets environnementaux de la décharge. La teneur physique et chimique du sous-sol de la décharge déterminera sa capacité de filtrage ou de suppression chimique de nombreux composants (sinon tous) des lessives de la décharge.

En général, un limon sableux fin d'une étanchéité de  $1 \times 10^{-5}$  à  $1 \times 10^{-7}$  cm/s est idéal comme sol de base d'une décharge. De par sa nature fine, le sol filtre les composants solides des lessives et favorise la croissance biologique, laquelle élimine les sous-produits organiques de décomposition des lessives. Les métaux lourds contenus dans les lessives sont également bloqués chimiquement à travers un échange d'ions par le sol fin contenant les ions de calcium nécessaires. Si les lessives sont en grande partie organiques, une couche de 5 à 10 m de sol fin non saturé, comme décrit ci-dessus, devrait suffire pour traiter adéquatement les lessives de la décharge. Malheureusement, la plupart des solvants industriels traversent le sol sans changer.

Etant donné le climat semi-aride du Maroc, le niveau de la nappe phréatique se trouve en général à une très grande profondeur. A l'un des sites municipaux de décharge, il a été signalé que la nappe se situait à 200 m environ de profondeur. Cette grande séparation entre le fond de la décharge et la nappe phréatique susceptible de contamination constitue aussi une caractéristique géologique locale favorable à un site de décharge. Le Maroc jouit d'excellents sols pour les décharges : génération limitée de lessives due à de faibles pluies, sols fins et une nappe phréatique située à une grande profondeur.

Du côté négatif, il convient de citer les nombreuses zones rocheuses du Maroc. En cas de fissure de la roche sous-jacente, la lessive la traverse sans changement et risque de contaminer la

nappe phréatique du sous-sol, même à une très grande profondeur. Aucune décharge ne devrait être sise sur des formations rocheuses.

### **Site pour décharge**

La discussion des aspects géologiques ci-dessus met en lumière le fait que le sol de base de la décharge est un des paramètres les plus importants de son site. La contamination de la nappe phréatique par les lessives de la décharge ne devrait pas être problématique dans une région aux sols naturels argileux ou sableux et où la nappe est profonde, c'est-à-dire à plus de 5 à 10 mètres de profondeur. Le paramètre crucial est la combinaison de perméabilité du sol et de profondeur de la nappe phréatique. Un sol un peu plus perméable peut néanmoins convenir si la nappe phréatique se trouve à une plus grande profondeur. En général, les sols sableux, d'une perméabilité supérieure à  $1 \times 10^{-4}$  cm/s ne doivent pas être retenus pour un site de décharge, que la nappe phréatique se trouve à n'importe quelle profondeur.

L'exception à la règle portant sur une base de sol naturel est le déversement de grandes quantités de déchets industriels contenant des solvants synthétiques ou des produits pétroliers. Dans ce cas, le sous-sol de la décharge doit être argileux et imperméable (perméabilité inférieure à  $1 \times 10^{-8}$  cm/s) ou recouvert de plastique et muni d'un système de récupération des lessives. Du fait que l'index d'évaporation excède de beaucoup la pluviométrie, les lessives récupérées devront être traitées par évaporation dans des réservoirs ouverts.

Outre les caractéristiques géologiques, il convient de prendre en compte les paramètres de site ci-après, qui ne doivent pas servir de critères rigides mais simplement de guide. Étant donné que toute décharge de déchets solides représente une utilisation négative des sols, le processus de sélection d'un site ne sera réussi que s'il repose sur un compromis entre les aspects économiques et environnementaux ; ceux-ci sont différents dans chaque municipalité.

- *Distance entre la décharge et les eaux de surface* : En général, la décharge ne doit pas être sise à moins de 100 mètres d'un cours d'eau saisonnier. Cette distance représente une zone tampon qui empêche les déchets ou les lessives de pénétrer dans le cours d'eau. Une étude hydrologique devrait confirmer l'absence de circuit hydraulique souterrain entre le site de la décharge et l'eau de surface.
- *Distance entre la décharge et un puits ou une fontaine d'eau potable* : La décharge ne doit pas être sise dans une zone de recharge d'un puits public ou au sein d'une zone de drainage d'une fontaine publique.
- *Le vent* : La décharge ne doit pas être située dans une région très ventée afin d'éviter les problèmes d'envolée des débris. Il est également primordial de considérer la direction du vent afin d'éviter que les odeurs malsaines ou les fumées soient transportées vers les centres urbains.
- *Distance entre la décharge et les quartiers résidentiels* : Ce paramètre, difficile à déterminer, est en général décidé à l'échelon des autorités municipales. Dans le passé, le paramètre était de 300 à 1000 mètres. Certaines communautés prennent en compte la densité du développement résidentiel aussi bien que la distance. Pour assurer une distance adéquate, on peut considérer la réimplantation des résidences individuelles.

- *Distance entre la décharge et les établissements publics, les environnements vulnérables ou les sites archéologiques/historiques* : Aucune décharge ne doit être située près des établissements publics où l'envolée des débris, la fumée, les odeurs ou la circulation intensifiée peuvent avoir des effets négatifs sur leur exploitation ou le plaisir du public. Les effets étant de nature visuelle et physique, il conviendra d'évaluer séparément la situation de chaque site.
- *Distance entre la décharge et le centre urbain* : Un autre critère important concerne la distance que doivent parcourir les camions d'enlèvement des déchets pour arriver à la décharge. Bien que celle-ci doive être assez éloignée pour minimiser les effets négatifs, le transport des déchets à la décharge ne doit pas devenir un fardeau économique. Une distance de 5 à 10 km semble raisonnable. Les camions modernes d'enlèvement des déchets sont conçus pour la marche-arrêt et ne sont pas très performants lorsqu'ils parcourent de longues distances pour atteindre la décharge. Si la décharge doit être située à plus de 15 ou 20 km du centre urbain, la municipalité devra considérer l'accès au site par le biais d'une station de transfert. La décision finale devra reposer sur une évaluation économique.

### **Contrôle des décharges**

Dans de nombreux pays en développement, les déchets des communes et petites villes sont jetés d'une manière non structurée et non contrôlée. L'expression "décharge informelle" se rapporte à des déversements divers : au site, le long des routes, dans des terrains vagues, des ravins ou autres endroits isolés. La décharge non contrôlée concerne le déversement informel ainsi que le déversement dans des endroits centralisés sans méthodes de gestion spécifiques visant à contrôler la génération ou l'émission de polluants dans l'environnement, ni tenir compte des aspects esthétiques. Les décharges non contrôlées sont souvent brûlées régulièrement dans le but d'en réduire le volume et d'exposer les matériaux pouvant être recyclés.

Le fait qu'une décharge ne soit pas contrôlée ne signifie pas nécessairement qu'elle pollue l'environnement. Une telle implication ne peut ressortir que d'une évaluation de la composition des déchets, des conditions du site et des variables qui provoquent la production de polluants. Les décideurs doivent donc examiner en premier lieu à quel moment le contrôle d'une décharge devient nécessaire pour protéger la santé de la population et le milieu. La réponse à cette question est certes très complexe car elle demande des connaissances sur la composition des déchets et sur les facteurs qui font que les déchets produisent des matières polluantes, deux sujets qui ont été traités ci-dessus.

Aux Etats-Unis, l'expression "décharge sanitaire" désigne une décharge correcte pour l'environnement, mais dans les pays en développement on utilise plus couramment l'expression "décharge contrôlée" qui, à l'avis de l'expert en déchets solides, est plus appropriée. Dans ce rapport, les procédures et fonctions de décharge ont été groupées en trois catégories afin de clarifier la définition d'une décharge contrôlée : contrôle conceptionnel, contrôle opérationnel primaire et contrôle opérationnel secondaire. La construction d'une décharge contrôlée est illustrée à la figure 1.

### **Contrôle conceptionnel**

**Si la décharge est une nouvelle décharge, la fonction de contrôle commence à la phase de conception et avec le site approprié. Celui-ci doit être pratique pour les générateurs de déchets**

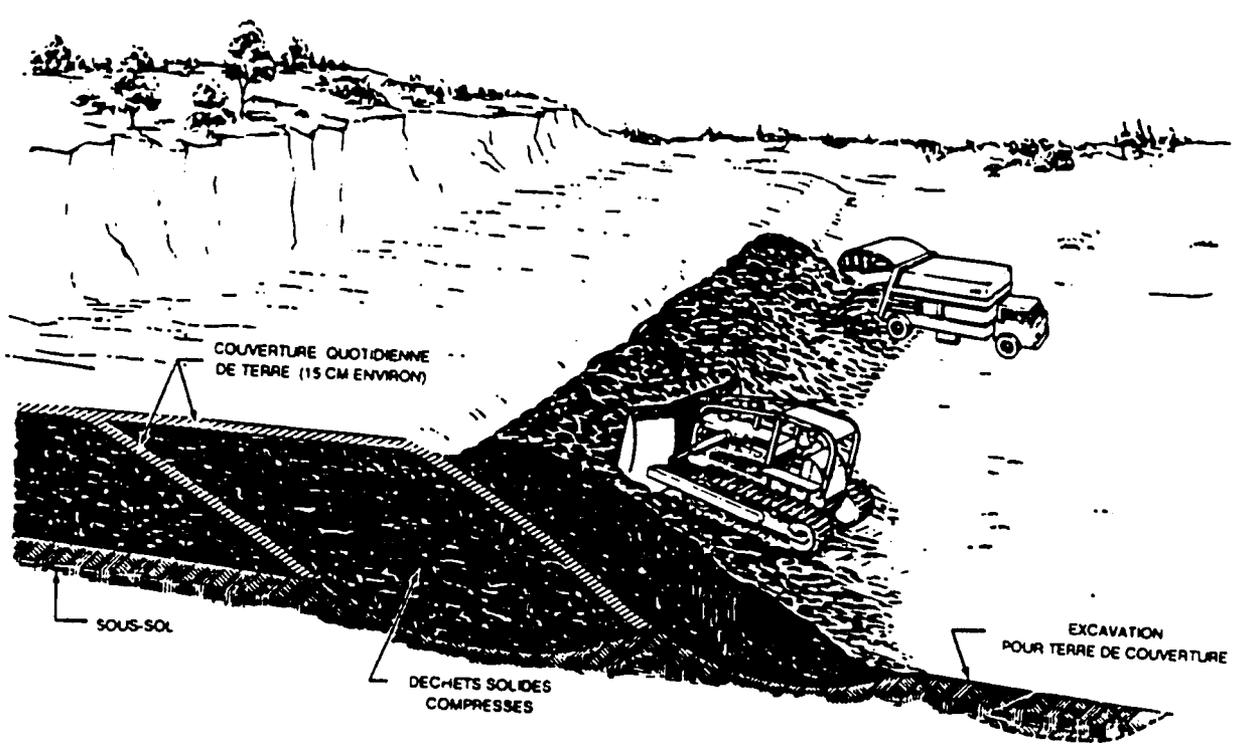
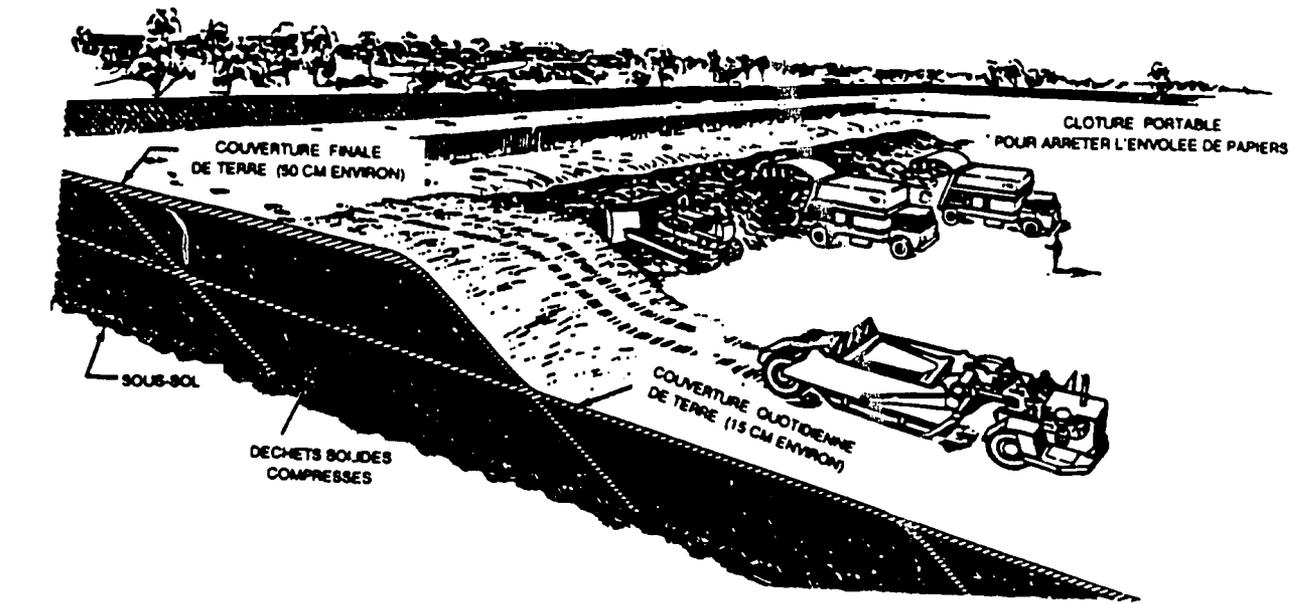


FIGURE 1  
CONSTRUCTION D'UNE  
DECHARGE CONTROLEE

mais assez isolé des quartiers résidentiels. Des distances tampons entre la décharge et les eaux de surface et nappes phréatiques minimisent l'impact potentiel négatif sur les ressources hydrauliques.

Les sols de base constituent peut-être l'aspect le plus important de la sélection d'un site. Si l'on trouve de bons limons argileux ou de sable fin assez loin de la nappe phréatique, on peut éviter le revêtement de la décharge et des systèmes de gestion des lessives. S'il n'existe pas de sols de base adéquats et que la qualité de la nappe phréatique demande à être préservée, il est nécessaire d'équiper la décharge d'un revêtement.

### **Contrôle opérationnel primaire**

Les mesures primaires de contrôle d'exploitation concernent les effets négatifs de la décharge dans le court terme, tels que l'envolée des débris, les odeurs malsaines, les mouches et les incendies, tout en mitigeant les facteurs qui provoquent la génération des matières polluantes. Ce contrôle constitue la mesure minimale à la base de la conversion d'une décharge informelle en décharge contrôlée.

- *Contrôle de l'accès* : Les véhicules ne devraient pouvoir accéder à la décharge que par une seule entrée pouvant être verrouillée pendant les heures de fermeture ou quand la décharge n'est pas surveillée. Une seule entrée facilite l'enregistrement et le suivi de tous les déchets.
- *Suivi des livraisons de déchets* : A l'entrée de la décharge, toutes les livraisons de déchets devraient faire l'objet d'une inspection afin de vérifier s'ils contiennent de grandes quantités de matières dangereuses ou liquides que la décharge ne peut pas traiter. Dans de nombreuses décharges, certains déchets tels que les pneus, les métaux ou les boues sont déversés dans des zones spéciales. La vérification initiale des déchets à l'arrivée devrait permettre d'identifier ce type de déchets et de les envoyer aux endroits appropriés de déversement. Si les ressources le permettent, une seconde vérification devrait avoir lieu lors du déchargement et du compactage des déchets. Les critères administratifs de la décharge pourraient exiger que toutes les livraisons de déchets soient enregistrées par écrit.
- *Contrôle de la combustion des déchets* : La combustion de déchets solides mélangés est l'un des aspects les plus polluants d'une décharge informelle et devrait être interdite à tous les sites contrôlés. Ceci est notamment vrai dans le contexte des changements dans la composition des déchets qui comprend plus de plastiques dont la combustion peut émettre des fumées très toxiques. Le contrôle de la combustion commence par l'inspection initiale des déchets du fait que des incendies peuvent se déclarer à partir de charbons et cendres chauds apportés à la décharge avec les déchets. Les incendies causés par les récupérateurs d'objets sont également fréquents et doivent être maîtrisés aussi rapidement que possible avec de l'eau ou de la terre.
- *Compactage des déchets* : Le compactage des déchets et la construction de compartiments de stockage constituent un critère fondamental pour toutes les décharges contrôlées, et ce pour de nombreuses raisons. Le compactage réduit le volume de la décharge et prolonge sa durée de vie utile. Les déchets compressés sont également moins perméables et entravent la pénétration de l'eau de pluie, et brûlent moins vite que les déchets non compressés en vrac. La solution idéale est d'utiliser un compacteur spécifiquement conçu pour les décharges ; le compactage peut également être effectué à l'aide d'une niveleuse à chenilles ou de tout autre engin de

terrassment similaire. Le compactage doit être effectué de manière à former quotidiennement des compartiments de déchets qui, idéalement, seront couverts de terre à la fin de chaque journée de travail.

- *Couverture de terre* : Comme le compactage, la couverture des déchets avec de la terre est une mesure de contrôle obligatoire pour plusieurs raisons. Outre le fait qu'elle permet de contrôler l'envolée des déchets, l'infestation d'insectes et les rongeurs, la couche de terre peut servir à contrôler l'infiltration des eaux de pluie en la dirigeant loin des déchets de la décharge et, ce faisant, réduit la formation de lessives. La couverture des compartiments formés chaque jour constitue une autre méthode de contrôle des incendies de décharge. La fréquence de couverture dépend normalement de la disponibilité de terre. Idéalement, les déchets devraient être recouverts de terre à la fin de chaque journée de travail, bien que ceci ne soit pas toujours possible en raison de la disponibilité limitée de terre ou du coût. La couverture des déchets avec de la terre devrait être effectuée au moins une fois par semaine.
- *Récupération* : La fouille des décharges pour trouver de la nourriture et des matériaux recyclables est problématique dans tous les pays en développement. Bien que les récupérateurs s'exposent à de nombreux risques de santé et de sécurité, ils effectuent en fait une tâche productive en retirant des matériaux car ils réduisent ainsi le volume de déchets à déverser. La récupération dans les décharges contrôlées entre souvent en conflit avec le compactage et la couverture des déchets, et devrait être restreinte ou interdite. L'objectif devrait être la promotion du recyclage au sein du système d'enlèvement des déchets ou par le biais de programmes de tri à la source plutôt qu'à la décharge.
- *Plan de fermeture* : La dernière mesure de contrôle primaire consiste à préparer un plan de fermeture à mettre en oeuvre lorsque la décharge a atteint sa pleine capacité. Le plan doit inclure, au minimum, une couverture finale imperméable des déchets et un système d'évents de gaz. La terre de couverture devrait ensuite être plantée d'herbes variées.

### **Contrôle opérationnel secondaire**

Le contrôle opérationnel secondaire comprend des procédures de gestion des matières polluantes produites par les déchets des décharges. Les mesures décrites ci-après ne sont peut-être pas toutes applicables car elles dépendent soit de la conception de base de la décharge soit des conditions du site.

- *Mesures de contrôle des gaz émis par les décharges* : Le volume de gaz émis par une décharge dépend du degré de décomposition des déchets dans la décharge. Bien que le méthane soit le composant gazeux le plus problématique, il ne représente que 50 % environ du volume des gaz émis. Le reste est composé de gaz carbonique et de traces d'hydrocarbures et autres gaz. Le mélange gazeux étant plus léger que l'air, il s'échappe de la décharge pendant sa durée de vie utile et doit être ventilé au moyen de mécanismes spéciaux après la fermeture de l'installation.
- *Gestion des lessives* : Si la décharge est munie d'un revêtement, toutes les lessives générées par la décharge seront récupérées, mais devront être traitées. Bien que le traitement puisse être reporté à plus tard en recirculant les lessives dans la décharge, il faut éventuellement les soumettre à un traitement quelconque et les éliminer. Dans les pays semi-arides, le traitement

le plus économique est le stockage et l'évaporation dans des réservoirs d'évaporation munis d'un revêtement.

- *Suivi de l'impact sur l'environnement* : Un suivi de l'impact des décharges contrôlées sur l'environnement doit être effectué dans le but d'évaluer l'émission potentielle de polluants dans l'environnement. Le suivi dépend des conditions du site et du type de sols de base de la décharge. S'il s'agit de sols naturels, il conviendra de mettre l'accent sur le suivi des paramètres de la nappe phréatique pour assurer le bon fonctionnement des mécanismes naturels de filtrage. Si le système comprend un revêtement et un système de gestion des lessives, le suivi portera sur la qualité des lessives et sur l'étalonnage des eaux de surface du cours d'eau qui les reçoit. Il sera peut être nécessaire de procéder au suivi de la qualité de l'air des grandes décharges si elles sont situées à proximité de quartiers résidentiels. Pour identifier correctement l'impact de l'exploitation de la décharge, tous les programmes de suivi des eaux souterraines et de surface devront comprendre l'historique des conditions du site antérieurement à l'exploitation de la décharge.

## **1.5 Bases de données sur la génération des déchets**

Avant d'évaluer les aspects spécifiques des décharges concernées, une base de données sur la génération des déchets a été préparée pour chaque municipalité à partir des informations fournies par la population et des caractéristiques de référence des composants de gestion des déchets solides. Ces bases de données couvrent la population, la génération des déchets, les volumes estimatifs d'enlèvement des déchets et les exigences de décharge pendant une période programmée de 20 ans. Bien que le but principal de la préparation des bases de données soit d'estimer les ressources de décharge nécessaires, ces données aideront également à formuler des recommandations pour des systèmes d'enlèvement des déchets. Deux graphiques ont été préparés pour chaque base de données.

Le premier graphique montre la génération et l'enlèvement des déchets estimés sur la base de la population de 1994 et son taux projeté de croissance, ainsi que les facteurs de génération des déchets par personne. Le volume des déchets enlevés tient compte du pourcentage de la ville qui bénéficie des services d'enlèvement des déchets, le taux de recyclage des déchets et la décharge informelle observée pendant les inspections au site. A Meknès, les déchets enlevés ont été estimés à 70 % de la génération totale alors que pour Azrou et Séfrou ils ont été estimés à 80 %.

Le deuxième graphique représente le calcul des exigences de décharge à 5 ans d'intervalle, selon plusieurs hypothèses. La densité des déchets actuels a été estimée à  $800 \text{ kg/m}^3$ , la couverture du sol à 10 % du volume des déchets et la profondeur de la décharge à 20 mètres. Sur le graphique, les superficies de la décharge sont exprimées en hectares, sans toutefois comprendre les zones tampons qui devront être ajoutées pour obtenir la superficie totale nécessaire pour l'installation. Les bases de données sont présentées à l'annexe A et les deux figures sont incluses dans la partie consacrée à chaque municipalité.

## **2 MEKNES**

### **2.1 Généralités**

Avec une population de 410 852 habitants (1994), Meknès est de beaucoup la plus grande des trois villes couvertes par le projet. Située entre le djebel Zerhoun et le Moyen Atlas, c'est l'une des cités impériales du Maroc. Meknès comprend un gouvernement central et 4 municipalités indépendantes au sein de la ville. Chaque municipalité est responsable de l'enlèvement des déchets dans sa juridiction et le gouvernement central est responsable de l'exploitation de la décharge.

### **2.2 Génération et composition des déchets**

En raison de la situation géographique et des activités commerciales de Meknès, on a employé un facteur de production de 0,7 kg de déchets par personne pour estimer le volume total de déchets générés par la ville, soit 288 tonnes par jour sur la base de la population de 1994 (410 852 habitants). Selon les informations obtenues au cours des interviews avec les autorités municipales, il existe des services d'enlèvement des déchets dans 80 % environ de la ville. On a également estimé que 10 % environ des déchets générés sont déversés dans des endroits non structurés, utilisés pour le remplissage ou recyclés avant l'enlèvement et la décharge. Ainsi, on estime que les déchets effectivement enlevés représentent environ 70 % du volume généré, soit 201 tonnes par jour. Les estimations de génération et d'enlèvement des déchets présentées dans le graphique en haut de la figure 2 couvrent une période de 20 ans et sont basées sur un taux annuel de croissance de la population de 2 %. Pour des chiffres plus précis sur la génération des déchets, se référer à la base de données présentée à l'annexe A.

Le commerce régional explique la teneur plus élevée des déchets en papier, carton et plastiques à Meknès que dans les deux plus petites villes couvertes par le projet. En raison de leur volume plus important, ces matériaux sont en général recyclés avant d'atteindre les systèmes d'enlèvement et de décharge. Ainsi, les déchets effectivement déversés à la décharge contiennent beaucoup de matières organiques.

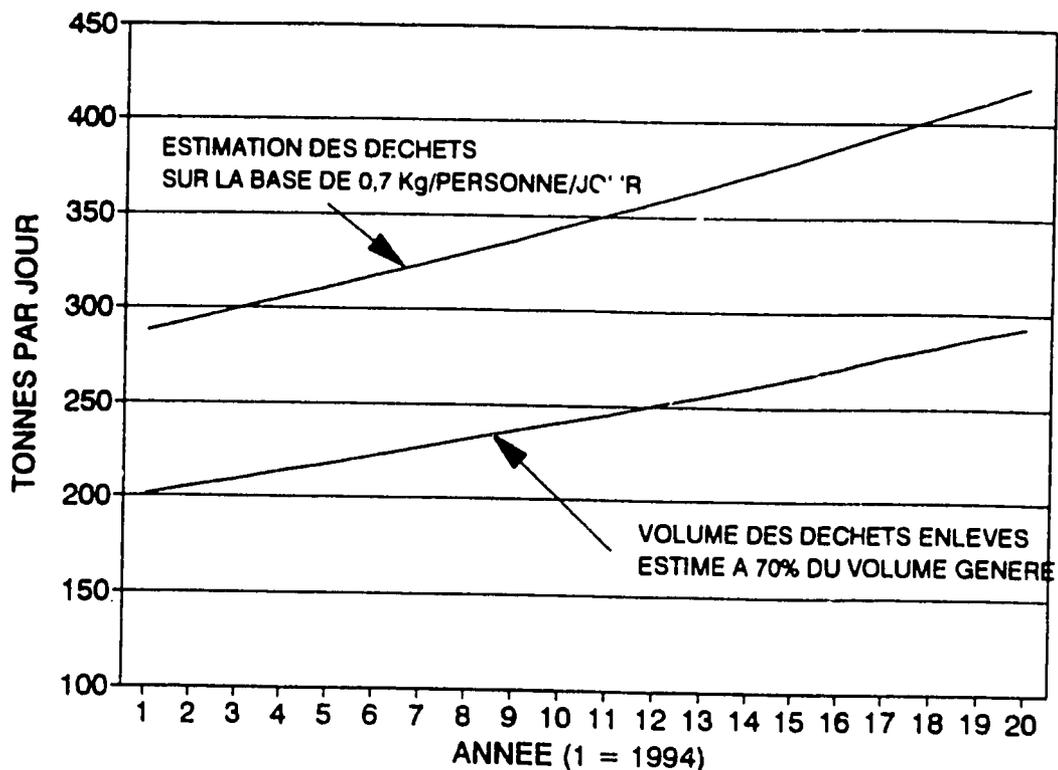
### **2.3 Systèmes actuels d'enlèvement des déchets**

#### **Généralités**

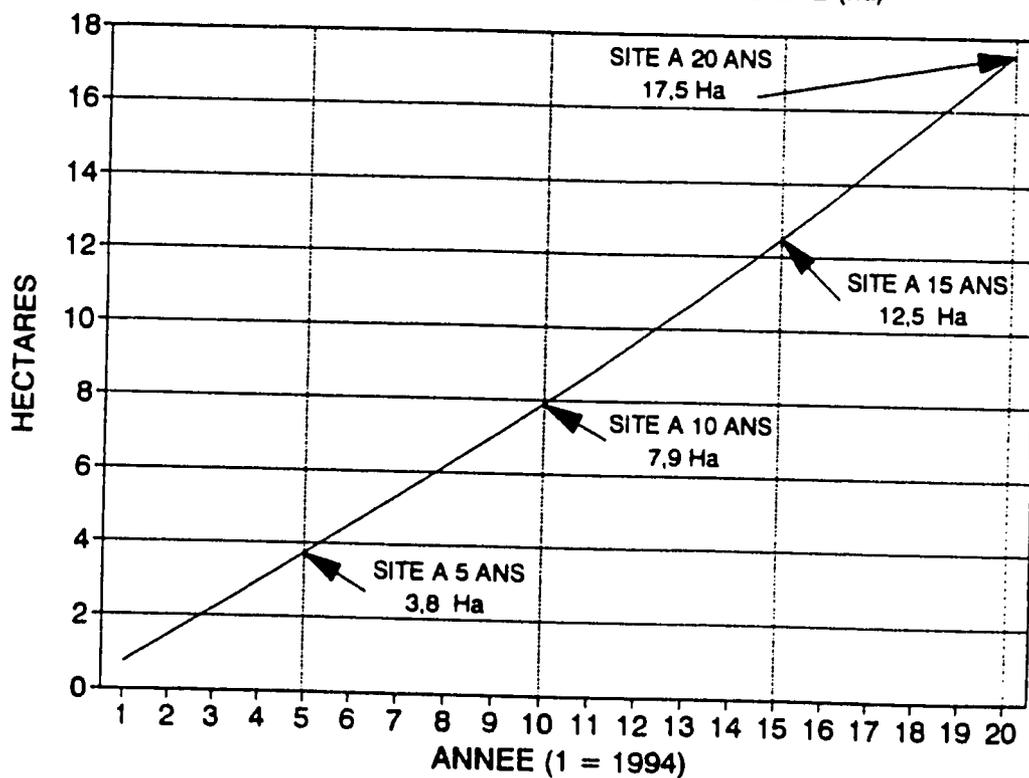
Chacune des quatre municipalités maintient son propre parc de véhicules d'enlèvement des déchets et son propre dépôt de réparation et d'entretien des camions. En raison de contraintes de temps, les autorités d'une seule municipalité sur les quatre ont pu être interviewées et un seul dépôt a été inspecté pendant la visite de site. Les conditions étant très diverses, les parcs de véhicules comprennent une variété de camions, dont des compacteurs de 6 à 8 m<sup>3</sup>, des camions-bennes basculants de 6 m<sup>3</sup>, des camions multi-bennes avec élévateurs de bacs de 5 m<sup>3</sup> et de nombreux petits véhicules pour l'enlèvement des déchets dans les vieux quartiers aux rues étroites. La capacité globale de tous les véhicules d'enlèvement des déchets est de 80 m<sup>3</sup>, ce qui,

en comparaison avec le volume des déchets produits dans cette municipalité, représente un rapport

## MEKNES DES DECHETS (TPJ)



## MEKNES SUPERFICIE DE DECHARGE NECESSAIRE (ha)



**FIGURE 2**

**GENERATION DES DECHETS  
ET  
CAPACITE DE DECHARGE**

de 0,40 environ. Même avec un bon programme de réparations et d'entretien des camions, l'équipement semble marginal pour le volume de déchets générés par cette municipalité. Aucun des compacteurs n'est muni d'un élévateur mécanique ou d'un treuil et donc aucun ne peut manutentionner les conteneurs. En moyenne, les véhicules ont de 5 à 7 ans, et même l'entretien et les réparations ordinaires sont problématiques.

Les déchets sont enlevés tous les matins entre 7 heures et 10 heures 30, et tous les camions sont rentrés au dépôt l'après-midi. Certains camions à usage polyvalent sont réaffectés à d'autres tâches l'après-midi.

Sauf pour les bacs de 5 m<sup>3</sup>, tout le ramassage se fait quotidiennement en ligne. Les résidents déposent leurs déchets dans des endroits pratiques, parfois sous sacs en plastique, mais souvent en vrac sur le sol sans utiliser de conteneurs. Ces tas d'ordures font souvent la joie des animaux qui les éparpillent ou des récupérateurs à la recherche de matériaux à recycler. Les éboueurs placent ces déchets dans des corbeilles qu'ils vident dans le camion d'enlèvement des déchets.

Les zones de déversement informel sont nombreuses à Meknès comme dans les autres grandes villes marocaines. Ces zones, qui sont souvent des terrains vagues ou des dépressions, sont couvertes de déchets de toutes sortes, mais surtout de débris de démolition et de construction. Les zones les plus visibles sont régulièrement nettoyées par des employés municipaux.

### **Problèmes d'enlèvement des déchets**

Les principaux problèmes dont souffre le système d'enlèvement des déchets semblent dériver de la pénurie de main-d'oeuvre et de ressources financières. Les véhicules ne sont pas entretenus ni révisés régulièrement en raison de la pénurie de pièces détachées, autres fournitures et mécaniciens qualifiés en révision mécanique. Lorsqu'un camion tombe en panne, l'achat de pièces de rechange doit être autorisé par la municipalité puis elles sont commandées auprès du fabricant, un processus qui prend parfois plusieurs mois même pour une petite réparation. La situation est aggravée par la grande variété de marques et de modèles de véhicules de chaque dépôt. Chaque nouvelle acquisition étant décidée par la municipalité uniquement sur la base du prix, le parc contient des véhicules Renault, Hino, Mitsubishi, Fiat, etc. Cela rend l'entretien de routine et le stockage des pièces détachées encore plus difficile.

L'absence de dossiers d'entretien et de réparation rend impossible l'évaluation de la performance de chaque pièce d'équipement. La tenue de tels dossiers aiderait à identifier les véhicules surutilisés ou sousutilisés, et les routes d'enlèvement des ordures pourraient être décidées selon l'efficacité du véhicule. On a estimé qu'en moyenne les camions ne sont disponibles que pendant 50 à 60 % de leur durée de vie utile en raison des temps morts dûs à l'entretien et aux réparations.

L'inspection et les interviews dans une municipalité ont révélé qu'un superviseur est responsable de 35 éboueurs. Les salaires faibles et les problèmes de santé sont aggravés par un statut social des plus bas. Ces conditions expliquent les faibles performances et l'acquittement de la tâche sans souci de responsabilité.

### **Privatisation actuelle**

L'une des municipalités a embauché des chauffeurs et loué des camions du secteur privé en supplément des véhicules d'enlèvement des déchets de la ville. Le coût actuel est de 400 DH pour huit heures de travail (chauffeur et camion) et la municipalité fournit les éboueurs. Cette forme de privatisation dure depuis quatre ans et est très prospère. La municipalité évite le coût du véhicule et de son opération mais garantit la disponibilité des camions.

## **2.4 Décharge actuelle**

### **Généralités**

La décharge actuelle, située au nord de la ville sur une colline surplombant une vallée peu peuplée s'ouvrant vers le nord du pays, est illustrée à la figure 3. Elle est entièrement visible de la route principale nord qui mène à la ville. Les vents soufflent la fumée de combustion constante vers la municipalité.

Tous les déchets solides générés par la ville sont transportés à la décharge, y compris les déchets résidentiels, industriels et d'hôpital. Bien que l'hôpital principal soit équipé d'un petit incinérateur, celui-ci ne fonctionne pas et tous les déchets d'hôpital sont déversés à la décharge. Il n'a pas été possible d'obtenir une liste des industries établies dans la ville.

La décharge se construit à partir du haut de la colline ; les déchets sont vidés dans une petite zone très active puis poussées par dessus un talus à l'aide d'un petit chargeur à benne frontale. Ce chargeur n'est pas approprié à la tâche et ne peut assurer le déblaiement de la zone. A part l'opérateur du chargeur, personne ne dirige le déversement, et les récupérateurs semblent être en charge du site. La zone de déversement est actuellement très petite et très active, 50 récupérateurs environ et de nombreux bovins, moutons et chèvres cherchant des matériaux ou de la nourriture dans les déchets à mesure qu'ils sont déchargés de chaque véhicule.

Les déchets en vrac sur le talus sèchent rapidement sous le soleil brûlant et la combustion pose des problèmes constants. L'élargissement du talus le rend instable et un éboulement dans la vallée est à craindre. En termes structurels, cette décharge devient instable et devrait être fermée le plus tôt possible.

### **Accès**

Le seul moyen d'arriver au site est de traverser le centre ville et la zone résidentielle en développement. Pendant la saison des pluies caractérisée par la boue, les déchets sont déversés n'importe où le long de la route d'accès. Un officier municipal a assuré que la route d'accès était nettoyée régulièrement et que les déchets étaient transportés à la décharge. Le jour de l'inspection, on a constaté la combustion de nombreux tas d'ordures le long de la route.

Les conditions des bords de la route d'accès et à la décharge ont un impact très négatif sur la zone résidentielle qui se développe directement au sud de la décharge (voir figure 3). Les routes

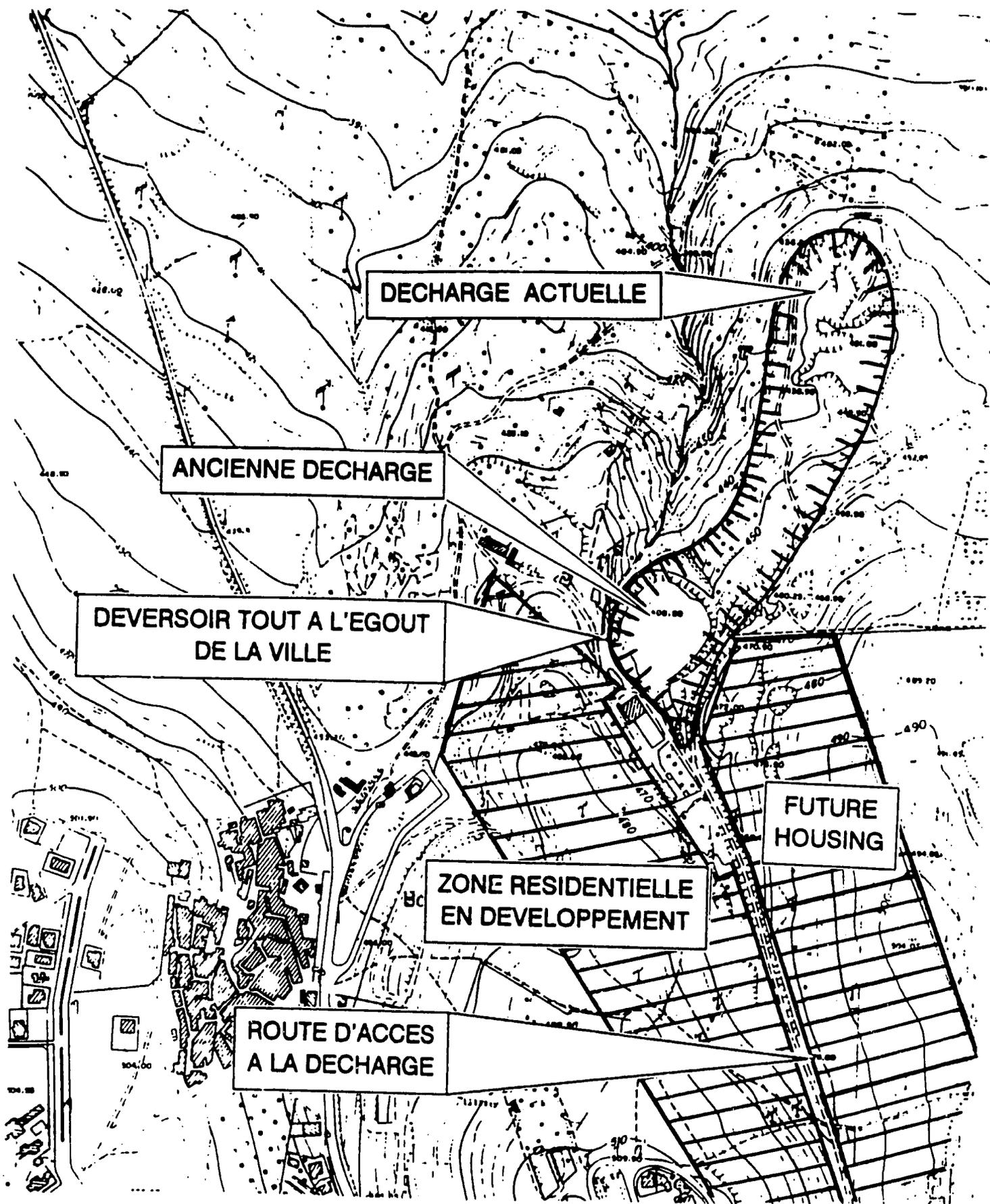


FIGURE 3

MEKNES

sont terminées et les services d'utilité publique sont en place, mais l'entrepreneur n'a pas encore vendu un seul lot en raison des conditions inesthétiques de la décharge.

### **Aspects environnementaux et de santé**

Les conditions actuelles de la décharge posent un problème majeur de santé pour les éboueurs et les récupérateurs de déchets, notamment en raison des déchets d'hôpital non traités et des déchets industriels non connus qui entrent dans la décharge. Outre les accidents physiques dus aux véhicules et aux matériaux déversés, le potentiel de contamination de maladies infectieuses par les récupérateurs ou les animaux constitue un important risque pour la santé.

Bien que les effets environnementaux immédiats de la combustion des déchets, des odeurs et des insectes soient importants pour les employés de la décharge et les personnes qui, malheureusement, habitent ou travaillent dans le sens du vent, l'impact de la décharge sur l'environnement sera probablement minime à longue échéance — ceci du fait qu'elle est sous combustion constante et donc composée en grande partie de cendres et d'un mélange de cendres et de déchets organiques. Sous combustion ceux-ci produisent des oxydes et des carbonates alcalins (pH élevé). Ces composés alcalins servent de tampons ou peuvent neutraliser les conditions acides créées par la décomposition des matières organiques qui pourraient avoir échappé à la combustion. Ces conditions alcalines peuvent également stabiliser la plupart des métaux lourds de la décharge en formant des composés chimiques insolubles.

Outre les conditions chimiques de la décharge, la nappe phréatique se trouve à plus de 20 mètres sous la décharge et toute la zone repose sur une grande couche d'argile. Cette couche d'argile est plus prononcée vers le nord de la ville et sera un facteur à considérer lors de l'identification d'un nouveau site de décharge. Ces caractéristiques mènent à penser que la décharge n'a probablement aucun effet néfaste sur les eaux souterraines. Le seul problème environnemental dérive peut-être des déchets industriels qui ont probablement été déversés dans la décharge.

Comme l'indique la figure 3, le principal déversoir du tout à l'égout de la ville vide son contenu à proximité de l'ancien site de la décharge et crée un petit ruisseau pollué qui court le long de la base septentrionale de la décharge actuelle. Bien qu'un risque de lessivage en surface existe à la décharge pendant la période de pointe de la saison des pluies, ses effets ne sont pas détectables dans le ruisseau très pollué.

Il conviendrait d'inclure dans les plans futurs la construction d'une installation d'épuration des eaux usées de ce déversoir. Si cette installation voit le jour, la ville devra entreprendre une étude de la décharge afin de déterminer s'il existe un risque de contamination par lessivage.

### **Recyclage**

A Meknès, le système de recyclage est très dynamique, tant au sein du système d'enlèvement des déchets qu'à la décharge. Au site de la décharge, un intermédiaire achète les matériaux auprès des équipes d'éboueurs et des récupérateurs. Ces matériaux comprennent des conteneurs en plastiques, du verre, du papier et quelques métaux et os. L'intermédiaire nettoie et prépare les matériaux pour leur expédition vers les marchés de Casablanca. A titre d'illustration, citons qu'il

paie 0,5 DH pour les bouteilles sorties de la décharge et qui doivent être lavées avant leur expédition. Les autres matériaux sont rassemblés et expédiés également, mais leur prix est plus bas. L'intermédiaire n'a pas voulu révéler le prix qu'il recevait pour les matériaux expédiés à Casablanca.

Outre cet intermédiaire, on a appris que d'autres agents de recyclage travaillaient dans la ville, notamment dans les zones commerciales et industrielles où il peuvent tirer un meilleur prix des matériaux.

## **2.5 Installation de préparation de compost**

Construite en 1965, l'installation de préparation de compost à Meknès a fonctionné de 1971 à 1992. Si ses équipements sont irréparables ou ont été démontés pour en tirer des pièces détachées, ses principales structures, dont deux grandes plates-formes de maturation couvertes, semblent encore solides. Cette installation a été conçue selon l'ancien type de compostage très mécanisé qui comprenait la réduction et le tri des déchets avant le compostage. La brève visite effectuée au site n'a laissé entrevoir aucun travail de tri avant d'enfourner les déchets dans deux grands concasseurs à marteaux. Outre le haut degré de mécanisation, on a reconnu que l'utilisation de concasseurs à marteaux était une "erreur fatale" qui a finalement causé la fermeture de l'installation en 1992.

A mesure que la composition des déchets de Meknès changeait pendant les années 70 et 80, on constatait de plus en plus d'emballages, de plastiques et de verre à jeter dans la filière d'enlèvement. En raison de la structure de l'installation et de l'absence de tri, ces matériaux étaient broyés ou mis en pièces dans des concasseurs à marteaux pour devenir un élément du mélange qui dégradait finalement le compost au point où les agriculteurs refusaient de l'acheter. Les recettes de compostage sont passées de 60 DH la tonne en 1979 à 20 DH en 1992, prix inférieur aux coûts d'exploitation de l'installation et qui a mené à sa fermeture. Bien que non opérationnelle, cette installation représente une ressource intéressante et devrait être prise en compte lors de la planification future. Si elle reprend ses activités de compostage, les deux concasseurs à marteaux devront être enlevés et remplacés par un tri manuel et un gros criblage avant le compostage, puis par un criblage plus fin du compost final.

La possibilité de convertir l'installation en une station de transfert sera dictée par le choix du site de la nouvelle décharge. Les plates-formes de maturation pourraient alors servir pour une nouvelle tâche de compostage ou pour trier les déchets manuellement avant leur transfert.

## **2.6 Autres aspects**

Meknès est le site d'une grande cimenterie. Bien que les contraintes de temps n'aient pas permis l'inspection ou l'évaluation du four à ciment, cet élément pourrait devenir une ressource importante pour la gestion des déchets de Meknès et des alentours. Aux Etats-Unis et dans de nombreux pays d'Europe, des fours à ciment servent à incinérer une grande variété de matériaux, y compris les pneus, les huiles résiduelles, les déchets d'hôpital et les déchets dangereux. Aux

Etats-Unis, plus de 1,5 million de tonnes de déchets dangereux sont incinérés tous les ans dans des fours à ciment. Les températures très élevées du four conjuguées à la nature alcaline de la poussière de ciment constituent des paramètres idéaux de combustion d'une grande variété de déchets spéciaux sans nuire à l'environnement. Il conviendrait que les autorités municipales s'adressent aux opérateurs du four à ciment en vue de savoir s'ils seraient intéressés à apporter leur concours à un projet de gestion des déchets.

En décembre 1994 l'expert de l'ICMA en déchets solides a préparé un document sur l'utilisation de fours à ciment pour l'incinération des déchets dangereux. Bien que ce document ait été rédigé à l'intention des autorités d'un pays d'Europe orientale, la plupart des informations techniques sont inhérentes à tous les fours à ciment et pourraient présenter un intérêt pour les managers de déchets marocains. A titre de référence, une copie de ce document est présentée à l'annexe B.

## 2.7 Recommandations

### Généralités

Les nombreux problèmes dont souffrent les systèmes d'enlèvement des déchets à Meknès peuvent être résolus en modernisant les services publics existants, en consolidant les systèmes publics, en privatisant les services d'enlèvement, ou en combinant plusieurs de ces mesures.

La décharge existante représente un problème majeur et devrait être fermée le plus tôt possible. Pour ce faire, il faudra la recouvrir de terre ; un plan intérimaire de 3 ans est offert durant lequel la décharge existante serait fermée, un nouveau site serait identifié et une nouvelle décharge serait construite.

### Recommandations pour l'enlèvement des déchets

- *Conteneurs* : Que les municipalités considèrent la modernisation du système public ou la privatisation, elles devront réserver plusieurs zones urbaines aux conteneurs communaux, notamment dans les nouvelles zones de développement résidentiel. L'utilisation de conteneurs améliorera l'efficacité du ramassage ainsi que les conditions de santé. Elle permettra également de réduire le nombre de ramassages de sept à trois par semaine.
- *Taille des camions* : Lors de l'achat de nouveaux camions, il conviendrait de considérer une capacité accrue à 14-16 m<sup>3</sup> pour les compacteurs ; dans les nouveaux quartiers de la ville, les rues plus larges pourront accommoder leur passage. Tous les nouveaux camions-compacteurs devront être équipés d'élévateurs mécaniques ou de treuils pour manutentionner les conteneurs.
- *Marques et modèles uniques* : Lors de l'achat de nouveaux véhicules, la municipalité devrait essayer d'acheter des équipements de même marque ou modèle en vue de faciliter l'entretien, les réparations et le stockage des pièces détachées.
- *Deuxième/troisième équipe* : Le calendrier actuel d'enlèvement des déchets uniquement le matin ne constitue pas une utilisation efficace de l'équipement. Les routes et les équipes devraient être ré-examinées dans le but d'utiliser les camions pour le ramassage aussi bien

l'après-midi que le matin. Une troisième équipe pourrait également être considérée pour l'entretien régulier de l'équipement et les petites réparations.

- *Tenue de dossiers* : Chaque municipalité devrait tenir un dossier pour chaque équipement dont elle est responsable. Chaque dépôt devrait tenir un journal pour chaque camion reflétant sa disponibilité, son équipe, ses entrées et sorties, la (les) zone(s) d'enlèvement des déchets, les voyages à la décharge, le volume estimatif des déchets enlevés par voyage, l'entretien et la consommation de carburant. De telles informations serviraient à calculer l'efficacité de l'enlèvement des déchets, programmer l'entretien régulier des camions, adapter les routes de camions et déterminer l'efficacité par rapport au coût. Le système de gestion de dépôt récemment élaboré pour la ville de Tétouan, sous contrat US AID, pourrait servir de modèle pour Meknès et d'autres villes marocaines.
- *Stock des pièces détachées* : Chaque municipalité devrait dresser un inventaire des pièces détachées et fournitures d'entretien nécessaires pour les réparations les plus courantes des véhicules : cylindres et lances hydrauliques, pièces pour freins et embrayages, pneus, joints, etc. Tous les nouveaux achats d'équipement devraient comprendre un inventaire des pièces détachées et leur prix d'achat. Il conviendrait également de considérer un inventaire commun de pièces détachées pour les quatre municipalités.
- *Privatisation* : Les municipalités ont été autorisées à acheter des nouveaux véhicules. Avant de procéder à cet achat, elles devraient considérer la privatisation. Cet aspect est évoqué en détail dans la partie 5 du présent rapport.
- *Consolidation* : L'exploitation de quatre systèmes d'enlèvement des déchets et dépôts de véhicules dans la même ville n'est pas la meilleure façon d'utiliser des ressources limitées. La consolidation des quatre services municipaux en une seule agence maximiserait l'utilisation des ressources limitées et améliorerait la performance globale. Pour ce faire, il conviendra de créer un nouveau département municipal indépendant ou une agence de gestion des déchets solides doté d'un ou deux dépôts centralisés pour l'entretien et la réparation des camions. Cet aspect devrait faire l'objet d'une étude de faisabilité au cours de laquelle serait dressé l'inventaire des ressources de main-d'oeuvre et d'équipement existantes ; cette étude devrait également contenir des recommandations pour la consolidation des opérations.

### **Recommandations pour la fermeture de la décharge/décharge provisoire**

La structure de la décharge actuelle est de plus en plus instable et cette installation devrait être fermée. Idéalement, cette opération de fermeture devrait comprendre la stabilisation des fortes pentes latérales ainsi que la couverture de tout le site avec une couche de terre de 30 à 50 cm d'épaisseur. Les travaux de stabilisation feront que les déchets devront être déversés en bas de la pente, ce qui réduirait la pente finale à 2,5:1, assurerait la stabilité structurelle et permettrait de placer la terre de couverture. La pente actuelle de 1,5:1 environ étant trop forte, elle ne peut être recouverte de terre.

Malheureusement, le déversement des déchets supplémentaires au bas de la pente nécessitera la construction d'une nouvelle route d'accès en terrain difficile et à travers des propriétés privées. Il serait utile que la Ville étudie d'autres routes d'accès à la base de la décharge.

Au cas où il serait impossible de construire une route d'accès à la base de la décharge, il conviendra de prévoir, lors de la fermeture de la décharge, uniquement la couverture de la partie supérieure de la décharge. Ceci demandera un énorme volume de terre de couverture non disponible pour l'instant. Nous recommandons une autre mesure qui consiste à construire une décharge peu profonde pour le court terme dans la zone à pente légère qui se trouve juste au nord de la décharge existante. L'excavation de cette décharge provisoire fournirait la terre nécessaire pour couvrir la décharge existante ainsi que trois années supplémentaires de capacité de décharge pendant lesquelles la Ville pourrait identifier et développer un nouveau site.

Les sols du site provisoire devraient être faciles à exploiter mais répondre aux critères des sols de base d'une décharge, indiqués dans la partie 1.4.4. Selon la base de données sur la production des déchets, il faudra créer une décharge de 442 000 m<sup>3</sup> environ pour accommoder les déchets pendant trois ans. Par mesure de simplicité, nous supposons dans ce rapport que la décharge provisoire serait de 100 m x 442 m et située à l'endroit indiqué à la figure 4. Une décharge de cette dimension devrait être construite en deux étapes de 50 m x 442 m chacune, selon les profils de la figure 5. Le site et le plan définitifs de la décharge provisoire devraient être arrêtés par la Ville au terme de l'évaluation des terres disponibles.

La terre extraite lors de la construction de la décharge provisoire sera chargée dans des camions-bennes basculants, transportée au sommet de la décharge existante, épanchée et compressée en une couche de 30 à 50 cm sur toute la décharge. Certaines parties de la décharge devront probablement être légèrement nivelées avant d'être recouvertes. Le sol de couverture devrait être compressé par trois passages minimum d'une niveleuse à chenilles D7 ou D8, puis planté de diverses herbes indigènes. Le calendrier de fermeture de la décharge existante dépendra des ressources disponibles et pourrait couvrir plusieurs mois ou les trois années de vie utile de la décharge provisoire.

Une fois la couverture terminée, la Ville devrait tester la zone pour déterminer la présence de méthane. En raison de la combustion de la décharge dans le passé, le méthane dégagé lors de la décomposition des déchets ne posera peut-être pas de problèmes. Si une quantité importante de méthane est détectée, il conviendra d'installer des événements de gaz (tuyaux en plastique perforés de 150 cm) dans le sol de couverture. Le système de dégorgeage devra être conçu par un ingénieur en génie civil expérimenté.

Quelles que soient les mesures prises par la Ville en ce qui concerne la décharge existante ou la nouvelle décharge, les autorités devraient considérer l'achat d'une nouvelle machine d'exploitation de la décharge. Le chargeur frontal à pneus utilisé actuellement n'est pas approprié. Bien que la capacité de la décharge justifie l'utilisation d'un compacteur spécial de décharge à roues d'acier, la Ville pourrait considérer l'achat d'une niveleuse à chenilles qui pourrait servir pour d'autres travaux. Une niveleuse D7 ou D8 serait de taille appropriée.

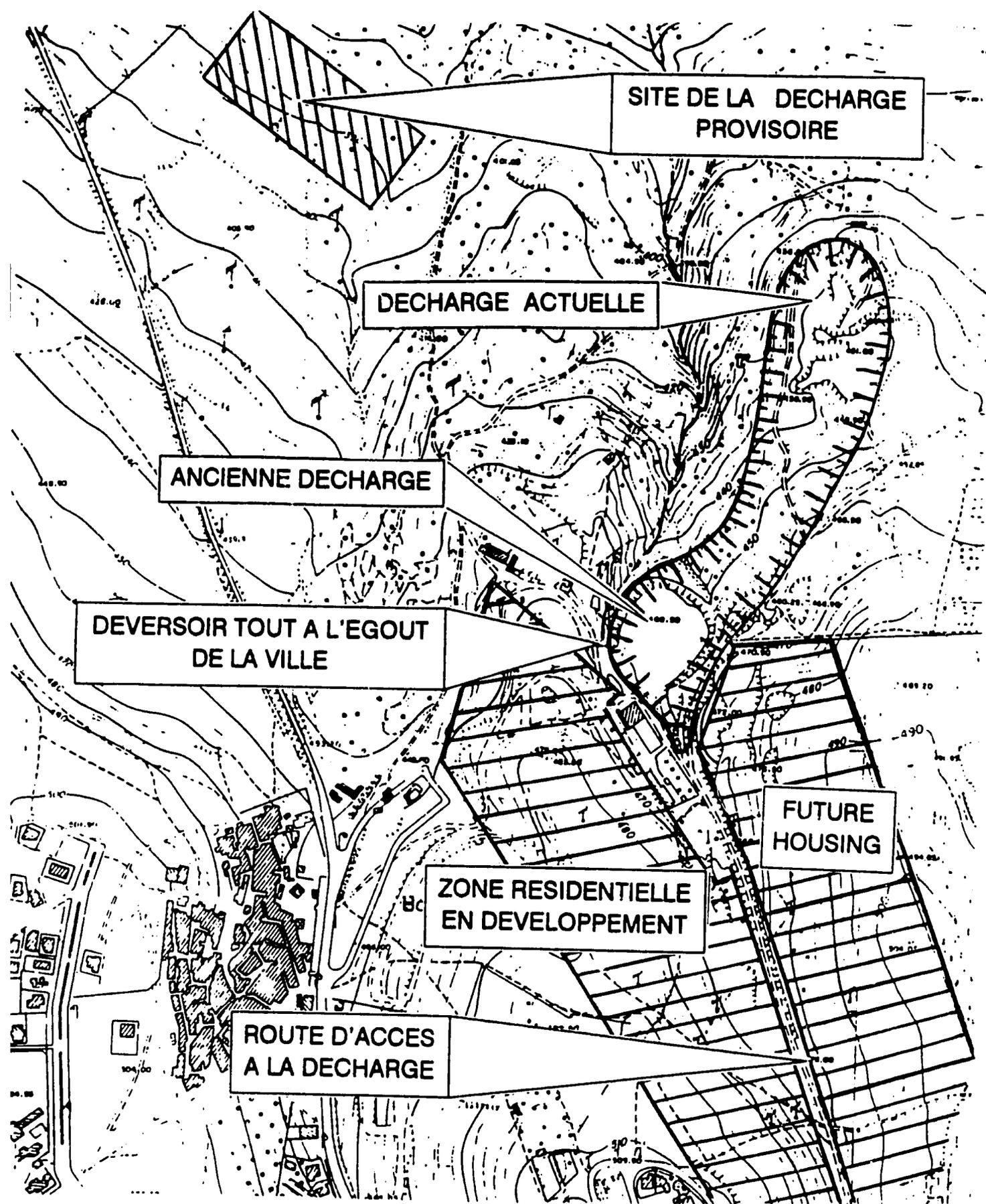
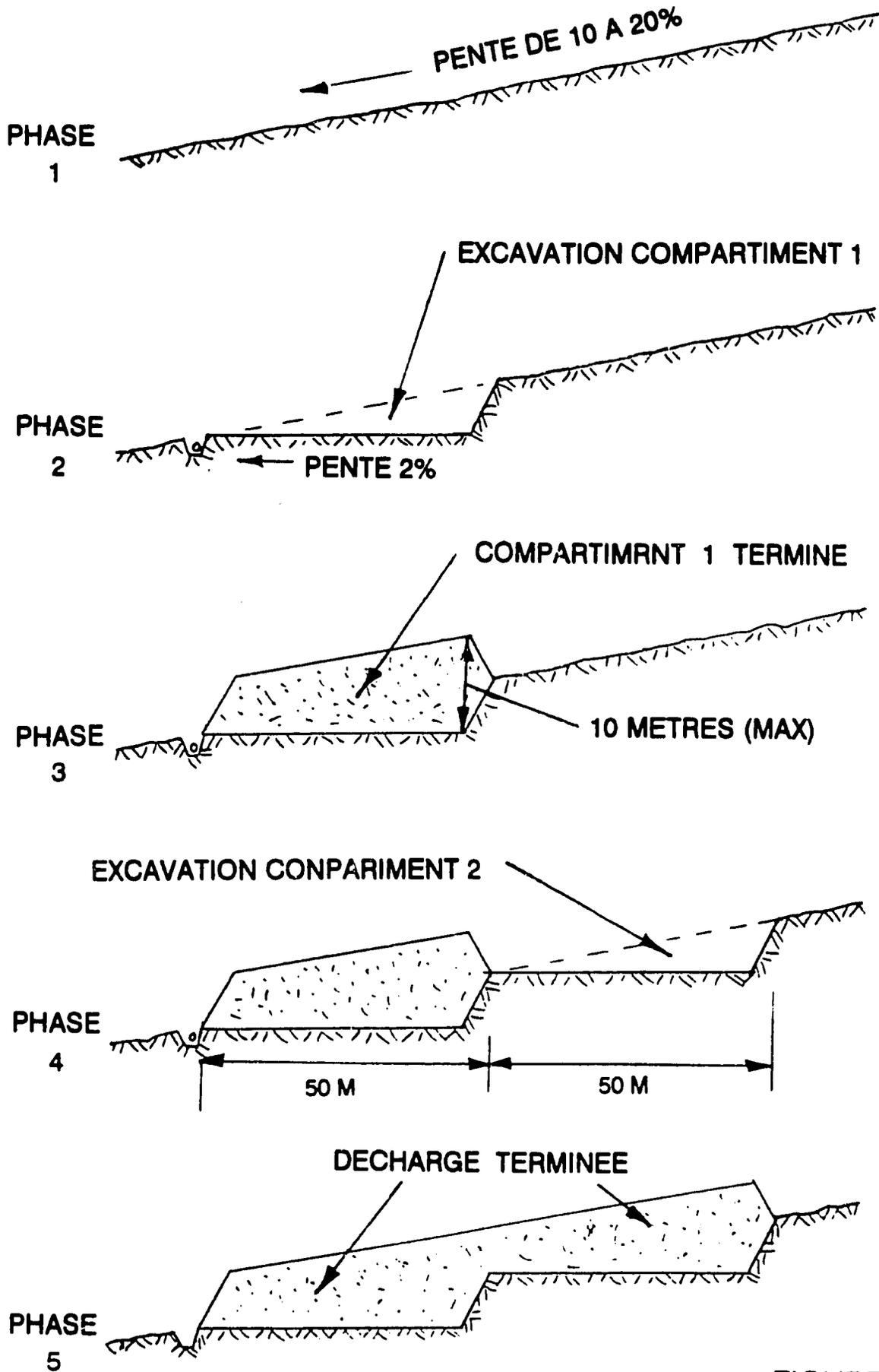


FIGURE 4

MEKNES



**FIGURE 5**  
**PROFILS DE LA DECHARGE**  
**PROVISOIRE**

### **Nouvelle décharge permanente**

La Ville fait actuellement face au problème de justification de la sélection prudente du site de sa nouvelle décharge permanente. Les critères techniques d'emplacement d'une nouvelle décharge ont été présentés dans la partie 1.4.5 et les exigences de superficie sont présentées à la figure 2 et dans la base des données sur la production de déchets présentée à l'annexe A.

L'examen des données existantes révèle que les conditions géologiques de la zone au nord de Meknès, le long de la route de Sidi-Kacem, conviennent à une décharge. Le sous-sol de cette zone est formé d'une grande couche d'argile bleue exploitée actuellement par plusieurs briqueteries. Bien que sous exploitation, ces carrières pourraient devenir de futurs sites de décharge d'ici 30 à 50 ans.

L'hydrogéologie de la zone est illustrée à la figure 6 qui est une carte de la Plaine et de la nappe phréatique de Meknès-Fès. Elle indique qu'une grande partie de cette nappe se trouve au sud de Meknès et comprend d'immenses dépôts d'argile au nord. Les relevés piézométriques de la nappe phréatique montrent que l'eau coule doucement vers le nord, si bien que la contamination des puits actuellement actifs de la nappe par une décharge située au nord de Meknès est peu probable.

La recherche d'un site pour une nouvelle décharge devrait commencer par un examen de toutes les terres publiques dans la zone géologiquement favorable mentionnée plus haut. Si des terres publiques ne sont pas disponibles, des terres privées devront être considérées. Après avoir identifié un ou plusieurs sites appropriés, il conviendra de confier l'inspection des sols de surface à un ingénieur en génie civil ou un géologue connaissant bien les critères d'installation de décharges. Si l'inspection des sols de surface est favorable, une enquête du sous-sol devra être effectuée pour identifier ses caractéristiques et l'hydrogéologie générale de la zone. Si l'enquête du sous-sol est favorable, les plans et la construction de la décharge pourront commencer.

Les plans devraient tirer profit des ressources du site et comprendre une excavation suffisante pour fournir la terre de couverture nécessaire à l'exploitation de la nouvelle décharge.

### **Autres recommandations**

Le manque de connaissances sur les déchets industriels produits à Meknès est préoccupant. Il conviendrait de dresser l'inventaire de toutes les industries, la liste de tous leurs déchets et de leurs caractéristiques et où ils sont déversés. Il faudrait exiger de toutes les nouvelles industries qu'elles dressent une liste de leurs déchets et évaluent l'impact de leur décharge sur l'environnement.

Comme mentionné plus haut, l'ancienne installation de compostage représente une ressource à exploiter. Il serait utile d'entreprendre une étude sur l'état de cette installation et sur les possibilités de la réactiver. L'étude devrait comprendre une évaluation du marché des agriculteurs locaux en vue de déterminer leurs besoins et les prix du compost.

# PLAINE DE MEKNES-FES

Carte hydrogéologique, relevés piézométriques de 1967

D'APRES J. CHAMAYOU et C. LECLERC

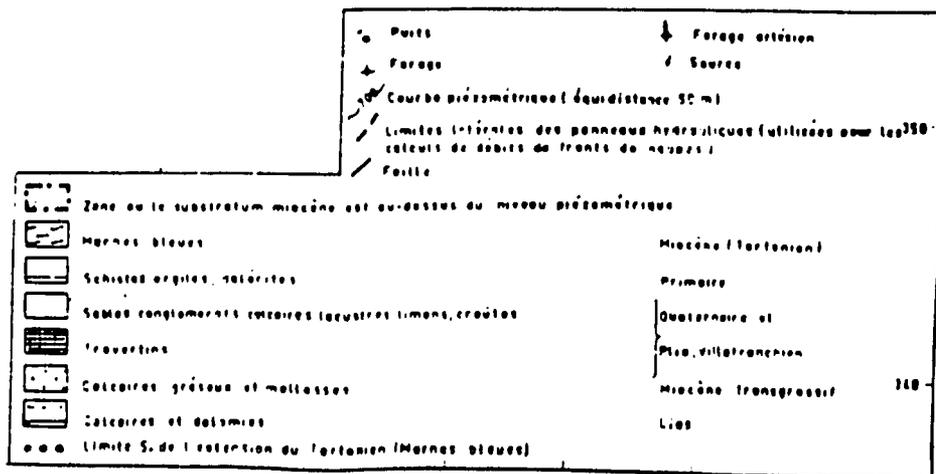
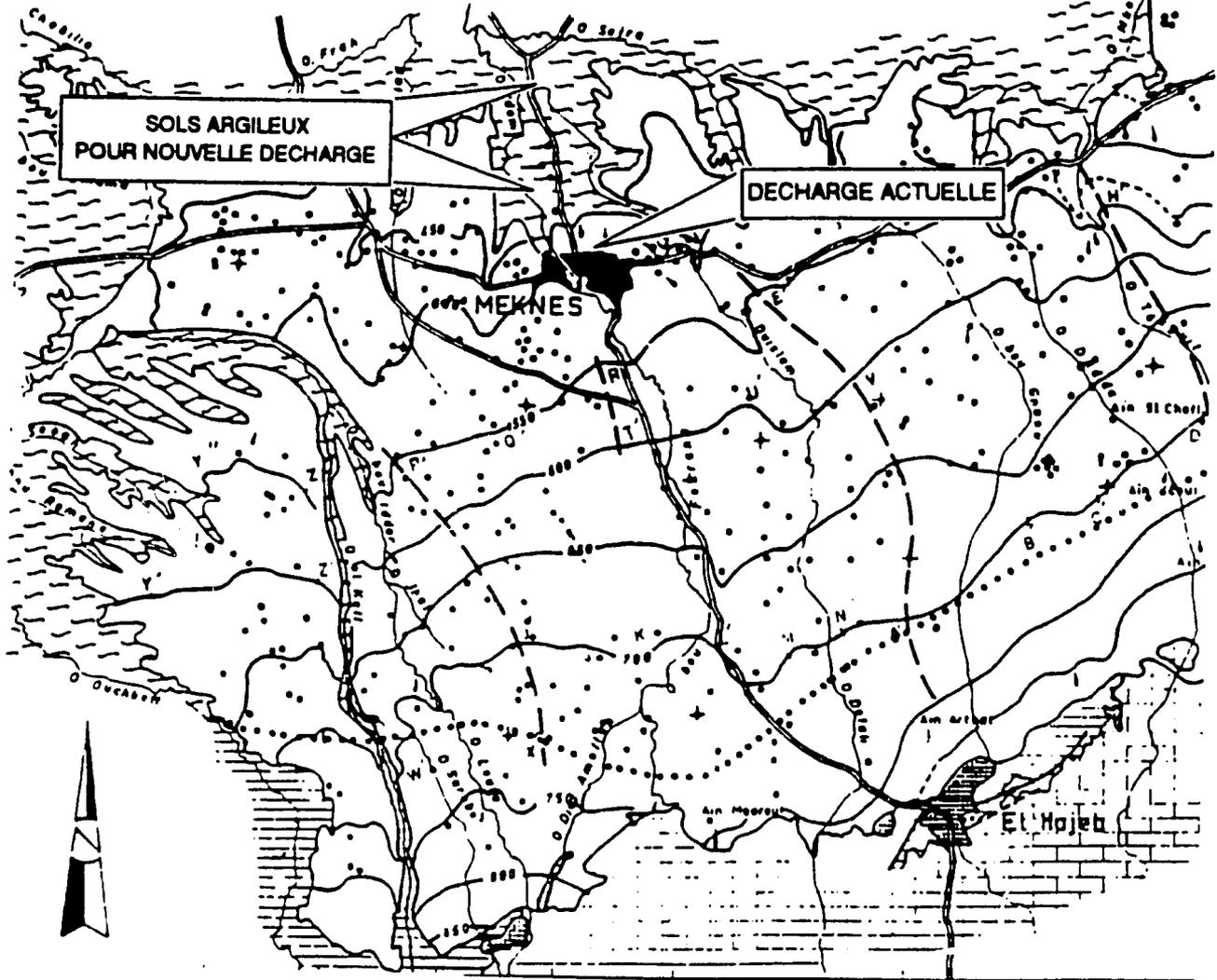


FIGURE 6

MEKNES

CARTE HYDROGEOLOGIQUE

### **3 AZROU**

#### **3.1 Généralités**

Azrou est une municipalité de grandeur moyenne située au pied de l'Atlas. Du fait de son altitude relativement élevée (1250 m), son climat est plus frais et plus humide que celui des villes voisines situées à l'ouest, dont Meknès. La pluviométrie annuelle moyenne est de 887 mm à Azrou par rapport à 577 mm à Meknès. La ville accueille beaucoup de touristes de Meknès et de Fès pendant les mois chauds de l'été.

#### **3.2 Génération et composition des déchets**

La population d'Azrou est estimée à 40 808 habitants (1994) et son taux de croissance est projeté à 2 % pour les dix prochaines années. A un taux de génération de déchets de 0,5 kg par personne et par jour, le volume total de déchets produits est estimé à 20 tonnes par jour. La décharge informelle des déchets, surtout pendant les mois d'hiver quand la nouvelle décharge n'est pas accessible en raison du mauvais temps, est estimée à 20 %, soit 16 tonnes de déchets à enlever et à décharger tous les jours. Les estimations de génération et d'enlèvement des déchets sont indiquées dans la partie supérieure de la figure 7. En supposant que les chiffres de population et de production des déchets mentionnés ci-dessus se rapportent aux résidents permanents, on doit s'attendre à ce que la génération de déchets en été soit très supérieure à la moyenne.

#### **3.3 Système actuel d'enlèvement des déchets**

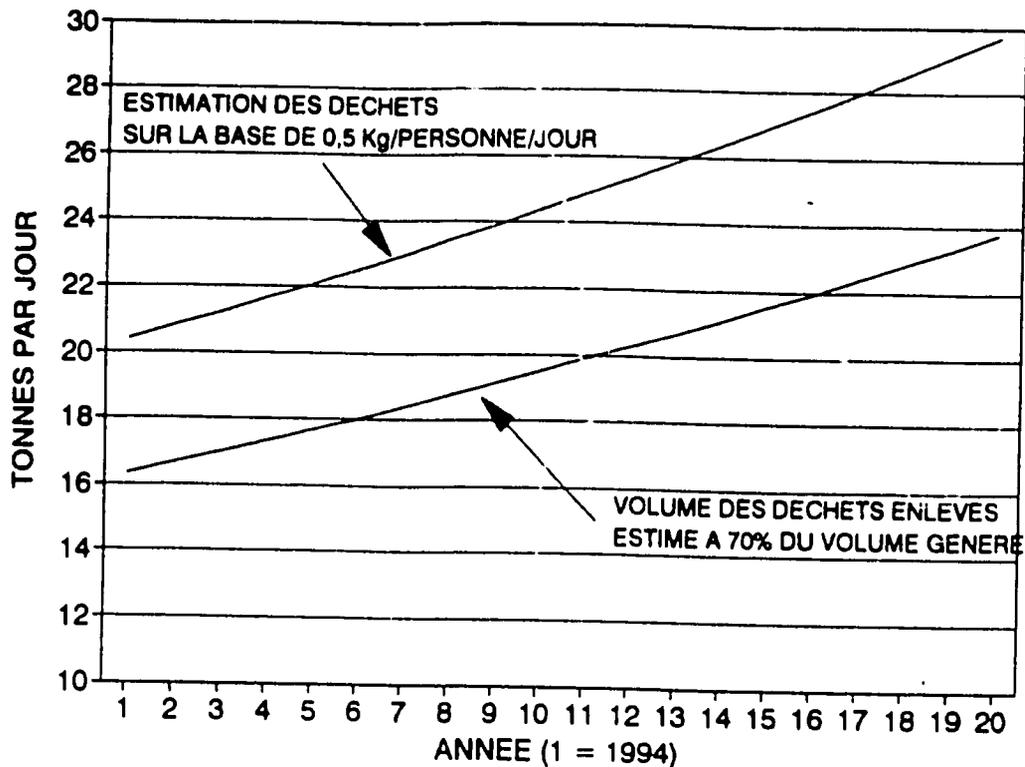
L'inspection du site et les interviews avec les autorités municipales ont révélé que le système d'enlèvement des déchets est bien organisé et bien exploité. La ville est divisée en six secteurs selon leurs caractéristiques géologiques. Ont été mis à la disposition de l'équipe d'inspection, pour examen, des cartes de chaque secteur, indiquant les rues et le passage des camions d'enlèvement des déchets.

Le service d'enlèvement des déchets comprend 40 éboueurs et 6 camions-bennes basculants à chargement manuel. A la capacité moyenne de 6 m<sup>3</sup> par camion, la capacité totale des camions est de 36 m<sup>3</sup> et le rapport est de 0,82 pour une génération de déchets de 44 m<sup>3</sup> (20 tonnes à 450 kg/t), ce qui représente une bonne performance.

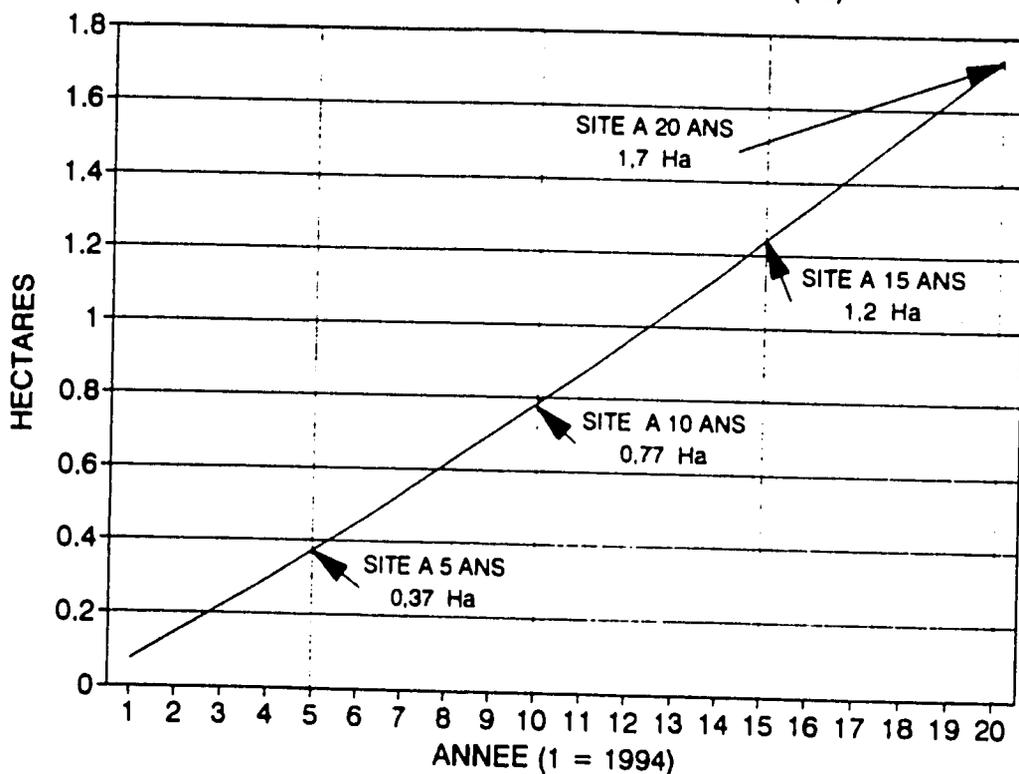
Les autorités municipales ont exprimé une certaine inquiétude au sujet des ordures en ligne non mis sous sacs de plastique et un ramassage de 6 jours par semaine plutôt que 7. Si des employés étaient disponibles, le ramassage aurait lieu tous les jours. Du fait que les ordures ne sont pas ramassées le dimanche, l'enlèvement des déchets est plus difficile le lundi. Les autorités ont également évoqué des problèmes d'entretien et de réparation sans toutefois donner de détails.

L'inspection du parc de réparation et d'entretien des camions a mis en lumière la propreté et l'efficacité. Les zones de stockage, de réparation et d'administration de l'équipement étaient propres et bien organisées.

# AZROU DES DECHETS (TPJ)



# AZROU SUPERFICIE DE DECHARGE NECESSAIRE (Ha)



**FIGURE 7**

**GENERATION DES DECHETS  
ET  
CAPACITE DE DECHARGE**

### **3.4 Décharge actuelle**

#### **Généralités**

La ville a commencé à exploiter sa nouvelle décharge il y a environ deux ans. Selon les volumes calculés dans le rapport sur l'hydrogéologie et les estimations de production de déchets, la décharge a une capacité de 15 à 20 ans. Le site de cette décharge, choisi après une étude hydrogéologique de la région, est situé à 15 km environ de la ville, sur la route de Fès. La route entre la ville et la décharge s'élève sur 200 mètres environ et comprend plusieurs tournants brusques. Son accès est parfois interdit en hiver en raison de la neige. Une nouvelle route d'accès à la décharge est presque terminée et un mur en pierre construit autour d'une partie du site sert de brise-vent. Le site de la décharge est indiqué à la figure 8.

#### **Problèmes de site**

Bien qu'en termes hydrogéologiques, la décharge semble bien située, sa distance de la ville et son altitude posent des problèmes importants. Le premier concerne l'absence de terre de couverture. Le site se trouve dans une dépression naturelle dont le sous-sol est formé d'une couche de 4 à 5 m d'argile, mais la zone offre peu d'autres sols à excaver. Alors que le secteur de la construction produit une grande quantité de débris, dont de la terre qui pourrait servir comme couverture des déchets, cette terre est jetée n'importe où dans la ville plutôt que d'être emmenée à la décharge en raison de la distance à parcourir. L'absence de terre de couverture constitue un sérieux problème d'exploitation.

Le second problème associé au site est le vent. En raison de son altitude, le site de la décharge est très venté. Le jour de l'inspection des sacs en plastique s'étaient envolés à plus 200 mètres du site.

#### **Problèmes d'exploitation**

La décharge souffre également de problèmes d'exploitation qui devraient être résolus. Le premier problème concerne l'absence de supervision du site. La Ville devrait affecter un employé à la décharge pour surveiller le déversement des déchets pendant toutes les heures de travail. Pour l'instant les déchets étant répandus dans toute la zone de la décharge, le problème du vent s'aggrave. Cela est particulièrement évident le long de la route d'accès bordée de tas d'ordures. Nombreux sont les tas qui contiennent des déchets d'hôpital. Le déversement devrait se faire dans une petite zone, jusqu'à son remplissage, puis dans une autre. Tout déversement en dehors du site, le long de la route, devrait être interdit. La décharge n'est pas compactée pendant le déchargement des déchets. Le compactage étant une mesure de contrôle de base des décharges, il ne devrait pas être évité. La centralisation des déchets et leur compactage suivi de leur couverture sont des tâches qui minimisent les problèmes associés au vent.

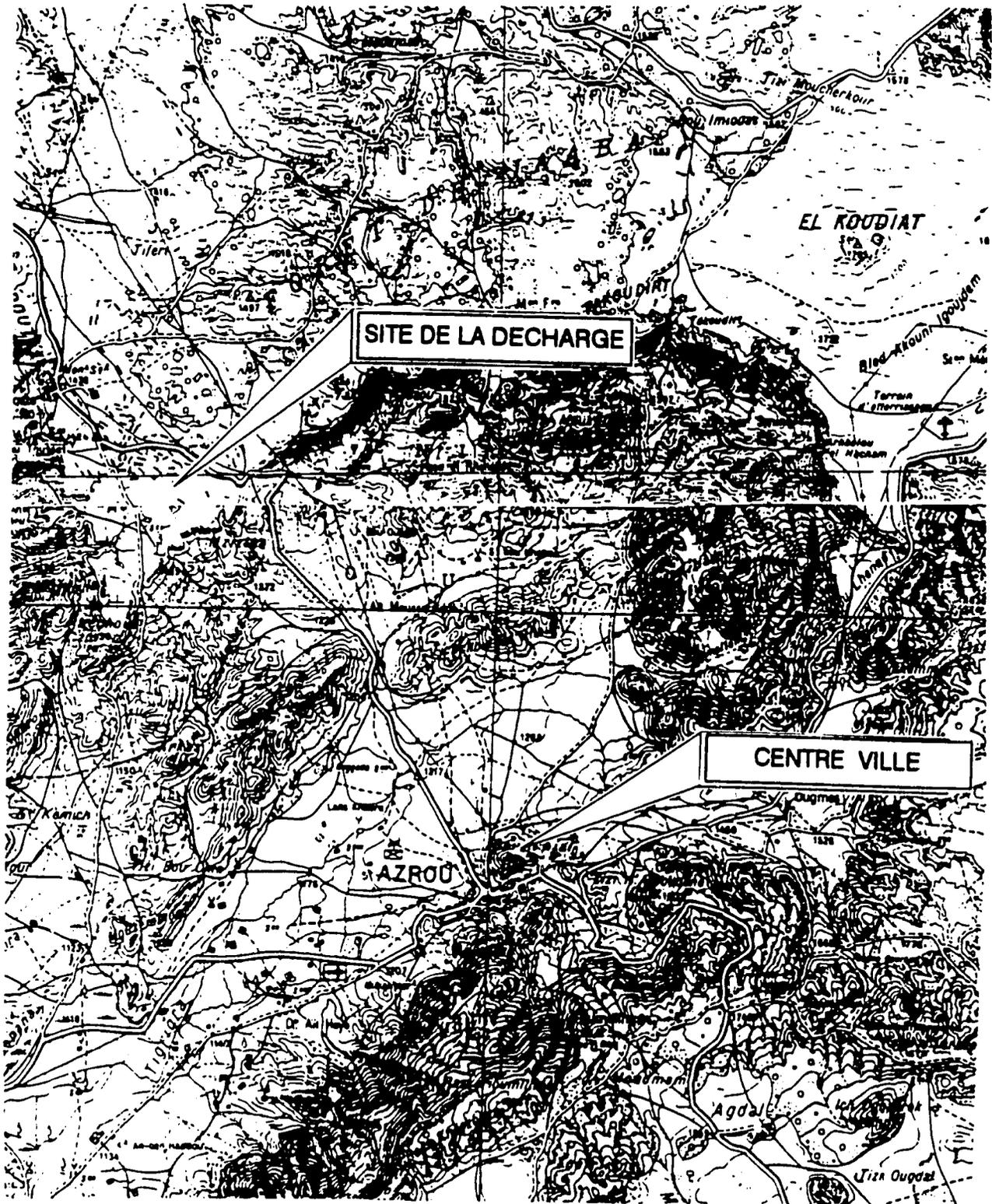


FIGURE 8  
AZROU  
SITE DE LA DECHARGE

### **Aspects environnementaux et de santé**

Comme évoqué plus haut, les caractéristiques hydrogéologiques du site lui sont favorables et la décharge n'aura probablement pas d'effets négatifs sur l'environnement. La couche d'argile de 4 à 5 mètres semble adéquate pour retenir le lessivage éventuel et la nappe phréatique est située à une très grande profondeur en raison de l'altitude du site. La ville ne produit que des déchets résidentiels et, ainsi, le risque associé aux déchets industriels déversés dans la décharge et polluant les eaux souterraines est faible.

Plusieurs tas d'ordures le long de la route d'accès contenaient des déchets d'hôpital. Bien que le représentant de la ville ne l'ait pas confirmé, il semblerait que ces déchets proviennent de l'hôpital de la ville. La plupart des tas ont été brûlés. Cette section de la route d'accès étant une zone de pâturage des moutons, il existe un risque de contact avec des déchets pathogènes. Tous les déchets d'hôpital devraient être déversés dans une zone spécifique de la décharge, loin de la zone de pâturage.

### **3.5 Autres aspects**

Les zones de déversement informel posent de gros problèmes en ville, notamment en ce qui concerne les déchets de construction et de démolition. L'équipe d'inspection a visité l'une des plus grandes zones de déversement au nord de la ville. Bien que les déchets étaient pour la plupart des rebuts inertes de construction et de démolition, on a noté une grande quantité d'ordures ménagères. Les autorités municipales ont expliqué que cette zone était utilisée pour le déversement des déchets en hiver, lorsque la route d'accès à la décharge est fermée.

### **3.6 Recommandations**

#### **Recommandations pour le système d'enlèvement des déchets**

Même si le système d'enlèvement des déchets est bien équipé et bien exploité, des améliorations peuvent y être apportées en convertissant certains quartiers de la ville en quartiers d'enlèvement par conteneurs. Il faudrait pour cela ajouter au moins un camion-compacteur, un élévateur mécanique et un nombre suffisant de conteneurs. Les quartiers à convertir seraient évidemment les nouveaux quartiers résidentiels à multi-logements. Du fait qu'il ne s'agit pas d'une très grande ville et vu l'agencement de ses rues, un seul camion-compacteur de 6 à 8 m<sup>3</sup> devrait suffire.

Outre sa capacité de manutention des conteneurs, ce grand camion-compacteur sera plus performant en termes de transport des déchets à la décharge. Il pourrait également servir comme camion de transfert des déchets enlevés par les petits camions pour le transport à la décharge.

#### **Recommandations pour le décharge**

La décharge souffrira toujours des problèmes de vent en raison de son emplacement. Ces problèmes peuvent néanmoins être mitigés en appliquant les mesures d'exploitation de décharges contrôlées mentionnées dans la partie 1.4.6 ci-dessus. La mesure la plus importante consiste à centraliser les déversements dans une petite zone, et au compactage et couvert réguliers des

déchets. En raison de la petite taille de la décharge, il est recommandé de procéder deux fois par semaine au compactage des déchets et à leur couverture. Ceci nécessitera probablement le camionnage de la terre de couverture et de débris de démolition de la ville à la décharge.

La Ville devrait affecter un employé à la décharge pendant les heures de travail afin d'assurer que les déchets sont déversés aux endroits désignés. Cet employé pourrait également être chargé de ramasser les sacs en plastique et autres débris déposés par le vent aux alentours de la décharge.

Une zone spéciale devrait être réservée au déversement des déchets d'hôpital. Cette zone pourrait comprendre un enclos où les déchets seraient brûlés pour assurer la destruction des matériaux potentiellement infectieux. Le brûlage à ciel ouvert des déchets d'hôpital n'est pas recommandé pour le long terme : les hôpitaux devraient être équipés d'incinérateurs. Les cendres seraient enterrées dans la décharge lors du compactage et de la couverture hebdomadaires ou bihebdomadaires des déchets.

On pourrait également contrôler l'envolée des déchets en plantant des cactus autour de la décharge et dans le sens du vent. Les épines des cactus arrêteraient les sacs en plastique dans leur envolée et ceux-ci pourraient être retirés de temps en temps par le superviseur du site. Cette méthode remporte un grand succès en Tunisie.

#### **Autres recommandations**

Plutôt que de laisser le déversement informel des débris de construction et de démolition continuer, les autorités municipales devraient désigner un site spécifique en ville réservé à cet effet. Cette zone pourrait être un bas-fonds à remplir ou une zone de dépôt où le matériau serait stocké puis transporté à la décharge pour servir de couverture des déchets. L'application de la réglementation interdisant les déversements informels devrait être renforcée.

Il conviendrait également de désigner un endroit spécifique pour le déversement des déchets solides lorsque la décharge est fermée en raison de la neige. Cet emplacement devrait être à proximité de la ville mais pas trop près des quartiers résidentiels. Les déchets stockés à cet endroit devraient être enlevés régulièrement et transportés à la décharge.

## **4 SEFROU**

### **4.1 Généralités**

Séfrou est une ville de grandeur moyenne dont la population est estimée à 55 000 habitants (1994). Comme Azrou, elle est située au pied de l'Atlas mais à une moindre altitude et près du fleuve Sébou. La pluviométrie moyenne annuelle est de 498 mm. La ville bénéficie d'un programme de modernisation des quartiers clandestins informels et s'agrandit à mesure que les quartiers se modernisent. L'économie est bien équilibrée et ses importants secteurs industriel et commercial comprennent une tannerie et plusieurs huileries (huile d'olive).

## **4.2 Génération et composition des déchets**

La population de Séfrou, estimée à 55 000 en 1994, produit environ 28 tonnes de déchets par jour à un taux quotidien de 0,5 kg par personne. Comme à Azrou, la production est réduite de 20 % en raison des déversements informels et du recyclage, ce qui laisse 22 tonnes de déchets à enlever et à décharger tous les jours. Selon les projections, le taux de croissance de la population de Séfrou est de 2,8 % pour les dix prochaines années, soit un peu plus élevé qu'à Meknès ou Azrou. Les projections de production de déchets pour les 20 prochaines années sont illustrées à la figure 9.

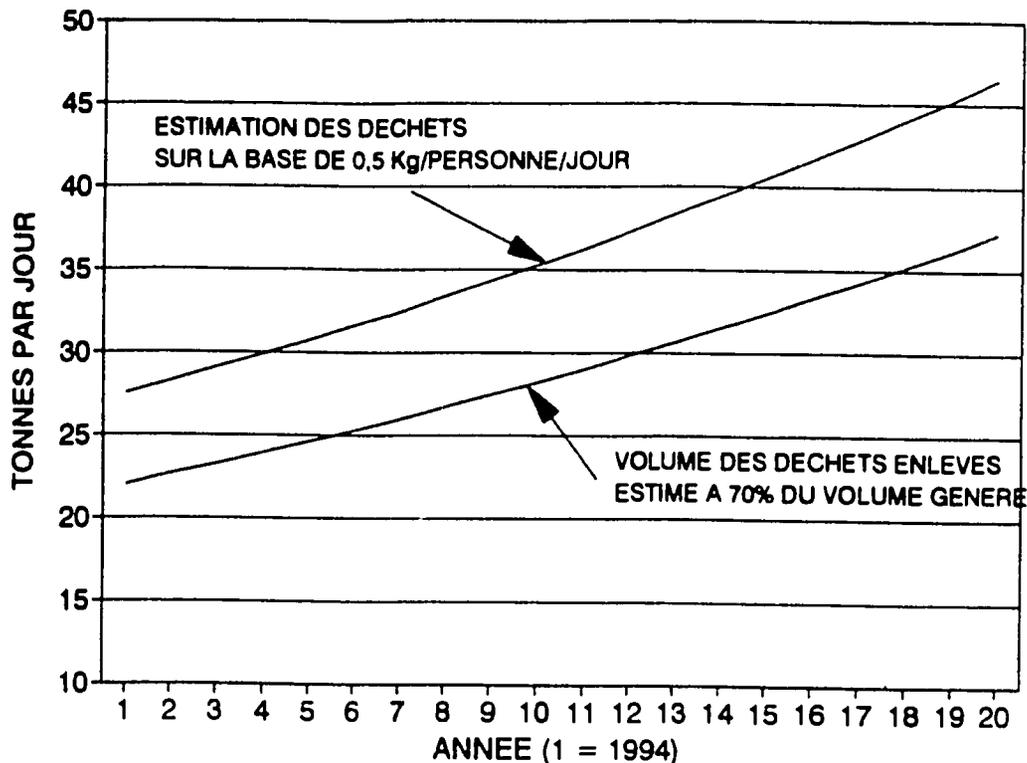
## **4.3 Système actuel d'enlèvement des déchets**

La ville est divisée en 16 secteurs d'enlèvement des déchets ramassés par 13 véhicules. Les ordures dans les rues étroites de la médina sont évacuées à dos d'âne. Globalement, les 13 véhicules ont une capacité de 39 m<sup>3</sup> pour une production quotidienne de déchets estimée à 62 m<sup>3</sup>, soit un rapport de capacité d'enlèvement de 0,62, ce qui est plus que satisfaisant, en supposant que les camions sont bien entretenus et réparés. Sur les 13 camions, 5 sont relativement neufs puisqu'ils ont été achetés en 1994.

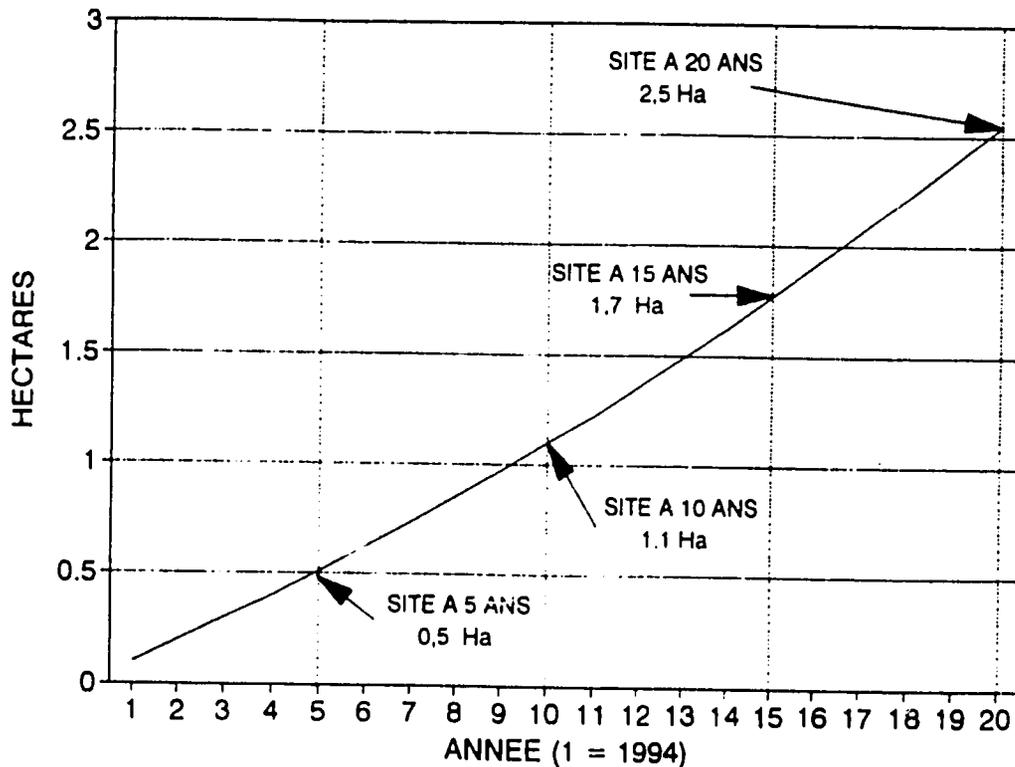
Le système d'enlèvement des déchets emploie 29 personnes qui ramassent les ordures 7 jours par semaine entre 7 heures et 11 heures 30. Il ressort des discussions avec les autorités municipales qu'elles souhaitent optimiser la performance de l'enlèvement des déchets.

Le système actuel d'enlèvement des déchets semble bien exploité et bien organisé. Les employés sont mieux payés que leurs homologues de Meknès et sont responsables du ramassage sur leurs routes respectives. Les superviseurs inspectent les secteurs d'enlèvement après le ramassage du matin pour assurer que les services ont été correctement effectués. Le dépôt d'entretien des véhicules était propre et bien organisé et toutes les activités d'entretien et de réparation sont enregistrées dans des dossiers.

### SEFROU DES DECHETS (TPJ)



### SEFROU SURFICIE DE DECHARGE NECESSAIRE (ha)



**FIGURE 9**  
**GENERATION DES DECHETS**  
**ET**  
**CAPACITE DE DECHARGE**

#### **4.4 Décharge actuelle**

##### **Généralités**

La décharge actuelle est située à 3 km environ à l'est du centre ville de Séfrou, comme indiqué à la figure 10. Bien que la décharge se trouve près des limites actuelles de la ville, celles-ci seront bientôt reculées pour englober une nouvelle zone commerciale en cours de construction à quelques centaines de mètres à l'est de la décharge.

##### **Conditions du site**

Le site est situé dans une dépression de 10 m environ de profondeur. Une route d'accès au fond de la décharge permet de déverser les déchets au fond, où ils sont brûlés. Pendant la saison des pluies, cette route devient impraticable et il faut emprunter une seconde route qui longe le bord supérieur du site. Dans ce cas, les déchets sont déchargés d'en haut et dévalent une forte pente avant d'arriver au fond. La décharge est entourée d'un grillage simple torsion qui arrête l'envolée de la plupart des débris. Cependant, du fait que les déchets sont brûlés, la quantité de déchets emportés par le vent est minime ; le site et la route d'accès sont relativement propres. Le compactage et la couverture des déchets sont effectués régulièrement par un entrepreneur du secteur privé sous contrat avec la ville.

Le volume disponible de la décharge est estimé à 150 000-200 000 m<sup>3</sup>, ce qui correspond, selon la base des données de génération de déchets présentée à l'annexe A, à 7-10 ans de capacité. Ceci dans l'hypothèse toutefois que l'élimination des déchets ne se fasse plus par brûlage. Si la ville continue de brûler les déchets de la décharge, ce qui n'est pas recommandé, la capacité restante correspond à plus de 50 ans.

Bien qu'aucune information spécifique ne soit disponible sur l'hydrogéologie du site, il ressort des excavations faites pour la nouvelle zone commerciale et des entretiens avec le personnel municipal que le sous-sol de la décharge est composé d'un mélange très comprimé de limon, sable et gravier et de quelques gros rochers. Ce type de sol est favorable à l'installation d'une décharge. On a appris que les eaux souterraines se trouvaient à 200 mètres environ de la surface, mais ceci n'a pu être confirmé.

Près de la décharge se trouve une autre dépression où sont déversés les déchets de l'huilerie. Ce liquide épais et foncé pose un problème sérieux dans la région en raison du grand nombre d'huileries. Dans le passé, il était déversé dans le fleuve Sébou, mais cette pratique n'a plus cours depuis plusieurs années. Les problèmes environnementaux associés à ce matériau sont traités dans le cadre d'un plus grand projet qui couvre toute la vallée du Sébou.

##### **Aspects environnementaux et de santé**

Les aspects environnementaux associés au brûlage des déchets ont été évoqués au sujet de Meknès dans la partie 2.3.4. A Séfrou, le brûlage est beaucoup plus délibéré et contrôlé qu'à Meknès et on peut supposer que la quantité de déchets organiques restants est minime. Comme

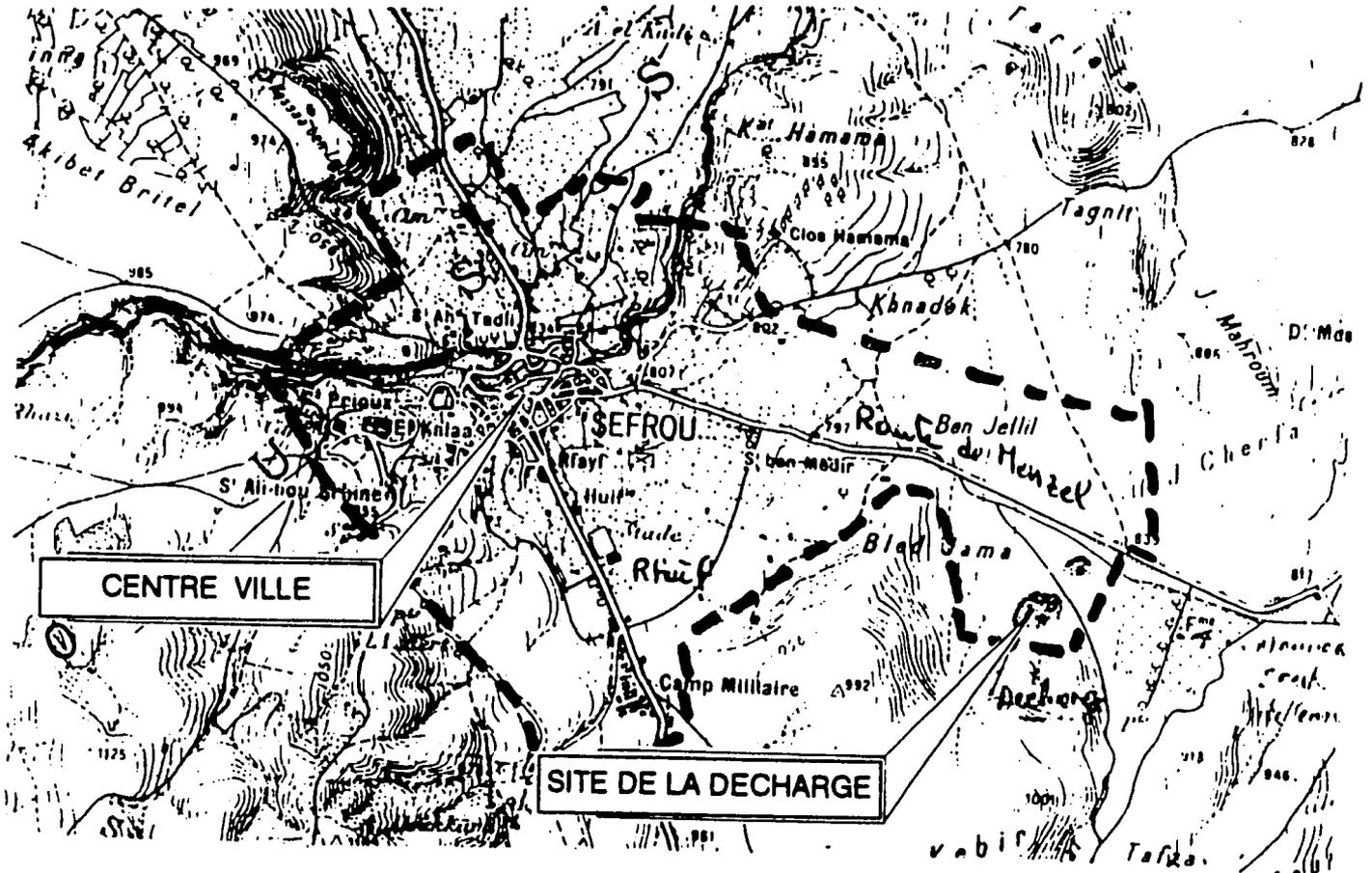


FIGURE 10  
SEFROU  
SITE DE LA DECHARGE

mentionné dans la partie 2.3.4, le brûlage convertit la plupart des matières organiques en oxydes alcalins et en carbonates qui neutralisent quasiment toutes les conditions acides d'une décharge et stabilisent les métaux lourds. La combinaison des déchets brûlés, des sols favorables et de la profondeur des eaux souterraines fait qu'il existe peu de danger que la décharge ait des effets environnementaux nocifs importants sur la nappe phréatique.

Si les effets du brûlage des déchets sur les eaux souterraines sont supposés être minimes, il n'en est pas de même pour la qualité de l'air. Aujourd'hui, les vents soufflent la fumée de la décharge dans la direction opposée à la ville et la dispersent. La zone sous le vent est pour l'instant inoccupée, mais on s'attend à son développement rapide dès que la nouvelle zone commerciale sera en service. A ce moment-là, le potentiel d'effets négatifs sur la santé des travailleurs ou des personnes faisant leurs courses dans cet endroit seront importants et le brûlage des déchets de la décharge devra cesser. L'exploitation de la décharge devra être contrôlée comme expliqué dans la partie 1.4.6. Il convient en particulier de respecter les exigences de compactage et de couverture des déchets afin d'éviter que les odeurs, l'envolée des débris et l'infestation des insectes affectent la nouvelle zone commerciale.

Avant de passer à l'exploitation contrôlée de la décharge, il faudra que les cendres produites par l'ancienne méthode soient épandues uniformément au bord du fond de la décharge. Bien que le sous-sol et la profondeur des eaux souterraines soient favorables à l'exploitation de la décharge, la couche de cendres servira de protection supplémentaire contre les lessivages qui pourraient résulter de l'exploitation contrôlée de la décharge.

#### **Site de la nouvelle décharge**

Inquiètes de la proximité de la décharge de la nouvelle zone commerciale, les autorités municipales ont créé un comité chargé de trouver un nouveau site de décharge. Le site, choisi par le comité sur la base de ses conditions géologiques, est situé à 14 km du centre ville, n'a aucune route d'accès et se trouve sur une propriété privée. Plusieurs représentants municipaux ont déclaré ce site inacceptable et demandé que la recherche pour un nouveau site de décharge continue. Les critères géologiques et de site pour la nouvelle décharge sont présentés dans les parties 1.4.4 et 1.4.5.

### **4.5 Recommandations**

#### **Système d'enlèvement des déchets**

Alors que Séfrou s'agrandit et modernise ses quartiers clandestins, les autorités devraient considérer l'utilisation de camions-compacteurs à chargement arrière et de conteneurs, ou utiliser un plus grand nombre de bacs ouverts de 5 m<sup>3</sup>, plutôt que de continuer l'enlèvement des déchets en ligne d'une habitation à l'autre. Elles devraient également intégrer dans les plans d'infrastructure des zones pour conteneurs afin que chaque résident ait facilement accès à un conteneur. L'enlèvement des déchets des conteneurs à l'aide de plus grands camions-compacteurs à chargement arrière sera ainsi plus efficace que les méthodes actuelles, et les déchets seront enlevés d'une manière moins nuisible à l'environnement. Sous réserve de l'espacement, de

## **5.2 Etude de faisabilité**

Avant de considérer la privatisation de l'enlèvement ou de la décharge des déchets, il convient d'entreprendre une étude de faisabilité afin de comprendre les aspects clés sous-jacents et évaluer le coût effectif de ce service pour le Trésor. Sans estimation des coûts effectifs, les autorités municipales n'auront aucune base d'évaluation des coûts pour le secteur privé. Outre l'évaluation des coûts publics actuels et des coûts estimatifs de la privatisation, l'étude de faisabilité doit porter sur les aspects suivants :

### **Définition du service**

La question de privatisation la plus importante est de loin celle qui a trait à la définition du service. Le service existant et le service proposé pour le secteur public doivent être clairement définis afin d'obtenir des offres avisées, précises et compétitives. Un service mal défini aboutit en général à des coûts plus élevés, à un suivi plus difficile et à de nombreuses disputes contractuelles. Un service bien défini permet à l'entrepreneur de préparer un dossier d'appel d'offres plus précis et au secteur public de mieux suivre et mesurer les performances.

### **Mesure et suivi du service**

Le service doit être défini de manière à faciliter son suivi et sa mesure afin de déterminer la performance selon le contrat. Par exemple, un programme d'enlèvement des déchets par conteneurs est beaucoup plus facile à suivre et à mesurer qu'un programme d'enlèvement en ligne et sans conteneurs. La mesure et le suivi adéquats du service dépendent également des ressources nationales et de l'intention d'appliquer les clauses du contrat.

### **Economies d'échelle**

En général, le secteur privé peut réduire les coûts car il est plus efficace dans le domaine de la gestion de l'équipement et de la main-d'oeuvre. Cette efficacité est sujette aux économies d'échelle et augmente parallèlement à la taille de l'opération par rapport aux ressources globales de l'entrepreneur. C'est ainsi que les grands projets sont potentiellement plus efficaces que les petits projets. Dans l'ensemble, un système à 2 ou 3 camions d'enlèvement des déchets est considéré comme un minimum dans le secteur privé.

### **Disponibilité des ressources dans le secteur privé**

La privatisation ne peut réussir sans l'existence de sociétés privées spécialisées et disponibles pour assurer le service. Un entrepreneur spécialisé dans la gestion des déchets, qui emploie 200 personnes et maintient un parc de 25 camions, peut assurer plus efficacement un programme d'enlèvement des déchets à l'aide de 4 camions qu'une plus petite société sans expérience de 20 employés et 6 camions. Dans les pays en développement où de telles ressources peuvent ne pas exister, il est peu probable que la privatisation augmente l'efficacité et réduise les coûts. Si des ressources publiques sont disponibles, des ateliers et des séminaires de formation peuvent être organisés pour dispenser les connaissances à des entreprises privées. La location de l'équipement est également un moyen de contrecarrer l'absence de ressources financières privées.

Previous Page Blank

### **Concurrence**

Outre la disponibilité de ressources privées, le nombre de sociétés privées doit être suffisant pour obtenir des offres intéressantes. L'absence de concurrence peut aboutir à des coûts plus élevés du service et à un monopole. Elle peut aussi être problématique dans de nombreux pays en développement, notamment dans les régions isolées. Bien que souhaitable, la concurrence n'est pas absolument nécessaire et des contrats négociés avec une source privée unique remportent souvent beaucoup de succès.

### **Privatisation partielle**

La conversion d'un service public en service privé doit se faire en plusieurs étapes. En règle générale, la privatisation initiale doit porter sur moins de 50 % du service, ceci afin de permettre au secteur public de reprendre le service au cas où le secteur privé échouerait dans cette entreprise. Une fois que le secteur privé a fait preuve de ces capacités, le service peut couvrir la totalité du système. La privatisation partielle incite souvent les fonctionnaires à accroître leur efficacité et cela permet de comparer la performance du secteur public à celle du secteur privé.

### **Responsabilisation - Contrôle - Risques**

L'absence de responsabilité en matière de performance d'un service public sert souvent de justification pour le transfert au secteur privé. S'il est souvent difficile de responsabiliser les fonctionnaires pour leurs actions, la responsabilisation du secteur privé peut s'obtenir par le biais des contrats et conditions de paiement. Cependant, la privatisation ne libère pas entièrement le secteur public car il demeure le responsable ultime du service, doit le contrôler et suivre la performance de l'entrepreneur.

### **Réglementation et application**

Pour réussir, tout projet de privatisation doit être accompagné de l'engagement du secteur public à mettre en vigueur et appliquer une réglementation qui aura des répercussions sur la performance de l'entrepreneur. Une réglementation sur le dispersement des déchets, le déversement et le tri illicite des matériaux sera nécessaire afin de définir le service et d'assurer son efficacité. Bien que le secteur privé puisse aider à contrôler et à signaler les infractions, l'application de la réglementation devrait toujours relever du secteur public.

La réglementation nationale de nombreux pays en développement est telle que le gouvernement local n'a pas habilité à signer des contrats à long terme et, parfois, limite la période des contrats à un an. Dans ces conditions, il est douteux que le secteur privé investisse ses ressources. Cette limitation peut être surmontée en louant l'équipement et autres ressources physiques au secteur privé pour des travaux à court terme.

### **Effets sur le recyclage et les entreprises locales**

La privatisation peut avoir des effets négatifs sur les autres services de gestion des déchets solides. Dans de nombreux pays en développement, les matériaux sont recyclés au sein du système d'enlèvement des déchets, aux sources de production des déchets, dans les zones de stockage et de transfert, et à la décharge. Ce système informel de récupération existe en raison de l'accès illimité aux déchets pendant le processus d'enlèvement. Du fait que la privatisation des

plus grands systèmes d'enlèvement des déchets comprendra des systèmes de transport et de stockage en conteneurs, les récupérateurs auront plus de difficultés à accéder aux déchets en ligne, ce qui réduira le volume du recyclage. L'utilisation de conteneurs réorientera les activités de recyclage soit vers la décharge soit vers la source de production. La récupération à la décharge étant découragée pour raisons de santé et de sécurité, le programme de privatisation devra considérer l'accroissement du recyclage à la source ainsi que des programmes de tri également à la source.

## **Annexe A**

### **Bases de données sur la production de déchets**

VILLE: MEKNES  
 POPULATION (RECENSEMENT 1994): 401,852  
 PRODUCTION PAR HABITANT (KG/HAB/JOUR): 0.7  
 TAUX DE CROISSANCE ANNUEL DE LA POPUL: 2%  
 DENSITE EN VRAC (M/KG): 450  
 DENSITE COMPRESSEE PAR CAMION (M/KG): 600  
 DENSITE DECHARGE (M/KG): 800  
 COUVERTURE DU SOL: 10%

ANNEE	POPULATION	DECHETS PRODUITS (T/JOUR) (100%)	DECHETS ENLEVES (T/JOUR) (70%)	DECHETS PRODUITS (T/AN)	VOLUME QUOTIDIEN EN VRAC (CU.METERS)	VOLUME QUOTIDIEN CAMIONS COMPACTEUR (CU.METERS)	VOLUME ANNUEL DECHARGE DECHETS (CU.METERS)	VOLUME ANNUEL DECHARGE COUVERTURE (CU.METERS)	VOLUME ANNUEL DECHARGE TOTAL (CU.METERS)	VOLUME CUMULE (CU.METERS)	SURFACE DECHARGE A 20 METER PROFONDEUR	SURFACE DECHARGE (ha)		
1	1994	410,852	288	201	104,973	639	479	131,216	13,122	144,337	144,337	7,217	0.72	
2	1995	419,069	293	205	107,072	652	489	133,840	13,364	147,224	291,562	14,578	1.48	
3	1996	427,450	299	209	109,214	665	499	136,517	13,652	150,169	441,730	22,087	2.21	
4	1997	435,999	305	214	111,396	678	509	139,247	13,925	153,172	594,902	29,745	2.97	
5	1998	444,719	311	218	113,626	692	519	142,032	14,203	156,235	751,138	37,557	3.76	5 ANS
6	1999	453,614	318	222	115,898	706	529	144,873	14,487	159,360	910,498	45,525	4.55	
7	2000	462,666	324	227	118,216	720	540	147,770	14,777	162,547	1,073,045	53,652	5.37	
8	2001	471,940	330	231	120,581	734	551	150,726	15,073	165,798	1,238,844	61,942	6.19	
9	2002	481,379	337	236	122,992	749	562	153,740	15,374	169,114	1,407,958	70,398	7.04	
10	2003	491,006	344	241	125,452	764	573	156,815	15,682	172,497	1,580,455	79,023	7.90	10 ANS
11	2004	500,826	351	245	127,961	779	584	159,951	15,995	175,947	1,756,401	87,820	8.78	
12	2005	510,843	358	250	130,520	795	596	163,150	16,315	179,465	1,935,867	96,793	9.68	
13	2006	521,060	365	255	133,131	811	608	166,413	16,641	183,055	2,116,922	105,946	10.59	
14	2007	531,481	372	260	135,793	827	620	169,742	16,974	186,716	2,305,637	115,282	11.53	
15	2008	542,110	379	266	138,509	843	632	173,137	17,314	190,450	2,496,088	124,804	12.48	15 ANS
16	2009	552,953	387	271	141,279	860	645	176,599	17,660	194,259	2,690,347	134,517	13.45	
17	2010	564,012	395	276	144,105	877	658	180,131	18,013	198,144	2,888,491	144,425	14.44	
18	2011	575,292	403	282	146,987	895	671	183,734	18,373	202,107	3,090,598	154,530	15.45	
19	2012	586,796	411	288	149,927	913	685	187,409	18,741	206,149	3,296,748	164,637	16.48	
20	2013	598,534	419	293	152,925	931	698	191,157	19,116	210,272	3,507,020	175,351	17.54	20 ANS

46

VILLE:	AZROU
POPULATION (RECENSEMENT 1994):	40,000
PRODUCTION PAR HABITANT: (KG/HAB/JOUR)	0.5
TAUX DE CROISSANCE ANNUEL DE LA POPUL	2%
DENSITE EN VRAC (M/KG):	450
DENSITE COMPRESSEE PAR CAMION (M/KG):	600
DENSITE DECHARGE (M/KG):	800
COUVERTURE DU SOL:	10%

ANNEE	POPULATION	DECHETS PRODUITS (T/JOUR) (100%)	DECHETS ENLEVES (T/JOUR) (80%)	DECHETS PRODUITS (T/AN)	VOLUME QUOTIDIEN EN VRAC (CU.METERS)	VOLUME QUOTIDIEN CAMIONS COMPACTEUR (CU.METERS)	VOLUME ANNUEL DECHARGE DECHETS (CU.METERS)	VOLUME ANNUEL DECHARGE COUVERTURE (CU.METERS)	VOLUME ANNUEL DECHARGE TOTAL (CU.METERS)	VOLUME CUMULE (CU.METERS)	SURFACE DECHARGE A 20 METER PROFONDEUR	SURFACE DECHARGE (ha)	
1	1994	40,808	20	18	10,426	63	46	13,033	1,303	14,336	14,336	717	0.07
2	1995	41,624	21	17	10,635	65	49	13,294	1,329	14,623	28,959	1,448	0.14
3	1996	42,457	21	17	10,848	66	50	13,560	1,356	14,916	43,875	2,194	0.22
4	1997	43,306	22	17	11,065	67	51	13,831	1,383	15,214	59,089	2,954	0.30
5	1998	44,172	22	16	11,286	69	52	14,107	1,411	15,518	74,607	3,730	0.37
6	1999	45,055	23	18	11,512	70	53	14,390	1,439	15,829	90,435	4,522	0.45
7	2000	45,956	23	18	11,742	71	54	14,677	1,468	16,145	106,581	5,329	0.53
8	2001	46,876	23	19	11,977	73	55	14,971	1,497	16,468	123,049	6,152	0.62
9	2002	47,813	24	19	12,216	74	56	15,270	1,527	16,797	139,846	6,992	0.70
10	2003	48,769	24	20	12,461	76	57	15,576	1,556	17,133	156,979	7,849	0.78
11	2004	49,745	25	20	12,710	77	58	15,887	1,586	17,476	174,455	8,723	0.87
12	2005	50,740	25	20	12,964	79	59	16,205	1,620	17,825	192,281	9,614	0.96
13	2006	51,754	26	21	13,223	81	60	16,529	1,653	18,182	210,463	10,523	1.05
14	2007	52,789	26	21	13,488	82	62	16,860	1,686	18,546	229,008	11,450	1.15
15	2008	53,845	27	22	13,757	84	63	17,197	1,720	18,917	247,925	12,396	1.24
16	2009	54,922	27	22	14,033	85	64	17,541	1,754	19,295	267,220	13,361	1.34
17	2010	56,021	28	22	14,313	87	65	17,892	1,789	19,681	286,900	14,345	1.43
18	2011	57,141	29	23	14,600	89	67	18,249	1,825	20,074	306,975	15,349	1.53
19	2012	58,284	29	23	14,892	91	68	18,614	1,861	20,476	327,450	16,373	1.64
20	2013	59,450	30	24	15,189	92	69	18,987	1,899	20,885	348,336	17,417	1.74

5 ANS  
10 ANS  
15 ANS  
20 ANS

27

VILLE:	SEFROU
POPULATION (RECENSEMENT 1994):	55,000
PRODUCTION PAR HABITANT (KG/HAB/JOUR):	0.5
TAUX DE CROISSANCE ANNUEL DE LA POPLUL	2.8%
DENSITE EN VRAC (M/KG):	450
DENSITE COMPRESSEE PAR CAMION (M/KG):	600
DENSITE DECHARGE (M/KG):	800
COUVERTURE DU SOL:	10%

ANNEE	POPULATION	DECHETS PRODUITS (T/JOUR) (100%)	DECHETS ENLEVES (T/DAY) (80%)	DECHETS PRODUITS (T/AN)	VOLUME QUOTIDIEN EN VRAC (CU.METERS)	VOLUME QUOTIDIEN CAMION COMPACTEUR (CU.METERS)	VOLUME ANNUEL DECHARGE (CU.METERS)	VOLUME ANNUEL DECHARGE COUVERTURE (CU.METERS)	VOLUME ANNUEL DECHARGE TOTAL (CU.METERS)	VOLUME CUMULE (CU.METERS)	SURFACE DECHARGE A 20 METER PROFONDEUR	SURFACE DECHARGE (ha)		
1	1994	55,000	28	22	14,053	88	64	17,566	1,757	19,322	19,322	908	0.10	
2	1995	56,540	28	23	14,446	88	66	18,057	1,806	19,863	39,185	1,959	0.20	
3	1996	58,123	29	23	14,850	90	68	18,563	1,856	20,419	59,605	2,080	0.30	
4	1997	59,751	30	24	15,266	93	70	19,063	1,906	20,969	80,596	4,030	0.40	
5	1998	61,424	31	25	15,694	96	72	19,617	1,962	21,579	102,175	5,109	0.51	5 ANS
6	1999	63,143	32	25	16,139	98	74	20,166	2,017	22,183	124,358	6,218	0.62	
7	2000	64,911	32	26	16,585	101	76	20,731	2,073	22,804	147,162	7,358	0.74	
8	2001	66,729	33	27	17,049	104	78	21,312	2,131	23,443	170,605	8,530	0.85	
9	2002	68,597	34	27	17,527	107	80	21,908	2,191	24,099	194,704	9,735	0.97	
10	2003	70,518	35	28	18,017	110	82	22,522	2,252	24,774	219,478	10,974	1.10	10 ANS
11	2004	72,493	36	29	18,522	113	85	23,152	2,315	25,468	244,945	12,247	1.22	
12	2005	74,522	37	30	19,040	116	87	23,801	2,380	26,181	271,126	13,556	1.36	
13	2006	76,609	38	31	19,574	119	89	24,467	2,447	26,914	298,040	14,902	1.49	
14	2007	78,754	39	32	20,122	123	92	25,152	2,515	27,667	325,707	16,285	1.63	
15	2008	80,959	40	32	20,685	126	94	25,856	2,586	28,442	354,149	17,707	1.77	15 ANS
16	2009	83,226	42	33	21,264	129	97	26,580	2,658	29,238	383,387	19,169	1.92	
17	2010	85,556	43	34	21,860	133	100	27,325	2,732	30,057	413,444	20,872	2.07	
18	2011	87,952	44	35	22,472	137	103	28,090	2,809	30,899	444,343	22,217	2.22	
19	2012	90,415	45	36	23,101	141	105	28,876	2,886	31,764	476,107	23,805	2.38	
20	2013	92,946	46	37	23,748	145	108	29,685	2,968	32,653	508,760	25,438	2.54	20 ANS

23

## **Annexe B**

### **Incinération des déchets dangereux dans des fours à ciment**

# RAPPORT SUR L'INCINERATION DES DECHETS DANGEREUX DANS DES FOURS A CIMENT

par James A. Dohrman, I.P.  
Research Triangle Institute

## INTRODUCTION

L'élimination des déchets dangereux par incinération est généralement acceptée, notamment lorsqu'il s'agit de solvants dangereux et d'huiles résiduelles à haute teneur de fuel. Il est reconnu que les hauts-fourneaux consomment un mélange de fuel combinant jusqu'à 50 % de produits résiduels avec du fuel propre. Avant la fin des années 80 et au début des années 90, l'incinération avait lieu principalement dans des incinérateurs de déchets dangereux désignés à cet effet et certains hauts-fourneaux utilisant un mélange de fuels. Dans les années 80 et au début des années 90, les fours à ciment ont commencé à recevoir et à brûler une plus grande quantité de déchets dangereux : on estime que 1,3 million de tonnes de déchets dangereux ont été incinérées en 1991. Aujourd'hui, sur les 211 fours à ciment que compte les Etats-Unis, 33 consomment de plus en plus de fuel dérivé des déchets dangereux.

Comme aux Etats-Unis, en Hongrie les fours à ciment commencent à se transformer en énormes installations de traitement et d'élimination des déchets dangereux. L'évolution rapide de cette technologie fait que les agences de contrôle et les autorités publiques se posent maintes questions au sujet de cette méthode et des mesures à prendre pour assurer la protection de la santé publique et de l'environnement.

Ce bref rapport examine les aspects clés de l'incinération des déchets dangereux dans des fours à ciment et présente des recommandations pour des mesures réglementaires.

## HISTORIQUE

L'Agence américaine pour la Protection de l'environnement (USEPA) considère l'incinération comme la meilleure technologie prouvée de gestion et de destruction des matières organiques dangereuses. Selon l'USEPA, l'exposition à une température de 982 degrés C (1800 degrés F) pendant deux secondes détruit tous les produits chimiques organiques connus. Bien que les produits chimiques dangereux soient détruits, il faut penser aux sous-produits de ce processus, tels que les métaux lourds et les acides qui résultent de la destruction des produits organiques halogénés.

Il existe plusieurs processus de base utilisant des fours à ciment, que nous examinerons dans une autre partie du rapport, et tous emploient une température élevée et un four rotatif pour terminer la conversion des matières premières en ciment. En général ces fours sont chauffés à 1926 degrés C (3500 degrés F) à des temps de résonance de 4 à 10 secondes. On déduit logiquement et correctement que si 2 secondes à 982 degrés C produisent de bons résultats, 4 à 10 secondes à 1926 degrés devraient en produire de meilleurs. Les fours à ciment sont très efficaces pour la

## B-2

destruction des déchets dangereux. Si les fours à ciment sont des brûleurs performants de déchets dangereux, il ont des limites basées sur les spécifications du produit final et l'endroit où les déchets sont brûlés dans le four. Ces aspects sont traités dans le rapport.

### PROCESSUS AVEC FOURS A CIMENT

Le ciment est fabriqué à partir d'un mélange de matières premières contenant du calcium (calcaire), de la silice, de l'oxyde d'aluminium (argile, schiste, ardoise et/ou sable) et du fer (pailles de laminage ou minerai de fer). Le mélange de matières premières est connu sous le terme "farine". Les matières sont mélangées, broyées en poudre fine et chauffées à haute température pour produire le "clinker". Ce clinker est fait de granules de ciment de 5 cm qui sont refroidis, broyés en poudre, laquelle est mélangée avec du gypse pour produire le ciment final.

Les fours tournent dans le sens contraire du courant, et les solides et gaz chauds se déplacent dans la direction opposée. L'inclinaison du four est de 3 à 6 degrés et celui-ci tourne doucement à 50-70 tours à l'heure. La farine est placée à l'extrémité supérieure "froide" du four et se déplace vers l'extrémité basse ou chaude où a lieu la cuisson. Le fuel de cuisson est en général du charbon ou du coke de pétrole avec, parfois, du gaz naturel ou du mazout.

Le processus s'effectue en trois grandes étapes :

*Zone de séchage et de préchauffage* où la matière calcaire sèche, se déshydrate et commence à se décomposer. A cette étape, les températures se situent entre 38,5 et 605 degrés C (70-1100 F).

*Zone de calcination* où le carbonate de calcium du calcaire se transforme en oxyde de calcium (chaux vive) et en gaz carbonique à des températures entre 605 et 907,5 degrés C (1100-1650 F).

*Zone de cuisson ou zone clinker* où est mélangé l'oxyde de calcium et la silice, le fer et l'aluminium pour former le clinker, qui est un mélange chimiquement complexe de silicate de calcium, d'aluminates et d'alumoferrates. La formation du clinker exige une température minimale de 1485 degrés C (2700 F).

En raison des caractéristiques inhérentes au procédé, celui-ci produit une grande quantité de poussière de four à ciment (PFC) entraînée dans les gaz de combustion. Cette poussière est supprimée à l'aide de séparateurs électrostatiques ou de filtres en toile avant l'émission des gaz dans l'atmosphère. Une partie de la poussière est renvoyée au four avec la farine, mais en raison de sa nature alcaline et de l'accumulation de sels, une grande partie doit être jetée, normalement dans une décharge.

Il existe trois grands types de fours avec variations possibles : à voie humide, à voie sèche et à voie semi-sèche. Le procédé par voie humide est illustré à la figure 1 et met en lumière les divers éléments et étapes du procédé de fabrication du ciment.

## LA SITUATION ACTUELLE AUX ETATS-UNIS

L'émergence relativement rapide de fours à ciment comme moyen primaire d'élimination des déchets dangereux aux Etats-Unis a conduit les propriétaires d'incinérateurs classiques de déchets dangereux et d'autres installations d'élimination des déchets dangereux à mener une campagne de pression pour une réglementation plus stricte des fours à ciment. Pour se défendre, les propriétaires de fours à ciment ont formé leur propre organisation dans le but de promouvoir leur technologie.

Si la poussière de four à ciment (PFC) a été exemptée de la Réglementation C, sous-section RCRA de l'USEPA en 1980, le mélange et l'utilisation des fuels résiduels sont autorisés conformément à la réglementation fédérale, section "Boiler and Industrial Furnaces (BIF)". Les débats intenses entre les propriétaires de fours à ciment et les propriétaires d'incinérateurs classiques de déchets dangereux a mené l'USEPA à revoir la réglementation en vigueur sur l'incinération des déchets dangereux dans des fours à ciment.

Les observateurs étrangers, tels que les agences de contrôle et les autorités publiques de Hongrie, ont été avisés que l'intense débat américain a conduit à de nombreuses revendications techniques, politiques et financières des deux parties, qui doivent être évaluées selon leur propre mérite avant d'être appliquées à des situations en dehors des Etats-Unis.

## ALIMENTATION DES FOURNEAUX EN DECHETS DANGEREUX

Du fait que la destruction des déchets dangereux est principalement basée sur la température du fourneau et du temps de résonance, la méthode d'intégration des déchets dans le procédé de fabrication du ciment est très importante.

Les déchets dangereux liquides et certaines boues légères sont mélangés au fuel primaire ou injectés du côté "chaud" du four à l'aide de lances ; ces déchets parcourent tout le four. En général, le mélange de fuel ne doit pas comprendre plus de 50 % de déchets. La température élevée des zones de combustion et de calcination, et le temps de résonance long, assurent généralement la destruction complète des déchets liquides. Du fait que ce procédé n'accroît pas, ou peu, les coûts d'exploitation du four à ciment, celui-ci est un moyen efficace et peu onéreux d'élimination des déchets liquides.

Les méthodes d'alimentation des fourneaux en déchets solides et boues lourdes sont plus problématiques. Dans le passé, les déchets solides étaient introduits à l'extrémité froide du four avec la "farine". Les températures en cet endroit peuvent n'être que de 165 à 275 degrés C (300-500 F). Les premiers gaz, forcés de s'échapper en début de combustion, sortent par l'extrémité froide du four et arrivent à des mécanismes de contrôle de la pollution atmosphérique (MCPA) sans rencontrer les températures élevées ou les temps de résonance des zones de calcination et d'incinération. Des produits de combustion incomplète (PCI) peuvent se former et ne pas être détruits, et peuvent passer à travers les MCPA et se répandre dans l'air. Bien que cette méthode

ne soit plus employée aux Etats-Unis, elle l'est peut-être dans des pays en développement ou d'Europe de l'Est.

L'injection de déchets solides dans la zone finale d'incinération pose également des problèmes. Les réactions chimiques dans cette zone, nécessaires pour former le clinker, doivent maintenir un environnement chimique oxydant. De grandes quantités de déchets solides placées dans la zone d'incinération peuvent affaiblir les conditions et entraver la formation du clinker. Aujourd'hui, dans la plupart des fours à ciment des Etats-Unis, les déchets solides sont injectés dans la zone de calcination où les températures sont supérieures à 990 degrés C (1800 F). Cela exige des mécanismes spéciaux de manutention ; plusieurs méthodes sont offertes.

## METAUX LOURDS

Quelles que soient les méthodes employées pour éliminer les déchets dangereux, le sort des métaux lourds est souvent un sujet d'inquiétude. Ces métaux sont présents dans de nombreux déchets dangereux et s'échappent ou se volatilisent pendant la combustion. On en trouve également de grandes quantités dans les matières premières du ciment, et les fours à ciment qui servent à incinérer les déchets dangereux peuvent émettre des métaux lourds. Le charbon contient des quantités importantes d'arsenic, de baryum, de mercure et de sélénium. D'autres métaux lourds comme le plomb, le zinc, le chrome, l'antimoine et le cadmium sont plus susceptibles de provenir des résidus de fuel.

Une fois qu'ils se sont volatilisés pendant la combustion à haute température, la plupart des métaux lourds se condensent aux températures typiquement plus basses des zones de calcination et de séchage/préchauffage. Pendant la condensation, les métaux lourds sont très attirés par la matière corpusculaire et se condensent en poussière de four à ciment abondante dans la partie gazeuse du four. Un MCPA efficace enlève la matière corpusculaire ainsi que les métaux lourds attachés à la poussière de four à ciment.

L'exception est le mercure qui se condense à une température beaucoup plus basse et demeure volatile à la plupart des températures du procédé de fabrication du ciment. La température doit se situer aux environs de 72 degrés C (130 F) pour condenser le mercure et le retirer des gaz de combustion. Du fait que la plupart des fours à ciment sont exploités à haute température, même dans le MCPA, le mercure traverse le procédé et se répand dans l'air. C'est pourquoi le mercure qui contient des déchets ne doit pas être incinéré dans des fours à ciment ni par d'autres moyens de combustion.

Les tests exhaustifs effectués par l'association Portland Cement ont révélé que les métaux lourds que contient le clinker sont minimes et ne sont pas considérés problématiques pour l'environnement dans les produits faits en ciment. Comme indiqué plus haut, la plupart des échanges de métal ont lieu dans la zone gazeuse du four et non dans le matériau solide qui produit le clinker.

## GAZ ACIDES

Outre les gaz acides qui se forment pendant la combustion des fuels a teneur de sulfure, certains fuels residuels produisent egalement des gaz acides. Les solvants chlorines, les pesticides et les plastiques PVC en particulier produisent des quantites significatives d'hydrogene chlorydrique apres leur combustion. En raison de la nature alcaline des matieres premieres et de la quantite de poussiere de four a ciment dans les gaz des fours, les gaz acides sont neutralises par cette poussiere et forment des sels alcalins qui sont elimines par le MCPA. Les gaz acides ne posent pas de problemes majeurs dans les fours d'incineration des dechets dangereux.

## DIOXINES/FURFURANS

Les dioxines et les furfurans forment une grande famille de produits chimiques organiques complexes et peuvent apparaître dans de nombreux procedes de combustion comme produits de combustion incomplete. Etant consideres tres toxiques, même en concentration faible, ils sont problematiques dans tout procede de combustion des dechets, notamment lorsque de grandes quantites de composants chlorines sont presentes. Bien que des dioxines/furfurans puissent être presents dans le fuel derive des dechets, ils peuvent egalement se former pendant les dernières etapes du procede de combustion a partir des PCI dans les gaz de combustion. Comme les metaux lourds, les dioxines et les furfurans sont tres attires par les matieres corpusculaires et se condensent en particules "submicron" après leur formation.

Du fait qu'il a ete demontre que la formation de dioxines/furfurans est liee a la temperature, la cle du controle des emissions de dioxines/furfurans par cheminee consiste a baisser la temperature avant le MCPA afin d'assurer que si des dioxines/furfurans se forment, cette formation s'effectuera du côté sale du MCPA où il seront absorbes par la matiere corpusculaire et elimines par le MCPA. L'absence de reduction de temperature avant le MCPA peut provoquer une formation de dioxines/furfurans du cote propre du MCPA d'ou elles peuvent etre emises dans l'air. La documentation de l'USEPA recommande qu'une temperature de 165 degres C (300 F). ou moins soit maintenue a l'entree du MCPA pour contrôler les emissions de dioxines et de furfurans.

## EMISSION RESTREINTE ET AUTRE REGLEMENTATION

Le debat americain actuel est centre sur plusieurs points majeurs : la limitation des emissions de particules corpusculaires (PC), la limitation des emissions de dioxines/furfurans et l'elimination de la PFC. L'accent est mis sur les limites d'emissions de PC car un contrôle efficace de ces particules controle egalement les metaux lourds et les emissions de dioxines/furfurans. L'USEAP procede actuellement a une evaluation des donnees et doit proposer bientôt une réglementation revisee. Les donnees existantes indiquent que la limite se situera aux alentours de 0,01 à 0,03 grains par pied cubique standard sec (gr/pcss) a 7 % d'oxygene. Ce sont les niveaux obtenus actuellement par les sources les mieux controlees.

Les niveaux de dioxines obtenus par les sources les mieux contrôlées se situent entre 0,12 et 0,17 nanogrammes par pcss à 7 % d'oxygène. La limitation des températures est également sous considération.

Les propriétaires d'incinérateurs classiques de déchets dangereux demandent aussi une réglementation spéciale pour la décharge de la PFC. En raison du pH élevé de la PFC, les métaux lourds et les matières organiques ne seront probablement pas stabilisés et demeureront chimiquement et physiquement liées aux PC dans la PFC et, sous des conditions normales, ne seront pas lessivés. Des procédures spéciales d'exploitation doivent être mises en oeuvre pour éviter l'envolée de la PFC.

En mars 1992, la Communauté économique européenne (CEE) a communiqué à tous ses membres une directive d'application de nouvelles lois, règles et procédures administratives régissant l'incinération des déchets dangereux. Cette directive CEE contient des recommandations de 5 mg/m<sup>3</sup> pour l'émission totale de poussière et une limite de dioxine/furfuran de 0,1 nanogramme par mètre cube à 11 % d'oxygène. Ces limites ont également été adoptées par l'Allemagne et les Pays-Bas.

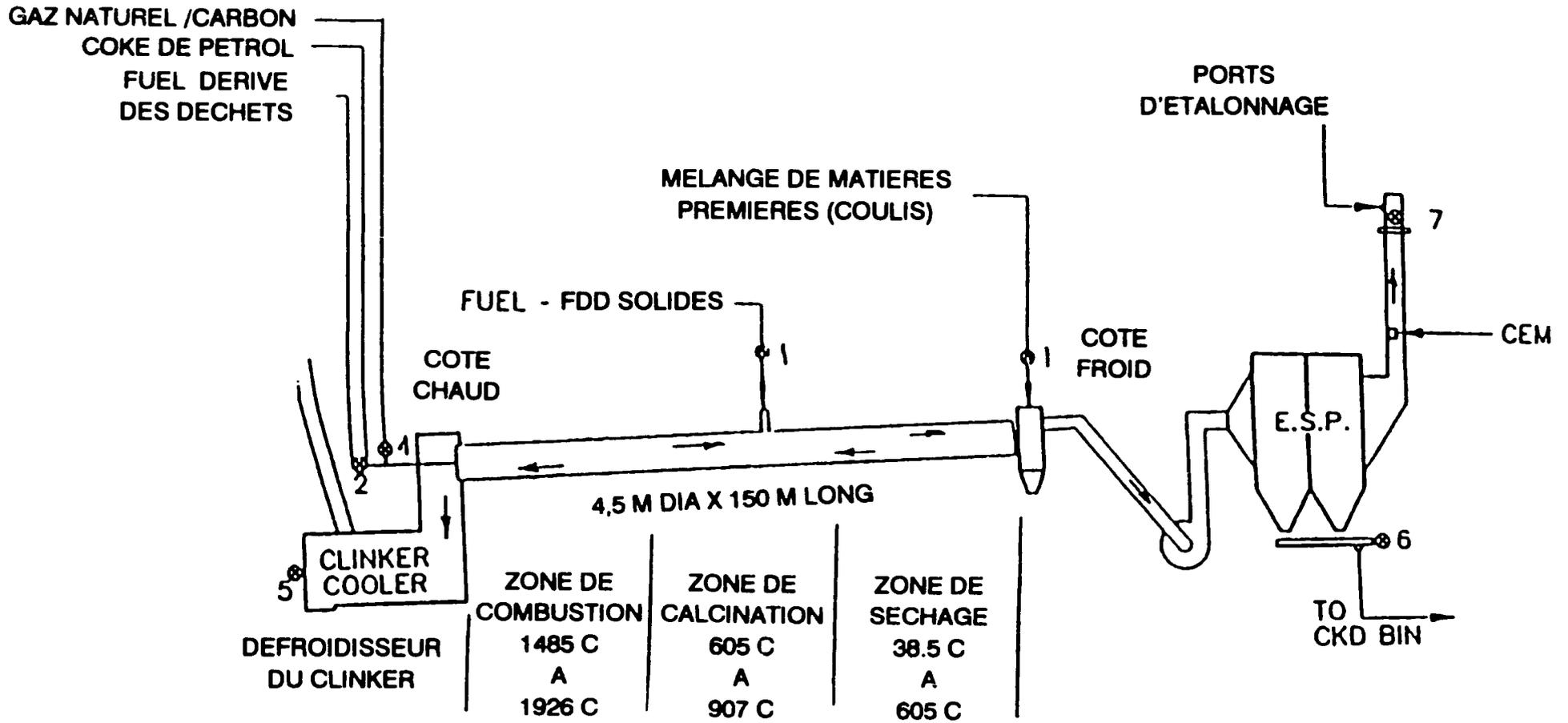
#### PROCEDURES PROPOSEES ET RECOMMANDATIONS

1. Avant de proposer une réglementation nationale en Hongrie, un inventaire des fours à ciment doit être dressé et comprendre les informations suivantes :
  - . Configuration du procédé
  - . Production totale
  - . Fuels primaires
  - . Brûlent-ils des résidus ? Quels types de résidus ?
  - . Méthodes d'injection des fuels résiduels
  - . Mécanismes de contrôle de la pollution atmosphérique
  - . Méthodes d'élimination de la PFC
2. Toutes les installations avec fours à ciment doivent être tenues d'enregistrer tous les résidus incinérés, par type et volume, y compris les déchets dangereux et non dangereux. Il faudra adopter un fuel à 50 % maximum dérivé des déchets et soumettre des rapports mensuels ou trimestriels à l'agence de contrôle locale.
3. Il convient d'interdire l'alimentation du four en déchets ou fuels dérivés de déchets du côté froid du four. En règle générale, les boues ou déchets solides doivent être introduits uniquement là où la température est supérieure à 990 degrés C (1800 F). pendant 2 secondes.
4. Les déchets contenant du mercure ne doivent être soumis à aucune méthode d'élimination par combustion.

5. Le clinker et la PFC doivent être testés au moins deux fois l'an pour détecter les métaux lourds et les dioxines/furfurans.
6. Des mécanismes d'enregistrement de la température doivent être installés aux points clés du procédé.
7. Une limitation de température de 165 degrés C (300 F). ou moins à l'entrée du MCPA doit être considérée.
8. L'adoption des normes de la CEE pour les PC et les dioxines/furfurans doit être considérée.

## REFERENCES

Ce rapport a été préparé sur la base des informations contenues dans plusieurs documents de référence ainsi que dans des articles/notices publiés dans des magazines professionnels et le Environment Reporter. Citons comme document très exhaustif, la version préliminaire de "Combustion Emissions Technical Ressources" (CETRED) publiée par l'USEPA en mai 1994. Elle traite de manière plus détaillée la plupart des questions évoquées ci-dessus et quiconque intéressé par ce sujet devrait en posséder un exemplaire. Des exemplaires sont disponibles auprès de l'USAEP à Washington, D.C. Plusieurs rapports ont également été obtenus auprès de Cement Kiln Recycling Coalition et American Portland Cement Alliance.



REMARQUE: LE TEMPERATURES SONT CELLES DES MATIERES PREMIERES SOLIDES.  
 LE TEMPERATURES GAZEUSES SONT BEAUCOUP PLUS ELEVEES.

57