




enda Maghreb
enda Tiers Monde



*Options de gestion des déchets
solides municipaux
adaptées aux contextes
des Pays du Sud*

*Brahim SOUDI
Hamid CHRIFI*

*Options de gestion des déchets
solides municipaux
adaptées aux contextes
des Pays du Sud*

*Brahim SOUDI
Hamid CHRIFI*



**enda Maghreb
enda Tiers Monde**

Document réalisé dans le cadre du programme d'appui aux initiatives de gouvernance environnementale et territoriale conduit par Enda Maghreb à l'échelle de la Région de Rabat, Salé, Zemmour, Zaër et de la Province d'Essaouira avec le soutien financier de la Direction du Développement et de la Coopération suisse (DDC), et d'Enda Tiers Monde.

- Brahim Soudi est Professeur à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
- Hamid Chrifi est Responsable du Département Appui Technique et Méthodologique Solidaire, Enda Maghreb

Avec le soutien financier de



©Enda Maghreb, 12, rue Jbel Moussa, Appt. 13 Rabat- Agdal, Maroc
Tél : +212 (0)37 67 10 61/62 - Fax : +212 (0)37 67 10 64

Dépôt légal : 2007/2008
ISBN : 9954-444-19-X

Sommaire

Préface	5
Avant propos	7
Chapitre 1. Analyse de la situation actuelle	9
1. Aperçu sur la quantité et la qualité des déchets ménagers au Maroc	11
2. Etat, Pression et Impact des déchets sur l'environnement	12
3. Faiblesses de planification et de gestion	12
3.1. L'Insuffisance de la démarche de planification	12
3.2. La non adaptation des technologies de gestion	13
3.3. L'absence d'une démarche de gestion intégrée des déchets	14
Chapitre 2. Cadre légal, directives et nouvelles approches de gestion	15
1. Concept de gestion intégrée et durable des déchets solides municipaux (GIDDS)	17
2. Lois, directives et nouvelles orientations	18
2.1. Cas de l'Union Européenne	18
2.2. Cas des Etats Unis d'Amérique	18
2.3. Cas de l'Afrique du Sud	19
2.4. Autres pays en développement : constats généraux	19
2.5. Cas du Maroc	19
2.5.1. Loi sur les déchets	19
2.5.2. Programme national de gestion des déchets ménagers et assimilés	20
2.5.3. Modes de gestion	23
Chapitre 3. Quelles filières d'élimination, de traitement et de valorisation ?	25
1. Principes directeurs du choix	27
2. Présentation générale des principales filières	28
2.1. Mise en décharge contrôlée	28
2.1.1. Constat général	28
2.1.2. Impacts de la décharge contrôlée sur l'environnement	28
2.1.3. Handicap foncier	28
2.2. Incinération	30
2.3. Production de biogaz	31
2.4. Compostage	33
2.4.1. Constat général	33
2.4.2. Avantages du compost	33
2.4.2.1. Avantages environnementaux	33
2.4.2.2. Avantages agronomiques et/ou de valorisation "verte"	34
2.4.3. Contraintes liées au développement de la filière du compostage au Maroc	37
Echec des expériences : première cause de blocage	37
Difficultés de l'opération de tri	38

Déficit en projets pilotes de démonstration	38
Faible documentation sur la perception des usagers	39
Déficit en formation et information du public sur le compost	39
La non maîtrise des modalités de commercialisation du compost	39
2.4.4. Recommandations techniques pour la réussite de la filière de compostage	39
2.4.5. Technologies de compostage	41
2.4.6. Qualité du compost	42
2.5. Le recyclage	44
2.5.1. Considérations générales	44
2.5.2. Situation de recyclage au Maroc	45
2.5.2.1. Analyse des forces et faiblesses	45
2.5.2.2. Données quantitatives sur le secteur de recyclage au Maroc	46
2.5.2.3. études de cas	47
Ville de Rabat-Salé (diagnostic réalisé par Enda Maghreb)	47
Autres cas de récupération informelle	48
2.5.2.4. Principales recommandations pour la promotion du recyclage au Maroc	49
2.6. Récapitulatif : Filières recommandées	50
Chapitre 4. Analyse des coûts internes des options d'élimination et de traitement des déchets	53
1. Analyse du coût de compostage	55
1.1. Considérations générales	55
1.2. études de cas	55
1.2.1. étude de cas au USA (extrait d'une étude menée sur 19 unités et installations de compostage)	55
Coûts d'investissement initial	57
Coûts unitaires rapportés à la tonne réceptionnée et à la tonne traitée	57
1.2.2. étude de cas au Canada	58
1.2.3. Cas des dispositifs de tri-compostage mis en place par Enda Maghreb comparés aux grandes installations	59
2. Comparaison des coûts de tri-compostage-recyclage, de mise en décharge et de leur combinaison	61
2.1. Eléments de référence pour la comparaison des coûts	61
2.2. Ordres de coûts des décharges contrôlées au Maroc	62
3. Analyse externalités des options de gestion de déchets	64
3.1. Position du problème	64
3.2. Analyse des coûts externes des options d'élimination, de traitement et de valorisation des déchets	65
4. Récapitulatif	68
Chapitre 5. Orientations stratégiques	71
1. Opportunités et besoins d'opérationnalisation	73
2. Propositions d'une ébauche de scénarii	75
3. Actions préalables et mesures d'accompagnement	75
Références	77

Préface

La dynamique de développement à laquelle aspirent les sociétés du Sud demeure tributaire des efforts déployés pour vaincre et maîtriser les facteurs qui inhibent ce processus. La gestion des déchets solides municipaux, en tant que source de pollution, est un des challenges qu'il faut aborder si on veut atteindre cet objectif.

Au cours des dernières décennies, la question des déchets solides municipaux a connu une véritable métamorphose due aux transformations qui ont affecté la société sur les plans de l'accroissement démographique, de l'expansion urbanistique, des mutations des modes de vie et de production... Cette situation s'exprime avec une extrême acuité dans les pays du Sud qui souffrent d'insuffisances liées au cadre juridique et institutionnel, aux lacunes organisationnelles et à la rareté des moyens humains et financiers.

Ce constat est à la base de l'appui apporté par la Suisse à l'ONG Enda Maghreb, pour un programme dédié à la promotion, à titre pilote, d'une gestion intégrée et durable des déchets solides municipaux, à travers la mise en place de dispositifs de co-traitement à l'échelle des petites et moyennes collectivités. Ce soutien rejoint les objectifs de la Direction du Développement et de la Coopération suisse (DDC), qui accorde une place privilégiée aux initiatives visant la maîtrise des problèmes environnementaux, et cherche à poser les fondements matériels et humains d'un processus de développement durable pouvant être conduit de façon autonome.

Le potentiel de ces expériences, fruit de la collaboration fructueuse entre la DDC et Enda Maghreb, et leur nature adaptée aux besoins et moyens des petites et moyennes collectivités, mérite d'être appuyé par un travail de plaidoyer en faveur d'une gestion intégrée et durable des déchets solides municipaux. Dans ce cadre, le présent ouvrage constitue une véritable contribution au débat sur le choix des filières et des options technologiques les plus appropriées pour une gestion intégrée et durable des déchets solides municipaux à l'échelle des petites et moyennes collectivités. Au-delà de sa pertinence vis-à-vis des nouvelles orientations de la gestion des déchets solides municipaux au Maroc, et de la promulgation de la loi sur les déchets 28-00, les réflexions et analyses qu'il contient constituent autant d'outils susceptibles d'éclairer les voies à suivre en matière de prise en charge des défis environnementaux en général, et de la problématique des déchets solides municipaux en particulier, dans les pays du Sud.

Je suis heureux de la contribution de mon pays à ce domaine dont il est inutile de souligner l'importance pour le bien-être des générations futures, qui ont un droit absolu à vivre dans un environnement global sain. Je souhaite que les idées développées dans cette publication servent de modèle et d'encouragement pour les décideurs locaux, sur lesquels repose la responsabilité de veiller à l'avenir de leurs administrés. L'Etat marocain a mis en place de nombreux instruments pour assurer un développement durable ; il appartient aux collectivités locales de prendre les initiatives nécessaires pour les traduire dans les faits, mais également de promouvoir concrètement auprès des jeunes générations, par des mesures éducatives, une gestion saine de leur environnement quotidien.

Son Excellence,
Christian DUNANT
Ambassadeur de Suisse au Maroc

Avant-propos

La gestion des déchets en général, et celle des déchets solides municipaux en particulier, constitue un des principaux défis auquel sont confrontées nos sociétés. La combinaison d'un ensemble de facteurs inter-reliés, allant de l'accroissement démographique, à l'expansion urbanistique, au développement des activités socio-économiques et de production, ainsi qu'aux mutations des modes de vie et de consommation, engendre un gisement grandissant de déchets.

L'ampleur de ce problème des déchets solides municipaux se ressent avec extrême acuité dans les sociétés du Sud. Ces pays qui aspirent à une dynamique de développement susceptible d'améliorer leur futur, sont confrontés aux conséquences néfastes des déchets sur la qualité de vie, l'environnement et la santé publique. La question des déchets solides municipaux constitue dès lors un élément clé de leur stratégie de développement. On y assiste de plus en plus à l'émergence de signes prometteurs d'une conscience de la nécessité d'une gestion plus rationnelle des déchets solides municipaux. Cela se traduit par l'élaboration de cadres juridiques et réglementaires et par la mise en œuvre effective, par différents acteurs, d'expériences pilotes dont l'objectif est d'explorer certaines options de gestion et technologies de traitement adaptées aux contextes locaux et régionaux. Néanmoins, l'opérationnalisation de ces efforts et la concrétisation de ces orientations nécessitent une stimulation de cette conscience par une véritable réflexion sur le choix des options à adopter et sur leur adaptabilité aux contextes des pays du Sud.

La publication proposée par Enda Maghreb s'inscrit dans cette optique. L'approche qui motive son élaboration repose sur le concept de gestion intégrée et durable ; le terme durabilité sous-entend trois dimensions : sociale, économique et environnementale. Elle a ainsi pour ambition de susciter le débat et d'apporter des réponses concrètes aux multiples questions que pose la mise en œuvre d'une gestion intégrée et durable des déchets solides municipaux, adaptée aux spécificités des sociétés du Sud. A partir d'un éclairage sur la situation des déchets solides municipaux au Maroc, considéré comme un laboratoire expérimental destiné à étayer quelques réflexions du document, et s'appuyant sur quelques expériences internationales éclairantes, cette publication apporte trois principaux éléments de cadrage :

- La nécessité de se conformer aux principes qui devraient régir une gestion voulue intégrée et durable des déchets ; dans ce sens, un aperçu sur les tendances actuelles au niveau international est donné. Cette tendance va dans le sens d'une gestion qui offre une place privilégiée à la prévention, à la valorisation et au recyclage. La mise en décharge, aussi contrôlée soit-elle, est reléguée à un statut de solution ultime.
- La nécessité, pour la prise en charge de la problématique des déchets, de s'appuyer sur plusieurs filières de traitement ou d'élimination et surtout d'assurer une complémentarité entre ces différentes techniques. En effet, il n'existe pas de solution unique, car les différentes options peuvent être combinées ou modulées selon des proportions variables adaptées aux contextes locaux et régionaux.

Une modulation chronologique à moyen et long terme de ces options de gestion est également possible en fonction de la taille des villes et des capacités techniques et financières des collectivités territoriales qui ont la responsabilité d'assurer ce service.

- La comparaison entre les différentes filières doit être multicritère et se baser sur l'ensemble des aspects qui leur sont liés. Sans se limiter aux simples coûts d'investissement et de fonctionnement, elle doit ainsi tenir compte de toutes les composantes : durée de vie des décharges, risques environnementaux, impacts socio-économiques... Il importe dès lors de considérer les externalités négatives et positives dans la comparaison des coûts de ces options.

Analyse de la situation actuelle

Chapitre 1

I. Aperçu sur la quantité et la qualité des déchets ménagers au Maroc

Au Maroc, à l'instar de tous les pays du monde, les activités socio-économiques couplées à l'accroissement démographique et aux changements dans le mode de consommation génèrent une production importante de déchets solides municipaux (DSM). La production des déchets solides ménagers s'élève actuellement à près de 18 000 tonnes/jour. En chiffres ronds, on peut considérer une production annuelle d'environ 6 millions de tonnes soit en moyenne 0,75 kg/hab.jour. Des variations notables sont constatées d'une région à l'autre, d'une ville à l'autre et d'un quartier à l'autre en fonction du niveau socio-économique, de la saison et du taux de collecte. Globalement, on enregistre un ratio moyen de 0.3 kg/hab.jour en milieu rural et de 1 kg/hab.jour en milieu urbain et périurbain.

Le taux moyen de la collecte des DSM est estimé à environ 70% en milieu urbain. La collecte en milieu rural est peu, voire non organisée. La quasi-totalité des déchets est acheminée vers les décharges sauvages sans aucun traitement au préalable et sans aménagement des sites réceptacles. En effet, on compte plus de 300 décharges sauvages contre quelques décharges contrôlées. Sur le plan qualitatif, la nature des déchets ménagers au Maroc est très différente de celle des pays industrialisés (Tableau 1). Comme nous pouvons le constater, cette différence concerne plusieurs paramètres et tout particulièrement la teneur en eau et la proportion de matières organiques fermentescibles. Ces paramètres se situent à des niveaux plus élevés dans le contexte marocain par rapport à celui des pays industrialisés.

Tableau 1. Comparaison "indicative" de la composition des déchets solides municipaux au Maroc par rapport à celle de la France, de la Tunisie et des USA

Composition	Paramètre (%)			
	Maroc	Tunisie	France	USA
Fraction organique fermentescible	60 - 80	68	30	15 - 20
Humidité	60 - 75		35	30
Papier	7 - 10	11	30	20
Bois	7		-	2
Plastique et caoutchouc	4 - 7	7	15	10
Textile	3	3	2	2
Cuir et peau	0.3		-	1
Métal	1.0	4	6	10
Verre et céramique	1.5	2	12	10
Cendres	10.5	-	-	-

Au Maroc, comme dans d'autres pays en développement, une tonne de déchets ménagers contient en moyenne 700 à 800 kg de produits organiques fermentescibles contre seulement 350 kg en Europe Occidentale et aux Etats-Unis d'Amérique.

La proportion de la matière organique est encore plus élevée dans les déchets issus des petites et moyennes communes des pays en développement. L'humidité y est aussi beaucoup plus élevée ; les teneurs peuvent atteindre 60 et 75 % et varient de manière notable avec les saisons. Cette composition demeure un élément important à intégrer dans le choix du matériel et des équipements (conteneurs, véhicules de transport etc.) et des technologies de traitement à mettre en place.

2. Etat, Pression et Impact des déchets sur l'environnement

La gestion des déchets ménagers demeure problématique presque pour toutes les collectivités locales du Maroc. Les quantités importantes de déchets produites, l'insuffisance financière, les lacunes d'ordres organisationnel, institutionnel et de gestion, le déficit en matière de personnel qualifié, les infrastructures insuffisantes et le faible niveau d'éducation environnementale constituent les éléments importants de cette problématique.

Ainsi, il résulte de la conjugaison de ces facteurs, une pression importante sur l'environnement qui se solde par des impacts négatifs sur les ressources naturelles et sur le cadre de vie et les conditions sanitaires des populations. Selon le rapport de la Banque Mondiale (2003), le coût annuel des dommages générés par les déchets, tout type confondu, s'élève à 1.7 milliards de Dirhams soit près de 0.5% de PIB en l'an 2000. Pour le cas des déchets municipaux, ce coût est de 1.487 milliards de Dirhams soit 0.4% du PIB. Ces considérations font que les déchets solides ménagers constituent une préoccupation majeure des pouvoirs publics et des collectivités.

3. Faiblesses de planification et de gestion

3.1. L'Insuffisance de la démarche de planification

Souvent, on assiste, comme le montre la figure 1, à une analyse réductionniste des problèmes liés à la gestion des déchets au dénominateur "Insuffisances de moyens". Cette formulation limitative du problème "Approche A" débouche sur des solutions focalisées sur l'acquisition et le renforcement des moyens financiers et matériels.

La démarche recommandée consiste à identifier tous les problèmes et les hiérarchiser selon le principe de causalité de manière à déboucher, lors de l'analyse des objectifs, sur toutes les solutions possibles "Approche B". Autrement, l'approche adoptée dans la plupart des cas au Maroc, labellisée "A" dans la figure 1, aboutit à une solution unique et exclusive qui réside dans l'octroi de moyens financiers et matériels. Par contre, l'approche "B" consiste en une analyse complète des problèmes débouchant sur des solutions variées.

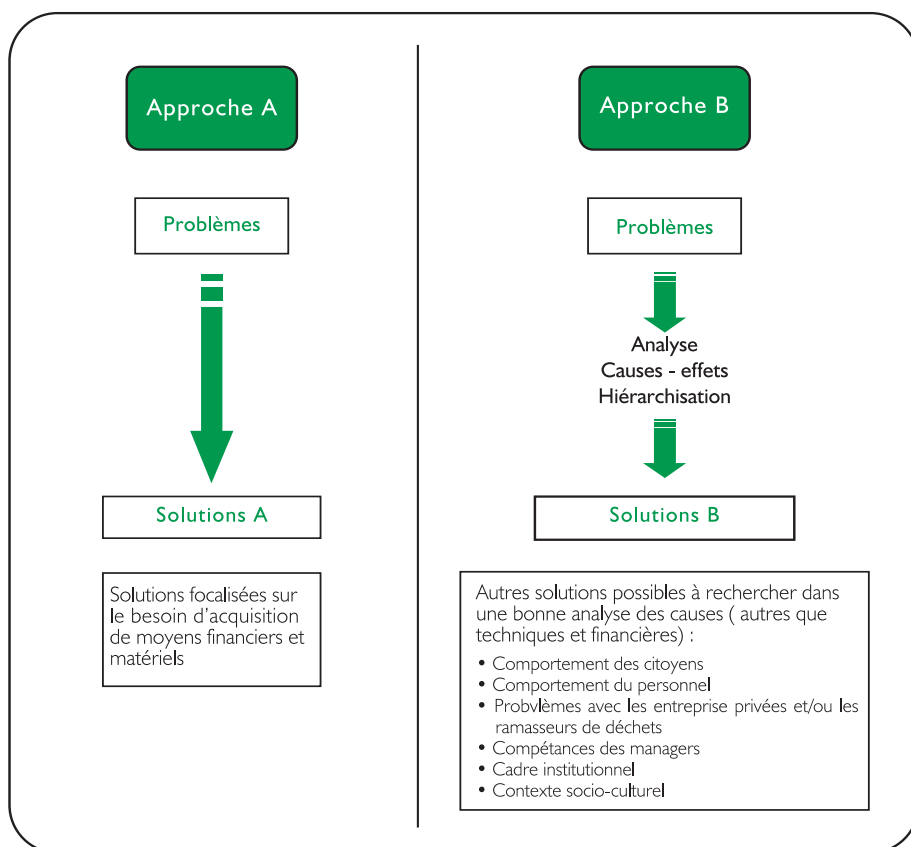


Figure 1. Approches d'analyses des problèmes et de déduction des solutions

3.2. La non adaptation des technologies de gestion

Il est aussi important de souligner que les options de gestion des déchets ne sont pas toujours adaptées aux conditions sociales et économiques de tous les pays. Il est clair que des expériences réussies dans des pays industrialisés puissent être capitalisées sous condition de tenir compte des contextes spécifiques des régions et des pays cibles de leur réplique. En effet, dans le rapport de la Banque Mondiale de 2004 sur la "Réforme de l'infrastructure", il a été constaté que la principale difficulté rencontrée sur le terrain concerne l'adaptation des solutions occidentales aux spécificités locales.

à ce propos, on peut évoquer plusieurs exemples dont celui cité dans ce rapport qui correspond à la forte production de lixiviats dans la décharge de Tunis, et d'autres problèmes constatés au Maroc comme l'importation des bennes tasseuses pour le transport des déchets ménagers très humides qui, une fois tassés, laissent écouler des lixiviats qui arrosent les voies publiques avant d'atteindre les décharges. D'autres exemples, qui seront étayés plus loin, concernent les échecs de quelques grandes unités de tri-compostage installées au Maroc. En plus de la dilapidation des moyens, cet échec a créé un blocage et des barrières au développement de ce type de filière.

3.3. L'absence d'une démarche de gestion intégrée des déchets

La démarche quasi-unique adoptée pour l'élimination des déchets solides municipaux dans la plupart des communes est quasi-machinale. Dans les meilleurs des cas, elle se déroule en deux étapes : l'amélioration et l'organisation de la collecte des déchets et ensuite leur mise en décharge sauvage en attendant la mise en place d'une décharge contrôlée. L'objectif principal consiste à se débarrasser des déchets et les acheminer plus loin.

Le manque d'information des gestionnaires et des collectivités sur les autres options de recyclage et de compostage et sur les clients potentiels demandeurs des produits de ces opérations conduit à l'adoption d'une démarche, très simpliste et peu visionnaire. À côté de ce manque d'information, on ne tient pas compte des critères pouvant aider dans le choix des options d'élimination, de traitement et de valorisation des déchets. Parmi les critères déterminants, on retient : la nature et la composition des déchets, le niveau socio-économique local et le coût environnemental.

Ainsi, la méthodologie à suivre porte sur :

- La hiérarchisation des filières d'élimination de traitement, de recyclage et de valorisation sur la base des critères économiques, techniques, écologiques et de durabilité ;
- L'intégration des externalités (coûts externes) dans la comparaison économique des différentes options et filières. Ceci consistera à attribuer un coût aux impacts positifs et négatifs de ces différentes options.

D'emblée, on peut dire qu'il n'existe pas de solution unique. Différentes filières (mise en décharge contrôlée, tri, recyclage, valorisation etc.) peuvent être combinées et adoptées à des proportions variables selon le contexte, la taille des agglomérations, etc.

Le présent document se consacrera en grande partie à cette comparaison en l'étayant chaque fois par des études de cas et des expériences nationales et internationales. Encore faut-il présenter, au préalable, succinctement le concept de Gestion Intégrée des déchets solides municipaux tel qu'il est défini à l'échelle internationale.

Cadre légal, directives et
nouvelles approches de gestion

Chapitre 2

I. Concept de gestion intégrée et durable des déchets solides municipaux (GIDDS)

L'assiette de la gestion intégrée et durable des déchets solides (GIDDS) se base sur une approche intégrant les dimensions environnementale, technique, sociale, socio-culturelle, politico-légale, économique et institutionnelle et impliquant, à tous les niveaux de la filière, les acteurs et les institutions directement ou indirectement concernés (Figure 2).

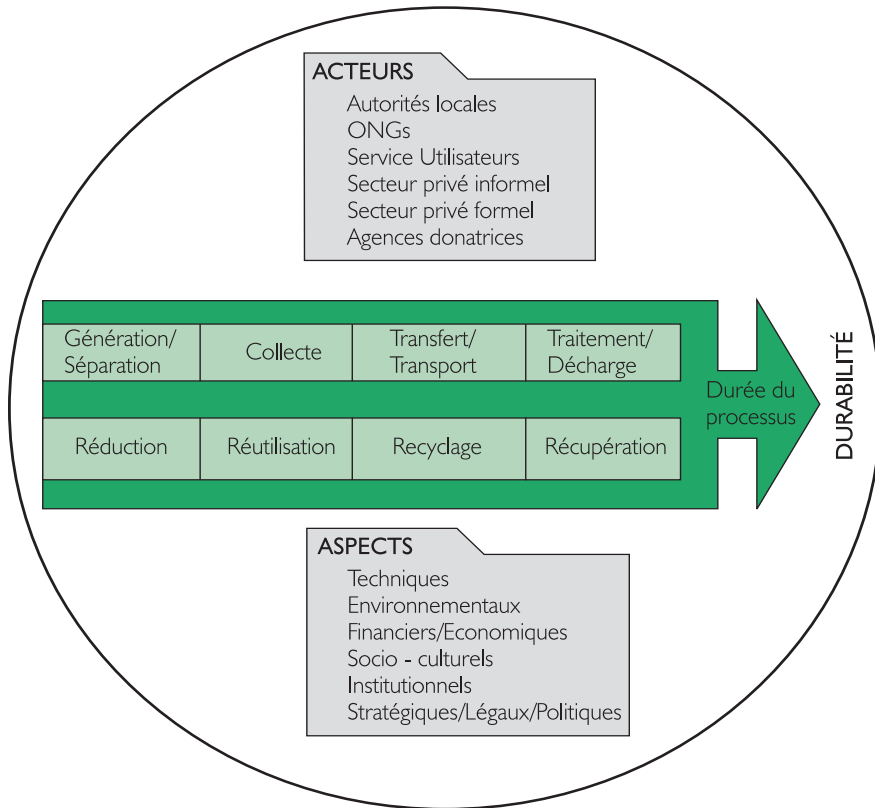


Figure 2. Composantes et processus d'une gestion intégrée et durable des déchets solides municipaux (Waste, 2001)

La Conférence des Nations-Unies pour l'Environnement qui s'est tenue en 1992 à Rio de Janeiro a mis en exergue l'importance de la solution intégrée pour la gestion des déchets qui présente une opportunité de réconciliation entre le développement et la protection de l'environnement.

à côté du concept de GIDDS, un autre, assez adopté dans des pays développés, réside dans la Gestion du Cycle de Vie de la matière (Life Cycle Management). En se basant sur une hiérarchisation des modes de gestion des déchets, ce concept favorise l'approche de prévention et de réduction des déchets à la source ainsi que les options de recyclage, de réutilisation et de valorisation.

2. Lois, directives et nouvelles orientations

2.1. Cas de l'Union Européenne

Aussi bien en Europe qu'aux Etats-Unis d'Amérique, la filière dominante de gestion des déchets consiste en la mise en décharge contrôlée. Pour changer cette tendance, la Directive Européenne 1999/31/CE relative à la mise des déchets en décharge contrôlée a mis progressivement en place des limites pour la proportion de la fraction organique des matières destinées à la décharge et a stipulé une interdiction formelle de mise en décharge de certaines catégories de déchets. Cette directive a fixé les objectifs suivants :

- en 2006 : Réduction des déchets biodégradables mis en décharge à 75% de la quantité produite en 1995 ;
- en 2009 : Réduction des déchets biodégradables mis en décharge à 50% de la quantité produite en 1995 ;
- en 2016 : Réduction des déchets biodégradables mis en décharge à 35% de la quantité produite en 1995.

L'élément moteur de cette restriction de la législation est la volonté d'éviter les dommages environnementaux causés par les substances de décomposition (gaz des décharges y compris le méthane et les lixiviats).

Tenant compte des situations différentes des pays membres de l'Union Européenne, une dérogation de quatre ans par rapport à ce qui a été initialement stipulé par la Directive a été accordée aux pays qui mettaient plus de 80% de leurs déchets dans les décharges en 1995. Elle concerne le Royaume Uni, la Grèce, l'Espagne et l'Irlande. Par contre, d'autres pays ont instauré des limites plus sévères en imposant des taxes supplémentaires pour la mise en décharge notamment des matières putrescibles et en mettant en place des mesures incitatives des techniques de récupération de déchets. Les interdictions sont plus prononcées en Allemagne, au Danemark, aux Pays-Bas, en Suède et en Suisse.

2.2. Cas des Etats Unis d'Amérique

L'Agence Américaine de Protection de l'Environnement (US-EPA) a mis en place une approche de gestion intégrée des déchets qui s'apparente parfaitement à la même hiérarchie recommandée par les instances internationales et notamment par la Conférence de Rio de Janeiro. Les options sont ainsi hiérarchisées comme suit :

- La réduction des déchets à la source ;
- La réutilisation et le recyclage (papier, verre, plastiques, aluminium, etc.) ;
- Le compostage de la fraction biodégradable ;
- La mise en décharge ou la combustion en adoptant les normes et standards des émissions (US EPA 2003).

Les réglementations relatives à la mise en décharge des déchets aux USA ont tendance à converger vers la Directive Européenne de 1999. En effet, on note une diminution progressive de la mise en décharge avec 67% en 1990 et 55% en 2000 (EPA, 2002a) et une réglementation de plus en plus stricte en matière d'émissions atmosphériques et de contamination des nappes phréatiques.

On peut déduire que l'adoption du concept GIDDS est en bonne voie de développement dans les pays à économie avancée.

2.3. Cas de l'Afrique du Sud

Le plan national de gestion des déchets municipaux, élaboré par le Département des affaires environnementales et touristiques, vise «zéro» déchet dans les décharges en 2022. Il s'agit encore ici d'un défi plus ambitieux.

2.4. Autres pays en développement : constats généraux

Lorsqu'on examine la situation dans les pays en développement, on peut déduire que ces pays font face, dans leur majorité, à plusieurs défis de gestion des déchets solides et similaires et rencontrent les mêmes difficultés que celles vécues par les pays européens au cours des 30 dernières années et qu'ils ont pu surmonter de manière progressive (GTZ-ERM-GKW, 2004).

Dans ces pays en développement, les rapports sur l'état de l'environnement montrent que le manque de gestion rationnelle des déchets municipaux entraîne une dégradation environnementale alarmante (0.4% de PIB au Maroc, 0.2% en Egypte).

La participation du secteur privé à la gestion des déchets solides a été mise en œuvre au niveau de la collecte des déchets depuis plusieurs années dans certains pays du METAP (Mediterranean Environmental Technical Assistance Program). Elle passe maintenant au financement et à l'exploitation par ce secteur des systèmes de gestion des déchets. Toutefois, un certain nombre de difficultés concernant la participation du privé subsistent. Elles trouvent leur origine dans le fait que l'approche est récente et nécessite un apprentissage à la fois pour les secteurs public et privé (Rapport sur la gestion des déchets dans les pays METAP. Premier Forum Régional, 2004).

2.5. Cas du Maroc

2.5.1. Loi sur les déchets

La loi 28-00 [Dahir n° 1-06-153 du 30 Chaoual 1427 portant promulgation de la loi n° 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination. B.O. n° 5480 du 7 décembre 2006] vient réglementer la gestion des déchets et couvre toute la chaîne : collecte, élimination et traitement. Cette loi a classé les déchets en domestiques, industriels, hospitaliers et déchets dangereux. Les principaux apports de cette loi couvrant la thématique traitée dans ce document sont relatés dans le tableau 2,

D'autres articles importants sont rapportés par la loi, notamment l'article relatif à la réglementation de l'exportation et l'importation des déchets. Ainsi, les exportateurs sont dans l'obligation de disposer d'une autorisation au préalable de l'administration de tutelle et d'un accord écrit émanant des autorités du pays où seront déposés ou traités les déchets.

Concernant les importateurs, la loi, dans son article 45, outre le fait d'exclure les déchets dangereux, genres chimiques ou nucléaires, les oblige à souscrire une police d'assurance de leurs installations, et les assujettit à une caution pour couvrir les interventions éventuelles en cas d'accident ou de pollution et prouver que leurs décharges sont convenablement équipées pour remplir la mission du traitement de ces déchets.

Aussi, cette loi rapporte des sanctions sous forme d'amendes et d'emprisonnement à l'encontre de toutes les personnes qui enfreignent les articles de cette loi. Par ailleurs, 20% des amendes sont versées à la Caisse Nationale pour l'Aménagement de l'Environnement.

Etant donnés les risques potentiels générés par le secteur de la santé et de l'industrie pharmaceutique, la loi relate aussi plusieurs articles concernant ces activités (articles 38, 39, 40 et 41).

2.5.2. Programme national de gestion des déchets ménagers et assimilés

Face à cette situation, assez bien documentée par plusieurs études de diagnostic et d'impact, le Ministère de l'Intérieur et le Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement ont élaboré un programme national de gestion des déchets ménagers qui vise l'adoption d'un ensemble de mesures concrètes, modulées à moyen et à long terme sur une période de 15 années, destinées à alléger les problèmes qui encombrant ce secteur.

Tableau 2. Extrait des principales dispositions de la loi 28-00 concernant les installations d'élimination, de stockage, de traitement, de recyclage et valorisation des déchets

Thème	Nature des déchets
	La définition du déchet et la catégorisation des déchets concernés par la loi : déchets domestiques, déchets agricoles, déchets médicaux, déchets dangereux etc. [Article 3]
Thème	Décharges contrôlées : Définition, classes de décharges, ouverture fermeture, choix de site, étude d'impact, etc.
	Définition de la décharge contrôlée en tant qu'installation ou site répondant aux caractéristiques et prescriptions techniques réglementaires où sont déposés, d'une façon permanente, les déchets [Article 3 Point 18]
	Les décharges contrôlées sont classées selon les types de déchets comme suit : Classe 1 : les décharges des déchets ménagers et assimilés ; Classe 2 : les décharges des déchets industriels, médicaux et pharmaceutiques non dangereux, des déchets agricoles, des déchets ultimes et inertes ; Classe 3 : les décharges des déchets dangereux. [Article 48]
	Une décharge de la classe 1 peut recevoir, moyennant certains aménagements spécifiques, les déchets de la classe 2. Cette mise en décharge donne lieu à la perception de redevances de mise en décharge par les communes et leurs groupements ou par les exploitants auprès des générateurs de ces déchets. Les prescriptions techniques devant être appliquées à chacune de ces classes sont déterminées par voie réglementaire. L'ouverture, le transfert, la modification substantielle ou la fermeture des décharges contrôlées de la classe 1 sont subordonnés à une déclaration, à condition de se conformer aux prescriptions techniques prévues à l'article 48. [Article 49]
	Les décharges contrôlées ne peuvent être autorisées à s'installer à proximité des zones sensibles, des zones d'interdiction et de sauvegarde prévues par la loi n° 10-95 sur l'eau et ses textes d'application, des parcs nationaux et aires protégées, des zones d'intérêt touristique, des sites d'intérêt biologique et écologique, des zones humides et forestières, des périmètres irrigués, des zones bou à haute potentialité agricole et en dehors des sites désignés par les plans directeurs de gestion des déchets prévus par la présente loi. [Article 50]
	En cas de fermeture d'une décharge contrôlée, l'exploitant ou le propriétaire est tenu de remettre le site dans son état initial ou dans un état écologiquement acceptable. [Article 51]
Thème	Incinération
	L'incinération des déchets en plein air est interdite, à l'exception des déchets végétaux issus des jardins et du brûlis qui se pratique sur les chaumes dans les champs. [Article 7]

Options de gestion des déchets solides municipaux adaptées aux contextes des Pays du Sud

Thème	Récupération, recyclage et valorisation des déchets
	Toute opération de recyclage, de réemploi, de récupération, d'utilisation des déchets comme source d'énergie ou toute autre action visant à obtenir des matières premières ou des produits réutilisables provenant de la récupération des déchets, et ce, afin de réduire ou d'éliminer l'impact négatif de ces déchets sur l'environnement. [Article 3 Point 22]
Thème	Destination des produits issus de recyclage
	L'utilisation de produits issus du recyclage des déchets dans la fabrication des produits destinés à être mis en contact direct avec les produits alimentaires est interdite. [Article 5]
Thème	Traçabilité des déchets
	Les produits conçus, fabriqués et importés par les générateurs des déchets doivent présenter des caractéristiques de manière à ce que, lors de leur cycle de vie, la quantité et la nocivité des déchets engendrés par ces produits soient réduites en utilisant la technique disponible économiquement viable et appropriée. Les générateurs des déchets sont tenus également de fournir à l'administration toutes les informations sur les caractéristiques des déchets qu'ils fabriquent, distribuent ou importent. [Article 4]
	Les générateurs des déchets et les exploitants des décharges contrôlées et des installations de traitement, de valorisation, d'incinération, de stockage ou d'élimination des déchets ainsi que les transporteurs tiennent un inventaire retraçant les types et les quantités des déchets qu'ils produisent, stockent, traitent, valorisent, incinèrent, transportent ou éliminent. [Article 54]
Thème	Installations de traitement, de valorisation, d'incinération, de stockage et d'élimination des déchets, contrôle
	L'ouverture, le transfert, la fermeture ou la modification substantielle des installations de traitement, de valorisation, d'incinération, de stockage, d'élimination ou de mise en décharge des déchets ménagers et assimilés donnent lieu à une déclaration auprès de l'administration, à condition de se conformer aux prescriptions techniques fixées par voie réglementaire. [Article 52]
	L'ouverture, le transfert, la fermeture ou la modification substantielle des installations de traitement, de valorisation, d'incinération, de stockage ou d'élimination des déchets dangereux, industriels, médicaux et pharmaceutiques sont subordonnés à l'autorisation prévue par le dahir du 25 août 1914 portant règlement des établissements insalubres, incommodes ou dangereux et ses textes d'application, tels qu'ils ont été complétés et modifiés ou par toute autre législation particulière en vigueur. [Article 52]
	En cas de fermeture ou de suspension d'une installation de traitement, de valorisation, d'incinération, de stockage ou d'élimination des déchets, l'exploitant ou le propriétaire est tenu d'assurer sa surveillance, pendant une période suffisamment raisonnable fixée par l'autorisation de fermeture ou pendant la période de suspension, pour permettre d'éviter toute atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement. [Article 53]
	Les exploitants des décharges contrôlées et des installations de traitement, de valorisation, d'incinération, de stockage ou d'élimination ainsi que les transporteurs des déchets sont tenus de fournir toutes les informations nécessaires aux personnes chargées du contrôle. [Art 63]
	Les agents chargés du contrôle ont libre accès aux décharges contrôlées et aux installations de traitement, de valorisation, d'incinération, de stockage ou d'élimination des déchets. [Art 64]
	En cas de danger ou de menace imminente pour la santé de l'homme et l'environnement, l'administration a le droit d'ordonner aux exploitants des installations et aux personnes visés à l'article 61 de prendre immédiatement les mesures nécessaires pour remédier et atténuer ce danger. [Article 65]
	Si les intéressés n'obtempèrent pas, ladite autorité peut exécuter d'office, à leurs frais, les mesures nécessaires ou suspendre tout ou partie de l'activité menaçant la santé de l'homme et l'environnement. [Article 65]
	L'administration a le droit d'ordonner la suspension de l'activité de toute décharge contrôlée ou installation de traitement, de stockage, de valorisation ou d'élimination des déchets en cas de non-respect des dispositions de la présente loi. [Article 65]
	L'administration a le droit d'ordonner la suspension de l'activité de toute décharge contrôlée ou installation de traitement, de stockage, de valorisation ou d'élimination des déchets en cas de non-respect des dispositions de la présente loi à condition de mettre en demeure la personne responsable de la décharge ou de l'installation et la non exécution par celle-ci des instructions qui lui sont adressées dans le délai qui lui est fixé. [Article 66]
	L'administration peut, en cas de besoin, faire appel à l'expertise privée pour effectuer les analyses et évaluer les incidences des déchets sur la santé de l'homme et l'environnement. [Article 67]
Thème	Installations de traitement, de valorisation, d'incinération, de stockage et d'élimination des déchets, contrôle
	L'administration élabore, en collaboration avec les collectivités locales et les professionnels concernés, le plan directeur national de gestion des déchets dangereux. [Article 9]
	Dans un délai de cinq (5) ans courant à compter de la date de publication de la présente loi, le territoire de chaque région doit être couvert par un plan directeur régional de gestion des déchets industriels, médicaux et pharmaceutiques non dangereux et des déchets ultimes, agricoles et inertes. [Article 10]
	Mise en place dans toutes les régions du Royaume d'un plan directeur, d'une durée de 10 ans, qui régit cette activité. La loi donne également la possibilité aux villes voisines géographiquement de conjuguer leurs efforts à dessein d'élaborer un plan commun destiné à la collecte des déchets. En cas d'absence de ce plan directeur, c'est à l'administration de tutelle que revient la réglementation de cette activité et ce en spécifiant les endroits des décharges publiques [Art 13]

Les principales missions de ce programme sont :

- L'amélioration de la méthode et du taux de collecte
- La mise en place de décharges contrôlées des déchets ménagers dans toutes les villes ;
- La réhabilitation des décharges existantes et leur fermeture ;
- L'organisation et le développement des filières de tri, de recyclage et de valorisation ;
- La professionnalisation du secteur notamment dans les centres susceptibles de présenter un intérêt économique pour les opérateurs privés.

Ces missions sont pertinentes et leur mise en œuvre contribuera certainement à atténuer le problème de gestion des déchets ménagers et des impacts négatifs conséquents sur l'environnement et les conditions de vie de la population.

Toutefois, il est de nature courante de constater la lenteur du processus de mise en application des lois ; l'exemple de la loi sur l'eau 10-95 est assez illustratif. Ainsi, il est nécessaire d'accélérer l'opérationnalisation de ce cadre réglementaire et de normalisation des déchets. Aussi, un certain nombre de mesures d'accompagnement mérite d'être prises. Les plus importantes sont :

- La maîtrise des flux de déchets ;
- La bonne caractérisation des déchets ; on enregistre des lacunes importantes à ce niveau ;
- La mise en place des normes de gestion de déchets (élimination et traitement) et des normes de qualité des produits issus de recyclage et/ou de valorisation des déchets (compost, produits de recyclage, boues de stations d'épuration com-postées ou séchées etc.) ;
- L'introduction de mécanismes efficaces de recouvrement de coûts ;
- La mise en place des décrets réglementaires pour clarifier les rôles et les responsabilités institutionnelles ;
- L'élaboration de certaines directives relatives aux boues des stations d'épuration qui vont connaître une accumulation importante suite au programme de grande envergure d'assainissement (Programme National d'Assignment Liquide). Plusieurs questions se posent à ce niveau :
 - Est-ce que les boues sont acceptées dans la décharge (pour une mise en décharge baptisée décharge mixte) ?
 - à quelle siccité (Teneur en matière sèche) les boues des stations d'épuration seront acceptées dans une décharge municipale ?
 - Quelle est la proportion des boues par rapport aux DSM dans la décharge dite mixte ?
 - Quel mécanisme de coordination entre les producteurs de boues (ONEP, régies et concessionnaires) et les municipalités en ce qui concerne l'élimination des boues ?
 - Peut-on considérer les boues comme déchets solides une fois séchées ou déshydratées jusqu'à 30% de matière sèche ? Si oui, il s'agira d'un tonnage très important à prévoir pour les années à venir dans le dimensionnement des décharges contrôlées qui peuvent accueillir aussi bien les DSM que les boues.

2.5.3. Modes de gestion

Concernant les modes de gestion, on assiste généralement à une gestion directe communale qui présente des insuffisances en terme d'organisation et d'efficacité. C'est ainsi que plusieurs communes urbaines se sont engagées dans la délégation de gestion de leurs services aux entreprises privées notamment les services de nettoyage et de collecte. Une analyse des points forts et points faibles des différents modes de gestion a été bien étoffée par Adnani (2006) et résumée dans son site web. Sur la base des réflexions émanant de cette étude, on peut résumer les modes de gestion par le schéma illustré par la figure 3.

Actuellement, le Ministère de l'Intérieur initie des réformes par la mise en place d'un cadre juridique et institutionnel permettant, entre autres, de promouvoir le partenariat avec le secteur privé pour la collecte des déchets, l'aménagement et la gestion des décharges contrôlées de déchets. Parmi ces réformes, on peut citer la création de communes unifiées dotées d'un pouvoir de décision et adoptant une approche intégrée qui implique de manière plus active le secteur privé dans les différents maillons de la filière «déchets». En effet, les communes de Berkane, d'Essaouira, d'El Jadida, de Fès et de Kénitra ont déjà confié la gestion de leurs décharges au privé. D'autres dossiers de mise en place des décharges contrôlées et de la gestion déléguée sont en cours d'élaboration pour les villes d'Agadir, d'Al Hoceima, de Casablanca, de Marrakech et de Rabat.

Soulignons toutefois qu'en vertu de la loi 28-00, la gestion des déchets reste une responsabilité communale mais aussi avec une responsabilisation des générateurs des déchets selon le principe pollueur – payeur déjà introduit par la Loi sur l'Eau 10-95.

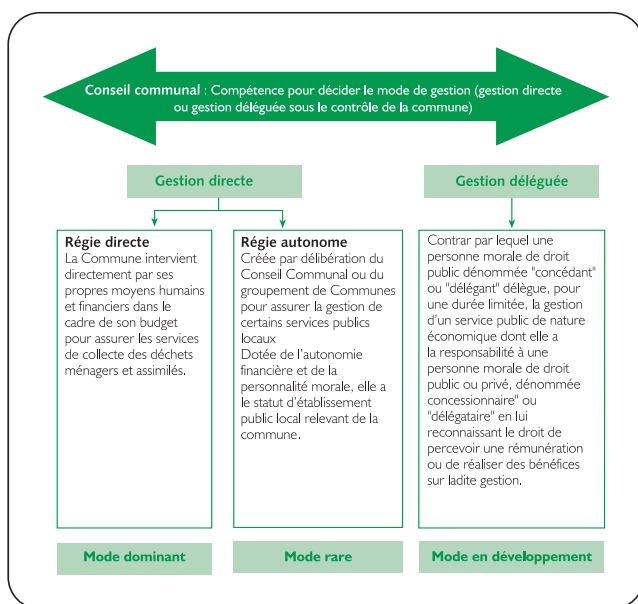


Figure 3. Modes de gestion possibles des décharges de déchets (adaptée de Adnani, 2006)

Quelles filières d'élimination,
de traitement et de valorisation?

Chapitre 3

I. Principes directeurs du choix

Le choix de filière d'élimination ou de traitement doit reposer sur une étude de faisabilité technico-économique, financière et socio-économique dans la localité considérée. En effet, il n'existe pas de solution unique. Les composantes des filières technologiques à considérer sont les suivantes : la mise en décharge contrôlée, la récupération, le recyclage et le compostage. Ces options peuvent être adoptées à des proportions variables selon le contexte de la zone d'intervention.

Actuellement, les instances internationales et, particulièrement le réseau mondial d'intégration du recyclage des déchets (Cant, 2006), recommandent pour l'évaluation des options les critères suivants :

- **Environnemental** : impacts potentiels sur l'environnement, qualité des produits transformés, recouvrement énergétique, gaz à effets de serre etc ;
- **Social** : acceptabilité par le public, conflits liés à l'utilisation de terrain, emploi, nuisances (odeurs, bruit etc.) ;
- **Economique** : coût d'investissement, coût de fonctionnement, coût à la tonne.

En somme, et comme il a été énoncé auparavant, la tendance internationale verse vers l'adoption du concept GIDDS selon la hiérarchisation illustrée par la figure 4.

L'examen de la tendance au Maroc, comme dans la plupart des pays en développement, montre que les efforts les plus importants sont actuellement déployés pour le passage des décharges sauvages à des décharges contrôlées. Ces efforts sont louables mais les options adoptées se situent toujours vers la base du triangle du concept de GIDDS. Ceci ne doit pas exclure quelques expériences prometteuses en matière de tri-recyclage-compostage généralement handicapées par les insuffisances institutionnelles et le manque d'analyse fine et globale des options adaptées au contexte marocain.

Des applications réussies de compostage, de recyclage et d'enfouissement sont entreprises actuellement dans la région METAP. Néanmoins, l'application de ces technologies demeure tributaire de la résolution de questions clés liées à l'établissement de normes, à l'acceptation de la communauté et, pour le compostage et le recyclage, au tri efficace des matières souhaitées des déchets mélangés (GTZ-ERM-GKW, 2004).

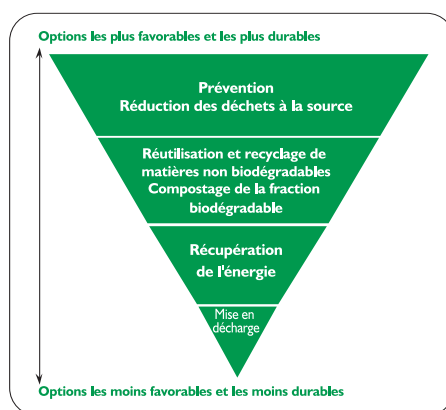


Figure 4. Hiérarchie de gestion des déchets adoptée par l'UE (adaptée de Antadze et al., 2004)

2. Présentation générale des principales filières

2.1. Mise en décharge contrôlée

2.1.1. Constat général

Afin de faire face à la problématique des décharges sauvages et à leur caractère dominant au Maroc et dans les pays en développement de manière générale, la mise en décharge contrôlée demeure manifestement une bonne alternative. Toutefois, cette option est loin d'être écologiquement durable et particulièrement dans ces pays où les déchets sont très humides et très riches en matière organique et génèrent de grands volumes de lixiviats et des émissions quantitativement importantes de méthane. Les incendies qui peuvent survenir dans les décharges représentent aussi un grand impact environnemental.

Certes, les impacts des ces émissions liquides et gazeux peuvent être significativement anéantis (isolation hydrogéologique partielle ou totale, planification du placement et de la couverture des déchets, réseaux de récupération des biogaz et des lixiviats etc.) mais, les coûts des aménagements et d'exploitation requis sont très élevés.

2.1.2. Impacts de la décharge contrôlée sur l'environnement

Lorsqu'on dépose les déchets organiques dans une décharge, les matières biodégradables sont biochimiquement converties en méthane au lieu du CO₂, produit ultime de la biodégradation des matières organiques en compostage aérobique. Il est connu que le méthane (CH₄) a un effet en tant que gaz à effet de serre (GES) 21 fois supérieur à celui du CO₂.

Actuellement, la mise en décharge des déchets constitue la filière la plus répandue à travers le monde. Toutefois, les émissions de méthane à partir des décharges représentent une proportion très significative des émissions totales des GES.

D'après les données d'inventaire effectué par le Département de l'Environnement au Maroc (1998), les émissions en méthane générées par les déchets ménagers sont estimées à 5 905 kt e-CO₂. Cet inventaire a montré aussi que la dégradation des matières organiques des déchets urbains, du fait de la mise en décharge sauvage, contribue à hauteur de 6% des émissions totales de GES du pays. Parmi les différents GES et selon les études du GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Expert sur l'Evolution du Climat), le méthane est celui qui a connu la plus forte augmentation sur la période 1860-1990. En effet, selon cette même source, on estime qu'environ 34% des émissions totales de CH₄ au Maroc proviennent de la mise en décharge sauvage des déchets ménagers.

Selon Ayalon et al. (1999), la fraction organique des déchets contribue pour plus de 12% des émissions de méthane dans les pays en développement.

2.1.3. Handicap foncier

En plus des handicaps inhérents à la nature des déchets, quatre autres contraintes majeures interdépendantes s'ajoutent, dans la plupart des cas, à l'option de décharge contrôlée. Ces

contraintes résident dans :

- La difficulté de trouver un site adéquat qui répond aux critères environnementaux et qui se situe à une distance économiquement justifiable ;
- La durée de vie de la décharge qui peut être aussi relativement faible ce qui complique davantage la première contrainte ;
- La disponibilité de terrain et son coût qui peut être assez élevé ;
- Le statut foncier qui présente encore au Maroc un handicap majeur pour le développement de tous les secteurs économiques.

La figure 5 montre les superficies requises pour les décharges de déchets en fonction de la taille de la population (Chouaouta, 2002). Cette tendance a été calculée sur la base d'un taux d'accroissement moyen de la population de 2%, d'une hauteur de la décharge de 20 m, d'une production annuelle de déchets de 250 kg/hab.an, d'un taux de collecte de 80%, d'un volume de couverture de 10%, et d'une masse volumique des déchets de 800 kg/m³.

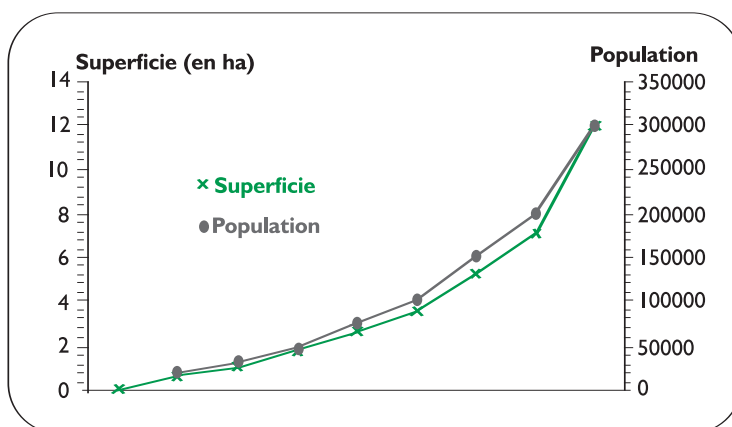


Figure 5. Superficies requises pour les décharges selon la taille des communes (Chouaouta, 2002)

À titre de comparaison, la superficie requise par la décharge contrôlée a été évaluée pour trois tailles d'agglomérations par Cant (2006) comme le montre le tableau 3.

Tableau 3. Ordres de grandeur de superficie requise par la décharge pour différentes tailles des agglomérations (Cant, 2006)

Taille de la communauté	Superficie consommée		
	En m ²	En hectares	En m ² /tonne de déchets mis en décharge
20 000	69.3	6.9	0.237
80 000	146.0	14.6	0.127
200 000	280.9	28.1	0.096
Données de base	Communautés		
	20 000	80 000	200 000
Situation	Rurale	Périurbaine, terrain industriel	Périurbaine, terrain industriel
Tonnage de déchets	293 580	1 150 424	2 935 802
Densité apparente	800	800	800
Période de fonctionnement (années)	20	20	20
Profondeur de déchets	6	6	6
Périmètre tampon (m)	50	50	50

Sur le plan pratique et afin de pouvoir faire une estimation rapide, on considère en général que la superficie réservée pour les déchets ménagers (autour de 1 kg/hab.jour) produits par un habitant est de 1 m². La durée de vie varie généralement de 20 ans à 40 ans. Ainsi, on peut adopter la formule suivante pour le calcul de la superficie requise : $S = P (1 + T)^t$

[S : superficie ; T : taux de croissance de la population, P : population, t : durée de vie]

2.2. Incinération

L'incinération est une option de traitement assez répandue dans les pays à économie avancée. En plus des investissements initiaux assez lourds, l'incinération requiert des équipements spéciaux et une surveillance particulière. En outre, le contrôle des gaz et des cendres est bien réglementé.

Au Maroc, le faible pouvoir calorifique des déchets ménagers qui atteint environ les 1000 Kcal/kg ne permet pas une auto – combustion à cause de la teneur en eau élevée (60 à 75%). Dans les pays industrialisés, le pouvoir calorifique varie de 1500 à 2500 Kcal/kg. La figure 6 illustre la plage optimale d'incinération.

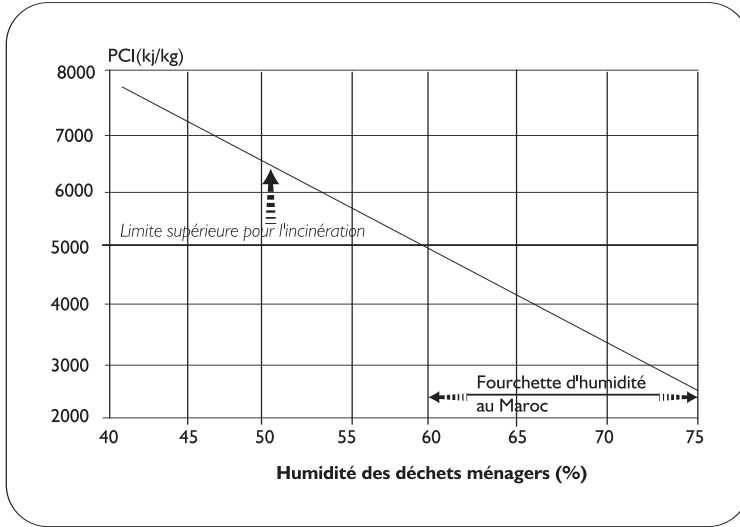


Figure 6. Relation entre le pouvoir calorifique et la teneur en eau des déchets et plages d'aptitude des déchets à l'incinération

2.3. Production de biogaz

Au Maroc, depuis les années 80 du siècle dernier, on enregistre plus de 350 communes rurales où les petits systèmes chinois ont été mis à l'essai. Ces systèmes sont très simples où une cuve constitue le réacteur dans laquelle la matière à traiter est introduite soit de manière continue soit discontinue. Outre la cuve de fermentation, l'installation comprend une régulation de température et un dispositif de stockage du gaz. Ces réacteurs de type chinois ont été construits en plusieurs millions d'exemplaires et ont une productivité de 0,15 à 0,30 m³ de biogaz / m³ de digesteur / jour

Ces expériences ont permis de constater plusieurs difficultés qui entravent le développement de ce système dont les plus importantes sont les insuffisances en matière d'équipements et l'absence de personnel qualifié. De là, résulte une faible production de méthane.

Pour cela, il a été recommandé de remédier à ces limitations et d'opter pour de grands digesteurs produisant du biogaz avec un système simple de tri central. Ces unités sont susceptibles de produire des quantités importantes de biogaz pour subvenir aux besoins des villes.

L'expérience proposée pour la ville de Tanger consistait à traiter environ 230 tonnes de déchets après un tri initial. Ainsi, 65% de cette masse correspondent aux déchets organiques et au papier et carton. Le reste est mis en décharge sans nuisances.

Dans le cadre du Mécanisme de Développement Propre (MDP), un projet de valorisation énergétique par bio méthanisation a été inscrit en 2004 pour la décharge de Marrakech. Cette option technologique peut être introduite parmi les solutions prometteuses d'élimination des déchets au Maroc. Par ailleurs, les matières résiduelles de la bio méthanisation (matières digérées) représentent, malgré leur faible teneur en éléments nutritifs, un excellent conditionneur du sol. La

figure 7 montre un schéma simplifié de procédé de récupération de biogaz. Concernant la digestion anaérobie des déchets organiques, quelques éléments techniques généraux sont rapportés dans ce qui suit :

- Les deux sous – produits gazeux sont : le méthane (60 à 70%) et le CO₂.
- La production de méthane s'opère sur une période de 2 à 3 semaines ce qui est largement plus rapide que dans les conditions anaérobiques des décharges.
- Le gain bénéfique de cette option consiste à vendre hors site l'énergie excédentaire non consommée par l'installation.
- Le résidu "digestat" peut être composté.
- Le niveau de production de méthane varie en général avec plusieurs facteurs, assez développés dans la littérature, qui sont succinctement résumés ci-après :
 - Le procédé et son dimensionnement.
 - La composition des déchets.
 - Le rapport Carbone sur Azote (C/N) des déchets.

Au niveau international, on compte actuellement, selon MIWN (2006), plus de 74 installations de digestion anaérobie qui se répartissent comme suit : Allemagne (28), Suisse (12), Espagne (7), Autriche et Italie (5), France et Japon (4), Belgique, Canada et Hollande (3), Finlande, Libye, Portugal, Danemark, Israël et Suède (1).

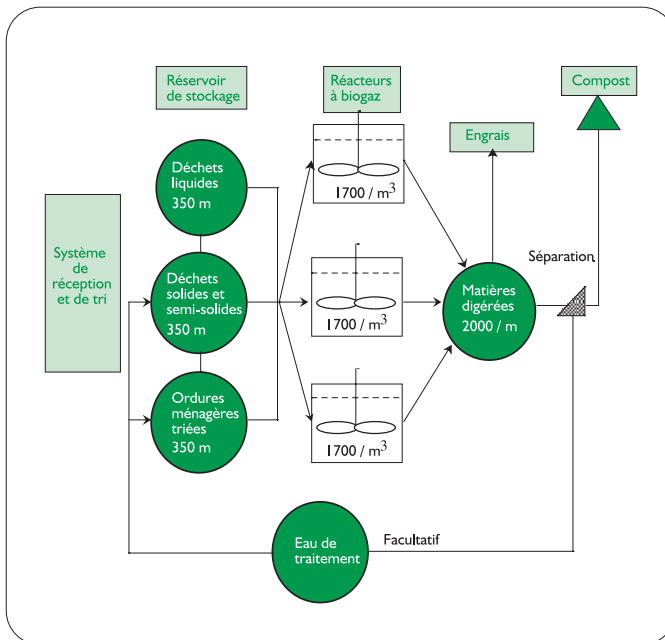


Figure 7. Procédé de récupération de biogaz par bio méthanisation (Cas du procédé proposé pour la ville de Tanger)

2.4. Compostage

2.4.1. Constat général

Le compostage, du fait de la proportion importante de matière organique dans les déchets, est considéré comme l'une des options les plus adaptées au Maroc et dans les pays en développement de manière générale. Le processus de compostage ne permet pas seulement de réduire la masse de déchets par le phénomène de biodégradation, mais aussi de fournir un compost indemne d'agents pathogènes. Ce compost est un excellent produit d'amendement organique des sols. Ajoutons également que le compostage se justifie pleinement au Maroc où les sols sont caractérisés par de faibles teneurs en matière organique et soumis aux divers processus de dégradation qui favorisent le fléau de désertification.

Dans son rapport «Action internationale 2004», l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie en France (ADEME) souligne que le choix du compostage est particulièrement adapté aux pays en développement car une grande part des déchets est d'origine organique et que le besoin des sols en matière organique s'avère désormais critique.

Ce constat ne suppose pas que le compostage demeure la solution unique de traitement des déchets ; au contraire, cette filière peut être complémentaire aux autres options.

2.4.2. Avantages du compost

2.4.2.1. Avantages environnementaux

Le compostage : une voie d'élimination et de valorisation

Le compostage de la fraction organique majoritaire dans les déchets ménagers au Maroc permet, en tant que processus de biodégradation, d'éliminer 40% à 50% de la masse initiale et près de 80% du volume comme l'illustre la figure 8 (Cant, 2006). Le compostage est non seulement une option permettant de valoriser le compost, mais il constitue aussi une voie d'élimination et donc un décongestionnement des décharges.

Ainsi, même un compostage partiel permet de prolonger la durée de vie d'une décharge et de minimiser les nuisances.

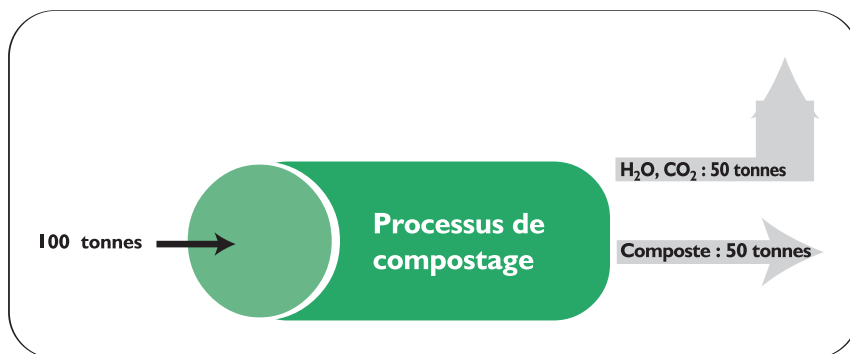


Figure 8. Bilan de masse du processus de compostage

Réduction des gaz à effet de serre

Le détournement des déchets ménagers organiques de la décharge vers le compostage constitue un moyen efficace de réduction de la production de méthane. En effet, selon les estimations faites par Senhaji (2005), si on opte pour le compostage dans le cadre d'un projet MDP, les réductions d'émissions de GES, comptées en e-CO₂, seraient en moyenne de 3 400 tonnes e-CO₂ par an dans le cas de la décharge de Guercif (localité de l'oriental du Maroc) qui réceptionne près de 14 000 tonnes. Ce type de projet représente dans le cadre du marché du carbone un revenu annuel moyen d'environ 27 200 Euros par an, pendant 21 ans (2007 à 2027). Soulignons qu'il s'agit d'un gain important mais qui demeure, d'après le même auteur, inférieur au gain potentiel pouvant être généré par la récupération et brûlage du méthane qui s'élève à 52 000 Euros par an, pendant 21 ans (2007 à 2027).

Ajoutons aussi que le coût environnemental diminue avec l'usage agricole du compost. Il s'agit en fait d'une séquestration du C- CO₂ par les végétaux. En effet, pour produire 1 tonne de matière sèche végétale, il faut près de 2 tonnes de CO₂.

2.4.2.2. Avantages agronomiques et/ou de valorisation "verte"

Il ne sera pas question, dans ce document, de traiter le détail de tous les avantages agronomiques du compost et les mécanismes mis en jeu dans l'expression des effets du compost sur le sol et sur le rendement des cultures ; il a été plutôt jugé utile de rapporter l'essentiel de ces avantages qui sont largement détaillés dans la littérature.

Les différents impacts agronomiques peuvent être scindés en quatre catégories :

- Les impacts nutritionnels liés à la fourniture d'éléments nutritifs ;
- Les impacts globaux sur la production végétale et le rendement des cultures ;
- Les impacts sur les propriétés physico-chimiques des sols ;
- Les impacts indirects liés à la protection phyto-sanitaire des cultures.

On se propose de résumer succinctement, dans les figures 9, 10 et 11 et l'encadré 1, les usages du compost et ses impacts sur les sols et les végétaux.

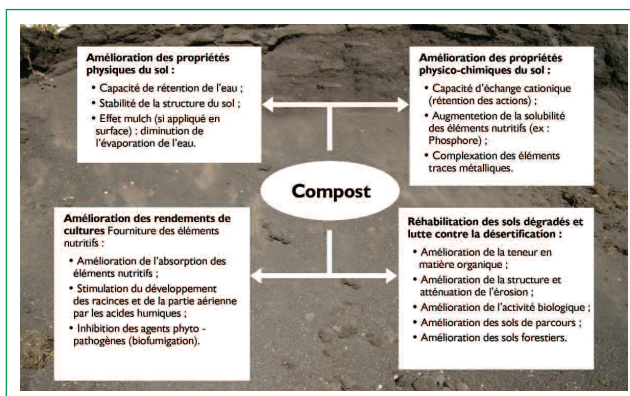


Figure 9. Principaux rôles et impacts du compost

Encadré I. Utilisation et avantages du compost

Le compost est un produit d'amendement organique biochimiquement stabilisé et indemne de germes pathogènes suite à la phase thermophile qui caractérise le processus de fermentation aérobie. Il peut être destiné à plusieurs usages : l'amendement des sols agricoles et forestiers, la réhabilitation des sols dégradés, l'utilisation dans les pépinières forestières et ornementales, etc.

La valeur du compost est double : minérale et organique.

Valeur minérale

La valeur minérale se traduit par la fourniture des éléments nutritifs aux plantes de manière directe ou par voie de minéralisation. De ce fait, le compost permet d'économiser l'emploi des engrais minéraux qui coûtent cher et dont la fabrication est fortement consommatrice d'énergie. Plusieurs travaux de recherche ont été menés à l'échelle internationale pour démontrer la valeur fertilisante du compost. On se contente d'illustrer cela par les figures 9 et 10 qui montrent un extrait de résultats de l'étude d'évaluation de la valeur du compost d'ordures ménagères d'un Centre de Co-Traitement mis en place par Enda Maghreb à Tiflet.

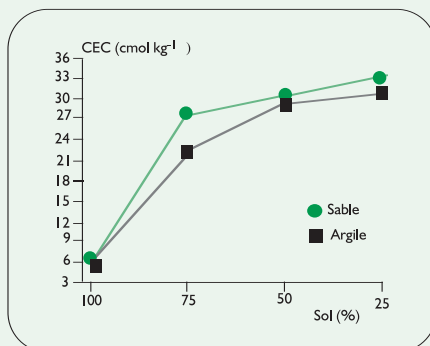
Valeur organique

La valeur organique du compost réside dans l'amélioration de la qualité physique, physico-chimique et biologique du sol.

Qualité physique

- Amélioration de la rétention de l'eau et particulièrement pour le cas des sols sableux ;
- Amélioration de la stabilité structurale du sol et donc son aptitude à résister aux facteurs de dégradation de la structure ;
- Réduction de l'évaporation de l'eau par couverture du sol par du compost, pratique dite de paillage.

Qualité physico-chimique



<http://www.soil.ncsu.edu/publications/Soilfacts/AG-439-19/>

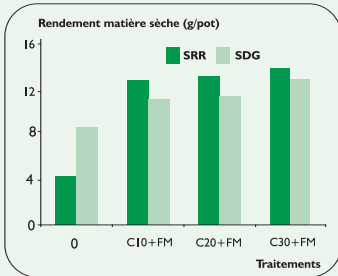
- Augmentation de la capacité d'échange cationique (CEC) et donc de rétention de cations et des éléments nutritifs ;
- Chélation des métaux lourds : les molécules de substances humiques peuvent complexer les éléments traces métalliques et les rendent moins bio disponibles et donc moins mobilisables par les végétaux ;
- Amélioration de la bio-disponibilité du phosphore en formant des humâtes calciques pour éviter la précipitation du phosphore sous forme de phosphates calcique (bicalcique ou tricalcique).

Qualité biologique

L'incorporation du compost au sol améliore l'activité biologique en apportant de l'énergie et des nutriments aux organismes vivants. En outre, le compost permet un développement des organismes saprophytes dans le sol qui rentrent en compétition avec les agents phyto- pathogènes et inhibent leur croissance à travers plusieurs mécanismes : sécrétion d'anti-biotiques ou d'autres substances. C'est ainsi, que le compost peut lutter contre plusieurs maladies des plantes notamment d'origine fongique. Aussi, le compost améliore de manière significative la croissance et le développement des racines.

Autres usages du compost :

- Réhabilitation des sols dégradés et lutte contre la désertification ;
- Amendement des sols des abords et talus des autoroutes ;
- Litière pour animaux d'élevage bovin.



SRR : Sol sableux de la zone de Rabat
 Cx : où x représente la dose de compost par hectare
 SDG : sol du Gharb
 M : Fertilisation minérale recommandée

Résultat :

Le rendement en matière sèche est amélioré par l'ajout de compost. En d'autres termes, le compost améliore l'effet de fertilisants minéraux.

Figure 10. Quantités de matière sèche produite par la laitue sur le sol amendé avec trois doses de compost du Centre de Co-Traitement de Tiflet mis en place par Enda Maghreb

- FM : Fertilisation minérale recommandée
- 1/2 FM : Moitié de la fertilisation recommandée
- Cx où x représente la dose de compost en tonnes par hectare

Source : Elherradi et al., 2004.

Résultats :

- Lorsqu'on ajoute le compost, l'azote prélevé par la culture augmente (ce qui explique l'augmentation du rendement) ;
- L'azote prélevé augmente lorsqu'on mélange le compost à la fertilisation minérale. L'effet de l'engrais minéral est stimulé par le compost. Ceci est probablement attribué aux effets stimulants des acides humiques qui se trouvent dans le compost.

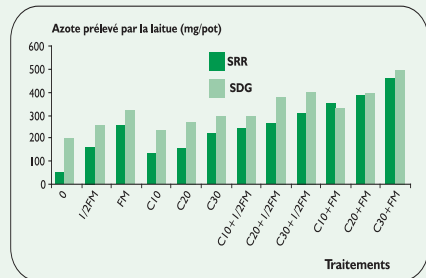


Figure 11. Azote prélevé par la laitue en fonction des différents traitements

2.4.3. Contraintes liées au développement de la filière du compostage au Maroc

Malgré les expériences réalisées au Maroc en matière de compostage et de valorisation du compost à petite et à grande échelle, on se heurte dans la plupart des cas à des blocages de natures diverses qui entravent le développement de cette filière assez privilégiée par les instances internationales et qui se justifie davantage dans le contexte marocain. On tentera dans ce qui suit d'analyser le pourquoi de ce blocage.

Echec des expériences : première cause de blocage

Le premier point de blocage réside dans l'échec, pas toujours justifié, des expériences antérieures en matière de tri-compostage. En effet, cet échec a instauré une réticence à ce type de projet. Pour illustrer cela, il convient de rappeler les échecs de quelques expériences de compostage conduites à grande échelle au Maroc, notamment à Rabat, Meknès, Marrakech et Agadir. Par ailleurs, malgré la forte «demande potentielle» du compost de la région de Rabat et particulièrement celle d'Agadir, les unités de compostage qui y sont installées ne sont plus opérationnelles. Les causes communes de cet échec sont :

- Les défaillances en matière de gestion ;
- La non adaptabilité des technologies importées et des équipements installés à la nature des déchets (humidité élevée, déchets fermentescibles piégés dans des sachets en plastique, insuffisance de l'opération de tri, etc.) et aux conditions climatiques ;
- La lourdeur de ces technologies en termes de matériel et de coûts d'investissement et de fonctionnement.

à titre d'illustration, le diagnostic réalisé par Soudi et Grela (2003) dans l'Unité de Compostage d'Agadir a permis de relever, en plus des insuffisances en matière de gestion, les limitations techniques suivantes :

- **Au niveau de la fermentation** : des sachets de plastiques renfermant les déchets ménagers restent fermés au cours de la fermentation en andains. Ils sont déchetés plus tard ;
- **Au niveau du criblage** : la maille du cribleur (TROMMEL) est grande (\varnothing 40 mm) et laisse passer des objets grossiers ou d'autres de faible diamètre mais de grande longueur ;
- **Au niveau du second tri** : le tri est assez tardif dans la chaîne. Cela présente un inconvénient majeur qui réside dans le fait que certains produits recyclables comme le carton sont déjà abîmés.

De ces insuffisances résulte une faible qualité du compost et donc une faible acceptabilité du produit par les usagers potentiels. On peut aussi déduire que seules une gestion appropriée, une technologie adaptée et une bonne qualité du produit peuvent garantir la viabilité de cette filière.

Suite à ce type d'échec, L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'énergie (ADEME) a dans son actif plusieurs projets de compostage qui sont en train d'être documentés pour synthétiser les expériences et leçons apprises en matière de conditions de viabilité du compostage. Selon ce même rapport, ADEME est en cours de préparer deux cahiers techniques :

- Un cahier technique "procédé adapté": celui-ci présente le principe d'une logique de traitement adaptée aux pays en développement et une revue critique des procédés "de référence". Parallèlement à cela, des outils méthodologiques sont définis pour le paramétrage de la conception du procédé et pour définir les termes de référence d'exploitation ;

- Un cahier technique "Stratégie de promotion et de vulgarisation du compostage": ce cahier décrit toutes les étapes d'un projet "compostage", intégrant les méthodes de choix du procédé d'une part, et d'autre part, de la vulgarisation et de la détermination du prix du compost.

Difficultés de l'opération de tri

Le tri constitue une opération clé pour les filières de recyclage et de compostage. En effet, une fois la matière organique se mélange avec les matières recyclables et/ou avec d'autres matériaux indésirables comme les piles électriques par exemple, le degré de contamination devient élevé et certains matériaux recyclables comme le carton s'abîment. Aussi, les débris de verre et les matériaux de faible taille granulométrique sont difficiles à trier. Ce problème se pose quelle que soit la taille des unités de tri- compostage et particulièrement dans les grandes unités industrielles.

C'est ainsi que le tri à la source reste la solution la plus efficace pour promouvoir la filière de recyclage et de compostage. Plusieurs expériences de compostage menées à l'échelle internationale et notamment en Europe ont été réussies suite à la mise en place d'un système de tri à la source (Commission européenne, 2002).

Au Maroc, à l'instar des autres pays en développement, quelques expériences de tri à la source ont été conduites mais se sont rapidement soldées par un échec.

Les expériences réalisées dans les communes de petite et moyenne tailles au Maroc par Enda Maghreb ont adopté le tri manuel après la collecte. L'enseignement déduit de ces expériences montre que le tri s'opère à un rendement acceptable et le compost est tamisé après maturation pour éliminer les débris de matières indésirables.

Il serait souhaitable d'opter pour un tri par collecte partiellement sélective qui permettra d'éliminer les produits dangereux à grand potentiel de contamination comme les piles électriques, les peintures et vernis etc.

Il est important de rappeler que la loi 28-00 apporte une opportunité pour le développement des filières de recyclage et de compostage. En effet, les dispositions de la loi sur les déchets notamment dans son article 20, stipulent que les communes sont appelées à mettre en place un système de tri des déchets (plan communal de collecte et de tri des déchets) dans un délai de 5 ans à partir de la date d'application de ladite loi. Toutefois, la réussite de l'opération de tri sélectif requiert une amélioration du système de collecte, une mise à niveau des infrastructures et une sensibilisation des ménages.

Déficit en projets pilotes de démonstration

Contrairement à certains pays développés (France, Italie, USA, New Zelande, etc.) qui ont cumulé une grande expérience en matière d'évaluation quantitative de l'impact du compost sur le sol et la production végétale, les pays en développement, quant à eux, enregistrent un déficit important dans ce domaine. Malgré la réalisation de projets pilotes, ces derniers restent peu représentatifs des différents contextes agro-pédologiques et les résultats obtenus sont très peu disséminés aux usagers.

Faible documentation sur la perception des usagers

Si des usagers de compost affirment des impacts bénéfiques de l'utilisation de ce produit, leur perception n'est ni documentée, ni diffusée aux autres agriculteurs. Une expérience fructueuse dans ce domaine a été réalisée en Nouvelle Zélande où des horticulteurs ont été enquêtés pour documenter l'avis des usagers du compost dans le cas des différents systèmes de cultures (Cameron et al., 2005).

Déficit en formation et information du public sur le compost

Le déficit en formation et en information ne se limite pas uniquement aux seuls agriculteurs, souvent d'un très modeste niveau d'instruction dans les pays en développement comme le Maroc. Les cadres techniques ne sont pas également informés sur les bénéfices liés à l'utilisation du compost et sont loin de maîtriser tous les aspects liés au compostage en tant que processus et à ses impacts agronomiques et environnementaux.

De là, on peut déduire la nécessité de renforcer les volets information et formation et de procéder à la mise en place des projets pilotes de valorisation agronomique du compost et d'informer les agriculteurs sur les résultats obtenus. Dans ce cadre, il est recommandé de capitaliser l'expérience initiée par Enda Maghreb dans les régions d'Oulmès et de Missouri et les essais pilotes de valorisation du compost menés dans le cadre des activités des dispositifs initiés dans ces deux localités. Ces initiatives méritent d'être étendues à d'autres régions avec la production de supports et de fiches techniques sur le compostage et l'utilisation du compost. Il est aussi hautement recommandé d'impliquer les services agricoles dans ces essais pour qu'ils intègrent l'usage du compost dans le paquet technologique agricole et pour les outiller en matière de vulgarisation.

La non maîtrise des modalités de commercialisation du compost

Très souvent, les aspects liés à la commercialisation du compost sont négligés lors des études de faisabilité d'un projet de compostage. La commercialisation du compost obéit à la loi de l'offre et de la demande. Ainsi, la capacité d'écoulement du compost est tributaire des besoins de la région (différents débouchés) située dans un rayon inférieure à 100 km et de la disponibilité d'autres produits d'amendement organique concurrentiels. Contrairement à ce qu'on avance très souvent, les fertilisants chimiques inorganiques ne font pas partie des produits qui concurrencent le compost. Au Maroc, le produit le plus concurrentiel est le fumier dans les régions à forte activité de polyculture-élevage. Le paramètre clé qui détermine la capacité d'écoulement réside dans la qualité du compost.

2.4.4. Recommandations techniques pour la réussite de la filière de compostage

La formulation des recommandations de développement de la filière de compostage des déchets ménagers organiques revient à convertir les problèmes et déficits exposés plus haut en objectifs et actions succinctement résumés dans l'encadré 2.

Encadré 2. Recommandations d'action permettant la promotion de la filière de compostage

- Réaliser une étude préalable sur la faisabilité de compostage et les potentialités de valorisation du compost. Cette étude devra prendre en considération les éléments suivants :
 - Disponibilité de terrains (une superficie approximative de 0.75 m²/tonne de déchets organiques à composter est nécessaire ; un calcul précis peut être effectué en tenant compte du turnover (nombre de campagnes de fermentation et d'autres paramètres de dimensionnement notamment le périmètre tampon etc.) ;
 - Occupation du sol dans un rayon de 50 km à 100 km ;
 - Besoins en compost pour différents usages ;
 - Salinité ;
 - Faisabilité d'épandage dans les forêts ;
 - Valeur minérale et organique du compost comparé à celle des autres produits ;
 - Valeur agronomique du compost et gain agro-économique potentiel ;
 - Volume et valeur des produits concurrentiels ;
 - Marché d'écoulement ;
- Intégrer dans l'étude de faisabilité économique les coûts externes relatifs aux impacts du compostage comparés aux autres filières de gestion ;
- Adopter des procédés simples, à moindre coût et adaptés à la nature des déchets, au climat et au contexte socio-économique.
- Favoriser le tri à la source ou pendant l'opération de collecte et commencer par un tri sélectif partiel pour éliminer les déchets dangereux à fort potentiel de contamination (piles électriques, résidus de peintures, etc.) ;
- Conduire des projets pilotes de compostage et de valorisation du compost et produire des fiches techniques pour améliorer les prestations des vulgarisateurs agricoles ;
- Maîtriser la qualité du compost produit ;
- Organiser des campagnes d'information et de sensibilisation des décideurs et des usagers sur les avantages de cette filière ;
- Organiser des sessions de formation au bénéfice des cadres, des techniciens agricoles, des municipalités ainsi qu'aux associations qui oeuvrent dans le domaine de la gestion des déchets ménagers ;
- Définir des mécanismes par lesquels les autorités locales accordent un soutien financier aux gestionnaires privés des unités de tri compostage, aux associations et aux jeunes promoteurs pour pouvoir surmonter la phase de démarrage et surtout pour développer le marché de compost.

En plus de ces aspects, l'opérationnalisation des projets de compostage repose sur la réponse à un certain nombre de questions en relation avec les dimensions technique, environnementale, économique et sociale de ce type de projets et en fonction des objectifs de la communauté (Tableau 4).

Tableau 4. Dimensions du dispositif d'opérationnalisation des projets de compostage (Adapté de composting of Municipal Waste in South Africa : sustainability aspects (Ekelund et Nyström, 2007)

Dimension	Objectifs de la collectivité locale	Questions à traiter
Technique	Conversion des déchets en un produit final utile	- Quelle technologie adopter ? - Quels sont les problèmes techniques rencontrés et quelles sont les solutions envisagées ? - Quelle est la qualité et quel usage sera fait du produit fini ?
Environnementale	Minimisation des impacts négatifs environnementaux	- Les mesures de réduction des émissions sont-elles prises ?
Economique	Garantir une durabilité économique	- Quels sont les principaux coûts de mise en place et de conduite des installations de compostage ? - Comment les recettes sont générées ? - Est-ce que le projet est économiquement durable ?
Sociale	Contribuer au développement social	- Comment le projet intègre des objectifs de développement social ?

2.4.5. Technologies de compostage

Il existe plusieurs types de technologies de compostage qui peuvent être groupées en trois systèmes de base dont chacun peut varier selon le niveau de mécanisation :

- Les tas ou andains statiques ;
- Les andains retournés ;
- Le compostage en contenants.

La différence essentielle entre ces trois systèmes réside dans la manière avec laquelle l'oxygène est transféré à l'intérieur du tas de déchets organiques en compostage. L'aération peut se faire à travers des tuyaux perforés qui traversent longitudinalement les andains, par un retournement mécanique des andains ou par aération forcée.

Récemment une nouvelle technologie a été adaptée au compostage des déchets verts urbains dans une intercommunale en Belgique. Cette technologie consiste en l'adoption d'un système d'aspiration de l'air qui traverse des tas statiques de déchets en fermentation. Ainsi, l'air aspiré permet l'aération mais aussi de régler la température. Après le passage à travers les déchets en fermentation, l'air passe à travers un bio-filtre. Cette technique, assez mécanisée, permet d'éviter toute émission de gaz dans l'atmosphère.

Sur le plan opérationnel, les paramètres variables, à travers ces différents procédés et leurs variantes selon le niveau de mécanisation de chacune d'elles, sont :

- La capacité de traitement ;
- La vitesse du processus ;
- Les coûts d'investissement et de fonctionnement ;
- Le nombre d'employés ;
- La superficie requise.

Le procédé le plus recommandé au Maroc est celui des andains périodiquement retournés. Car, ce procédé est moins coûteux, utilise moins d'énergie et offre la flexibilité d'un bon "dosage" entre le niveau de mécanisation, la quantité de déchets à composter et l'emploi de la main d'œuvre.

Les principales caractéristiques de ce procédé sont résumées comme suit :

- Le procédé le plus utilisé à travers le monde ;
- Le plus adapté à presque tous les types de déchets organiques ;
- La capacité de traitement couvre une grande fourchette : 5 tonnes/jour à 100 tonnes/jour (1 000 tonnes/an à 25 000 tonnes/an). Lorsque le degré de mécanisation est élevé, la capacité peut atteindre plus de 100 000 tonnes/an.
- La forme de l'andain : section triangulaire avec une hauteur allant de 2 à 4 mètres et 3 à 6 mètres de largeur selon le type de machine de retournement. La longueur dépend de la quantité de déchets et de la disponibilité de l'espace ;
- La plateforme est généralement revêtue avec du béton, de l'asphalte ou tout simplement avec de l'argile compactée.

2.4.6. Qualité du compost

On se propose dans cette section de procéder à une mise au point des normes de contrôle de la qualité du compost par rapport à celles citées dans le manuel sur le compostage (Soudi, 2001) et à d'autres relatées dans la littérature internationale.

Il est devenu urgent de procéder à l'élaboration des normes marocaines de qualité du compost des déchets et des fertilisants organiques de manière générale. Ces normes doivent être adaptées à la nature des déchets transformés, à la nature des sols et aux différents types d'usage. à ce stade, on peut retenir les normes de qualité rapportées par le tableau 5.

Ces paramètres de qualité sont nécessaires et suffisants pour l'appréciation de la qualité globale du compost et de juger de son aptitude à être utilisé en agriculture et/ou en espaces verts. D'autres paramètres à caractère nutritif, notamment l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium ou d'autres oligo-éléments, sont importants pour l'évaluation de la valeur fertilisante minérale du compost et donc pour la rationalisation de la fumure minérale classique. Toutefois, il y a lieu de distinguer la forme minérale de la forme organique.

Une autre approche de classification de la qualité des biosolides (compost issu de différents types de déchets organiques) est adoptée par EPA (NSW, 1997). Elle est basée sur deux critères ayant trait à des niveaux différents de qualité :

- Critère de contamination : contamination en métaux lourds et en d'autres micropolluants avec cinq niveaux décroissants de qualité : A (qualité supérieure) à E (qualité la plus faible) ;
- Critère de stabilisation : contamination en pathogènes et problèmes d'odeurs de niveaux décroissants de qualité : A (qualité supérieure) à C (qualité la plus faible).

Tableau 5. Objectif de qualité d'un compost d'ordures ménagères (adaptées de plusieurs sources par Soudi et Grela, 2003)

Paramètre/Constituants	VLag.	VLev.	Remarques
Granulométrie	7 - 13 mm	7 mm	
Humidité (% MS)	30 - 35 %	30 %	
Matière organique (% MB)	30 - 40 %	30 - 50 %	Un maximum de 40 % est toléré
C/N	12 à 15	12 à 15	
pH	5 - 7.5	5 - 7.5	
Conductivité (mS/cm)	2 - 5	2 - 3	Des niveaux de salinité plus élevés peuvent être admis pour les cultures tolérantes et halophytes. Attention : pour les substrats de pépinière, les normes doivent être plus strictes
Inertes totaux (Ø < 5 mm)	< 8% sur MS	< 2 %	
Dont verre (Ø < 5 mm)	< 0,5% sur MS	0 %	
Verre /métaux (Ø < 2 mm)	< 5% sur MS	0 %	
Synthétiques - lourds de Ø < 5 mm	< 1% sur MS	1 %	
Synthétiques légers (films) Ø < 5 mm	< 0,5% sur MS	1 %	
Synthétiques totaux Ø < 2 mm	< 1,7% sur MS	1%	
Coupants, tranchants, seringues	Absence	Absence	
Plastiques et textiles	< 5 %	< 1 - 2 %	
ETM (mg/kg de MS)			
As	13	75	Les normes peuvent être majorées de 25% pour le cas des sols à pH basique. Pour le cas de sols sableux à pH acide à neutre et de faible CEC, ces normes doivent être révisées à la baisse. Pour le cas des espaces verts le risque d'accumulation est quasi nul car les apports se font essentiellement au démarrage
Cd	03	20	
Cu	100	750	
Cr	210	1050	
Hg	0.8	5	
Ni	62	180	
Pb	150	150	
Se	2	14	
Zn	500	1800	
Maturité (appréciée par le taux de germination des graines de cresson)*	> 60 %	60 %	Une maturité plus élevée est requise pour les jeunes plants en pépinières et pour la germination.
Salmonella (Normes australiennes)	< 1766/50 g MS	Valeurs+strictes	Suppression des pathogènes par le compostage
E. Coli	< 100 MPN		
Entérovirus	< 1/100 g MS		
Ténia, Ascaris, Œufs de parasites	Absence		

VLag. : Valeurs limites de valorisation agricole;

VLev. : Valeurs limites de valorisation en espace vert agriculture espaces verts

* : D'autres tests peuvent être adoptées (Cf. manuel sur le compostage de Soudi, 2001).

Comme le montre le tableau 6, cette classification permet de générer différentes classes listant les possibilités de valorisation du compost selon des degrés de restriction croissants.

Tableau 6. Classes d'utilisation du compost (NSW EPA, 1997).

Classes de biosolide	Options de valorisation autorisées	Critères de qualité minimale	
		Niveau de contamination	Niveau de stabilisation
Utilisation non restrictive	Jardins des maisons Sites accessibles par un public Espaces verts urbains Agriculture Sylviculture Réhabilitation des sites et des sols Enfouissement et mise en décharge	A	A
Utilisation restrictive 1	Sites accessibles par un public Espaces verts urbains Agriculture Sylviculture Réhabilitation des sites et des sols Enfouissement et mise en décharge	B	A
Utilisation restrictive 2	Agriculture Sylviculture Réhabilitation des sites et des sols Enfouissement et mise en décharge	C	B
Utilisation restrictive 3	Sylviculture Réhabilitation des sites et des sols Enfouissement et mise en décharge	D	B
Impropre à l'utilisation	Enfouissement et mise en décharge	E	C

2.5. Le recyclage

2.5.1. Considérations générales

Le recyclage est aussi une option qui fait partie intégrante de l'approche GIDDS et s'associe parfaitement à la filière compostage qui, elle, passe nécessairement par l'opération de tri.

Les matières qui se trouvent dans les déchets municipaux et qui sont susceptibles d'être recyclées sont : papiers et cartons, verre (bouteilles et emballages), matières plastiques, textiles, et métaux.

Les avantages du recyclage résident essentiellement dans l'économie d'énergie et la réduction des émissions des GES. Ceci peut être illustré par les exemples suivants :

- Le recyclage du papier et carton à base de cellulose permet une réduction des émissions de GES et donc une augmentation de la séquestration du carbone ;
- D'après des données relatées par une étude menée en Virginie, le recyclage d'une tonne de plastique permet d'économiser l'équivalent de 3.85 barils de pétrole (1 baril est équivalent à 159 litres) ;
- Le recyclage des matières à base d'aluminium permet d'économiser 95% de l'énergie utilisée pour la fabrication de l'aluminium en Virginie ;

- Le recyclage d'une bouteille en verre peut économiser autant d'énergie que consomme une ampoule de 100 watts par heure.

La figure 12 illustre les cycles de vie de fabrication d'un produit et de son recyclage et montre que le recyclage, contrairement aux autres voies d'élimination, permet de générer un gain environnemental et énergétique.

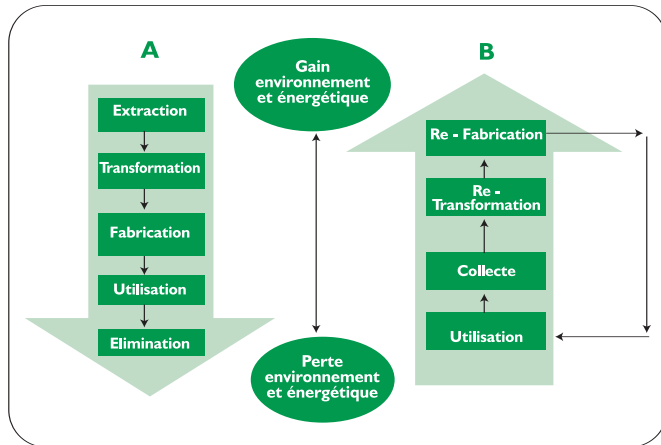


Figure 12. Cycle de vie du produit (A) et de recyclage du produit (B) (adapté de US-EPA)

2.5.2. Situation de recyclage au Maroc

2.5.2.1. Analyse des forces et faiblesses

Une étude complète réalisée par le groupement ADS Maroc- EDIC (2005) a diagnostiqué le secteur de recyclage au Maroc. Elle a élaboré un plan d'action dans le cadre de l'étude nationale relative au développement de ce secteur.

En s'inspirant des aspects développés par cette étude et par les diagnostics réalisés par Enda Maghreb dans différentes communes, on se propose de rapporter dans le tableau 7 la matrice des points forts, des contraintes et faiblesses, des menaces et des opportunités de ce secteur.

Tableau 7. Analyse SWOT du secteur de recyclage au Maroc (adaptée des informations rapportées par l'étude réalisée par ADS-Maroc-EDIC (2005))

<p>Contraintes et faiblesses</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prépondérance du recyclage informel (activité non reconnue en tant que telle) - Les pratiques de tri et de conditionnement sont artisanales et ne respectent pas les directives environnementales - Les conditions de travail sont difficiles et non conformes aux normes sanitaires et techniques - Le coût de transport est élevé étant donnée la concentration des grossistes autour de la ville de Casablanca et de ses environs - Multitude d'intermédiaires et d'acteurs impliqués (récupérateurs intermédiaires, grossistes, éboueurs des services municipaux, récupérateurs ambulants sur la déchèterie, récupérateurs intermédiaires grossistes, broyeurs grossistes, industries etc.). - Insuffisance de la recherche scientifique et technique dans ce domaine - Insuffisance en formation et en information 	<p>Points forts</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le recyclage "artisanal" est assez développé - Ce secteur est relativement structuré (filière complète allant de la récupération dans les poubelles jusqu'à l'industrie de recyclage) - Présence de grossistes qui disposent de moyens de presse et de compactage des papiers et cartons collectés et des broyeurs de plastique (rayon Kénitra-Casablanca)
<p>Menaces</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'absence de décrets ou dispositions spécifiques concernant le tri, le recyclage et les normes des sous-produits risquent de freiner le développement de ce secteur 	<p>Opportunités</p> <ul style="list-style-type: none"> - La loi sur les déchets 28-00 a intégré parmi ses dispositions les opérations de tri et de recyclage (article 20) - Le recyclage est un ensemble d'activités génératrices de revenus

SWOT : Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

2.5.2.2. Données quantitatives sur le secteur du recyclage au Maroc

L'étude réalisée par le groupement ADS Maroc - EDIC (2004) a rapporté les estimations concernant les filières de récupération et les quantités et taux de récupération (Tableau 8). Ces données nous donnent une idée sur l'importance de ce secteur et sur ses potentialités qui peuvent être valorisées par sa bonne organisation, sa modernisation et sa professionnalisation.

Tableau 8. Données sur le volume, le taux et la valeur des matières récupérées au Maroc (ADS Maroc - EDIC (2004))

Filière	Gisement (tonnes/an)	Quantités récupérées (tonnes/an)	Taux de récupération	Chiffres d'affaires (Millions DH/an)
Papier et carton	353 250	61 969	17.5	32.74
Plastique	329 700	25846	7.8	48.68
Ferraille	1 17 750	141 661	120.3	83.75
Verre	47 100	43 180	91.7	19.11
Autres	47 100	33 340	70.8	207.53
Total	894 900	305 996	34.2	391.81

2.5.2.3. études de cas

Ville de Rabat-Salé (diagnostic réalisé par Enda Maghreb)

Le travail de diagnostic réalisé par Enda Maghreb à Rabat-Salé a permis aussi de montrer clairement que le secteur de récupération des matières recyclables occupe une place importante dans la gestion intégrée des déchets mais se heurte à plusieurs difficultés liées à la multitude d'intermédiaires et de récupérateurs, au caractère informel lui-même qui sous-entend une non reconnaissance de cette activité par les autorités et aux diverses nuisances qui résultent des différents maillons de la filière de récupération.

Cette étude de diagnostic a concerné les récupérateurs au niveau de la décharge de Akrach (Rabat - Salé), les récupérateurs ambulants, les intermédiaires grossistes, les grossistes de presse et de compactage de papier et de carton et les détenteurs de broyeurs de plastique. L'ensemble de ces intervenants récupèrent et recyclent près de 10% des déchets de Rabat- Salé ce qui correspond à environ 1300 tonnes de déchets récupérés et une économie pour les services municipaux de collecte de près de 16 000 Dirhams par mois.

Selon l'enquête réalisée par Enda Maghreb, les estimations des prix unitaires des produits recyclables récupérés ainsi que les sous-produits résultant de leur recyclage et transformation sont rapportés dans le tableau 9.

Tableau 9. Prix unitaires des déchets recyclables récupérés et sous-produits de recyclage

Matière récupérée	Prix de vente*	Produit obtenu
Papiers et cartons	0.4 DH/kg	Carton recyclé, papiers d'emballage, etc
Verre	Bouteille de 1 litre : 0.5DH/unité	Verre, bouteilles
Bouteilles d'huile en plastique	Bouteilles de 0.5 litre et de 1 litre : 4 DH/kg	Tuyaux
Caoutchouc	0.5 DH/kg	Sceaux, jarres, semelles, etc.
Aluminium	4 DH/kg	Poubelles, fours, etc.
Tissus	4 DH/kg	Tapis, sacs, etc.

* Prix unitaires variables selon les conditions du marché, le nombre d'intermédiaires et l'éloignement du point de traitement

Les conditions de récupération et les bénéfices dégagés à travers les maillons de cette filière sont différents et obéissent aux hiérarchies illustrées par la figure 13.

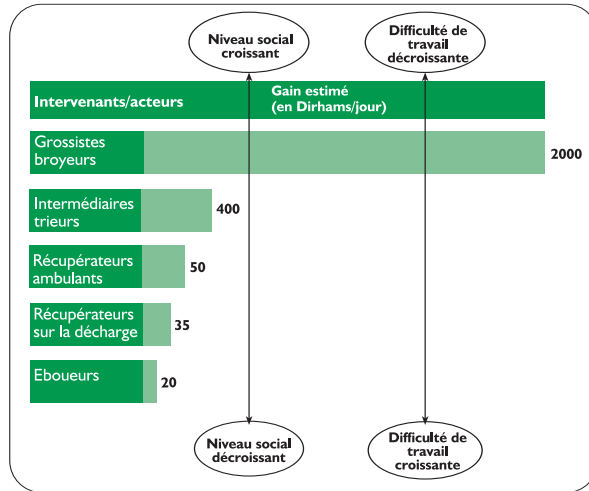


Figure 13. Hiérarchie des intervenants en matière de récupération
(adaptée des données de diagnostic réalisé par Enda Maghreb à Rabat – Salé (Maroc))

Cette figure montre l'écart important de revenu des différents intervenants dans les activités de récupération des déchets recyclables. Il est clair que la valeur ajoutée la plus importante est dégagée en aval de la filière et plus précisément par les unités de transformation et de fabrication des sous-produits de recyclage. On peut ainsi déduire la nécessité d'organisation et de professionnalisation du secteur par une intégration amont - aval de la filière de récupération – recyclage – transformation.

En somme, on peut dire que le secteur informel, indépendamment des conditions de bonnes pratiques de récupération (sanitaires et environnementales) rarement adoptées dans les pays en développement, peut offrir des avantages irréfutables en tant que secteur générateur de revenu pour les récupérateurs et leurs familles généralement pauvres et en tant qu'option de recyclage des plastiques, verre, papier et métaux. Les exemples suivants relatent quelques cas constatés en Égypte dans la ville de Caire (EQI, 1991) et en Indonésie à Jakarta (Oopen, 1993).

Autres cas de récupération informelle

Cas à Jakarta

- 25 % de déchets sont soumis à un tri et à une récupération informels. Cela permet d'économiser près de 300 000 \$/mois ;
- 70 usines utilisent les matériaux recyclés (plastique, papier, verre et métaux) ;
- Un volume de 378 000 tonnes de papier/an est récupéré et délivré aux usines pour recyclage et transformation. Cela génère une sauvegarde de 6 millions d'arbres (séquestration de carbone) ;
- Globalement, un gain d'une somme d'environ 48.5 millions de \$/an est généré par le recyclage des déchets.

Cas du Caire

400 petites unités industrielles transforment près de 70 % de plastiques récupérés.

Etude de cas d'un modèle vietnamien transférable en Afrique

Cas de Ho Chi Minh Ville au Vietnam

Une étude réalisée au Vietnam a montré une forte dynamique de recyclage des déchets et particulièrement dans la ville de Ho Chi Minh qui traite près de 200 à 250 tonnes de déchets par jour. Cette opération de recyclage génère un revenu pour plus de 10 000 personnes avec un chiffre d'affaires supérieur à 20 millions d'euros. La filière adoptée est artisanale mais très bien structurée en près de 200 unités qui transforment les déchets recyclables en produits finis ou semi-finis (granulés plastiques, plaques de métal, feuilles de papier etc.). Ceci est renforcé par une ingénierie assez développée qui met au point et fabrique des équipements de faible taille et de moindre coût pour la transformation des déchets. Cette expérience a été transférée au Sénégal dans le cadre de projets pilotes animés notamment par Enda Vietnam.

2.5.2.4. Principales recommandations pour la promotion de recyclage au Maroc

L'essentiel des recommandations qui peuvent être formulées pour la modernisation et la professionnalisation du secteur de recyclage sont proposées dans le plan d'action élaboré dans le cadre de l'étude réalisée par le groupement ADS – EDIC (2005). Les plus importantes des recommandations et actions proposées sont rapportées ci-après :

- Pour la promotion du secteur de recyclage, il est recommandé de distinguer et d'adapter les priorités d'actions aux spécificités de deux cibles bien distinctes : les grandes villes, dont les services peuvent être délégués à des sociétés privées et les petites et moyennes communes qui n'ont pas atteint le seuil critique du point de vue du tonnage des déchets. Ces dernières doivent faire l'objet de développement de projets et de solutions locales adaptées à leurs moyens et capacités ;
- L'intégration des activités de recyclage au système global. Dans cet objectif, une attention particulière doit être apportée au caractère privé de l'activité tout en apportant les améliorations nécessaires aux filières existantes du point de vue de la reconnaissance de l'utilité publique et du rôle social du recyclage ;
- La nécessité de mise en place d'une veille technologique continue en vue de la mise à niveau du secteur, de la diversification de l'offre des produits de recyclage et du développement de ses activités ;
- La mise en place de décrets et dispositions spécifiques concernant les activités de tri, de récupération et de recyclage, de directives environnementales et sanitaires de traitement des déchets recyclables et de normes de produits finis ou semi-finis;
- Le renforcement des actions de recherche scientifique et technique permettant le développement d'une ingénierie adaptée au secteur.

2.6. Récapitulatif : Filières recommandées

Si la loi sur les déchets 28-00 a été adoptée pour organiser, réglementer et professionnaliser le secteur des déchets, il est devenu aussi urgent, dans le cadre des plans directeurs régionaux prévus par ladite loi, d'asseoir une stratégie de gestion intégrée et durable.

Pour cela, il est recommandé d'adopter dès maintenant la hiérarchisation des options telle qu'elle est définie plus haut (Figure 4). Pour le choix des options d'élimination et de traitement des déchets, on peut proposer, pour le cas du Maroc, le schéma optionnel illustré par la figure 14.

Il est clair que ces options peuvent être combinées et appliquées à des proportions variables selon la taille de la commune et son contexte physique et socio-économique.

Selon le Centre d'Information sur l'Energie Durable et l'Environnement au Maroc (CIEDE), les solutions techniques pour l'élimination et le traitement des déchets urbains solides sont comparées dans le tableau 10.

En somme, si on intègre les différentes rubriques indiquées dans le tableau 10 et on tient compte du niveau socio-économique du pays, de la nature des déchets et des conditions agro - pédologiques, on peut hiérarchiser, pour le cas du Maroc, les options de gestion comme suit :

- Tri-compostage et recyclage avec mise en décharge des refus ;
- Tri-compostage partiel - production de biogaz - recyclage - mise en décharge des refus ;

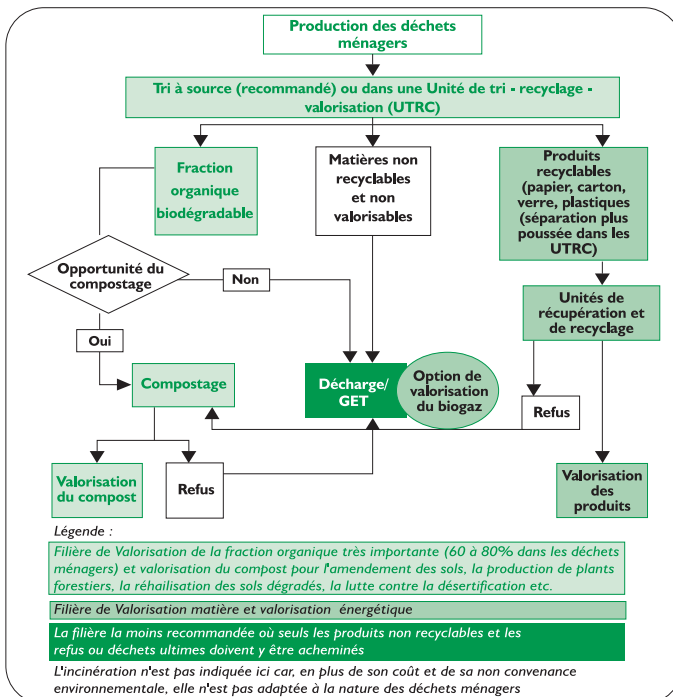


Figure 14. Schéma des options d'élimination et de traitement des déchets

Comme il a été souligné auparavant, ces options peuvent être appliquées à des proportions variables selon le contexte de la localité.

Il est clair que les proportions de déchets compostées et celles qui sont mises en décharge par exemple peuvent varier selon le contexte de la région. Ces proportions doivent être évaluées, pour chaque localité, en tenant compte des aspects suivants :

- Aspects environnementaux (air, eau, énergie, plan carbone, etc.) ;
- Aspects techniques (faisabilité, flexibilité, complexité, reproductibilité, etc.) ;
- Aspects financiers (investissement fonctionnement, coûts de la non-action, et externalités).

Tableau 10. Comparaison des options d'élimination et de traitement des déchets solides municipaux

Rubriques	Options			
	Incinération	Mise en décharge	Compostage	Production de biogaz
Dépense d'investissement	+++++	++	+++	++++
Budget d'exploitation	++	---	-	++++
Bilan énergétique	++	--	--	+++++
Impact sur l'environnement	--	-	+++	++++
Niveau technologique	+++++	++	+++	++++
Recyclage	+	+	+++	+++++

On retrouve dans ce schéma le procédé adopté par Enda Maghreb dans les communes de moyenne taille notamment à Missour et à Oulmès (Figure 15).

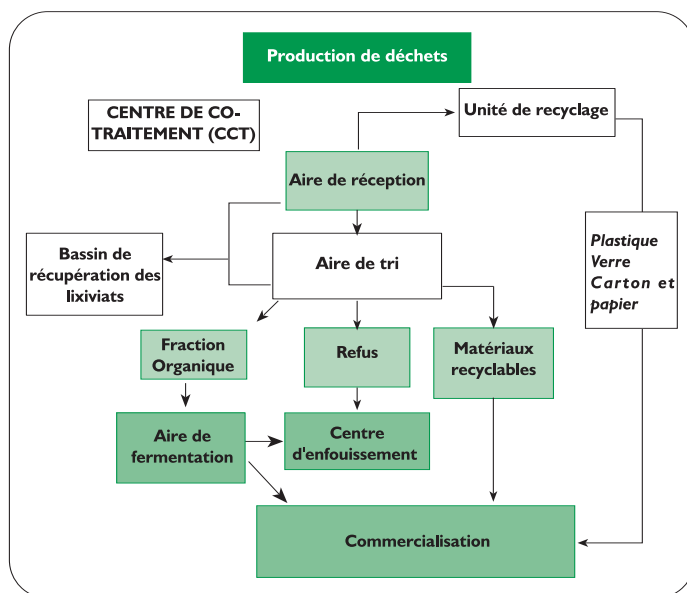


Figure 15. Modèle de co-traitement des déchets ménagers adopté par Enda Maghreb dans les petites et moyennes communes au Maroc

Plus spécifiquement pour les petites et moyennes collectivités, le système jugé le plus adapté est celui basé sur la valorisation : recyclage des matières plastiques, verres et cartons et compostage de la fraction organique après une opération de tri et mise en décharge des déchets ultimes. En effet, ces options permettent de réinsérer la matière dans les chaînes trophiques et dans les processus industriels. C'est ainsi que les instances internationales, les plus réputées dans le domaine, comme Environmental Protection Agency (EPA), l'Union Européenne, ADEME de France, mettent ces options en priorité dans le cadre d'une gestion intégrée des déchets. Comme il a été détaillé auparavant, les directives les plus récentes convergent vers la minimisation des déchets à destination des décharges. Le qualificatif "contrôlée" collée au terme «décharge» ne signifie en aucun cas un manque de nuisances. Des mises au point récentes sur le fonctionnement des décharges ont été faites et ont montré la multitude de risques engendrés par cette pratique. Cela ne doit pas sous entendre que la décharge contrôlée est une option à retirer du système car le refus non recyclable et non compostable ne peut avoir une autre destination. Aussi, lorsque les opportunités de compostage ne sont pas offertes à cause des difficultés d'écoulement du compost, la mise en décharge contrôlée est inévitable.

Pour ne considérer que le contexte marocain, le compostage se justifie pleinement, encore plus que dans les pays industrialisés grâce ou à cause de sa fraction organique pouvant dépasser 80 %. à ce niveau, ajoutons que nos sols sont relativement pauvres en matière organique et celle-ci se détériore de manière continue suite à une mauvaise gestion des résidus de récolte. Aussi, le compostage non automatisé couplé à un recyclage à l'amont permet d'embaucher de la main d'œuvre. Les expériences d'Enda Maghreb au Maroc, ainsi que d'autres expériences assez démonstratives d'autres pays peuvent en témoigner.

Analyse des coûts internes des options
d'élimination et de traitement des déchets

Chapitre 4

I. Analyse du coût de compostage

I.1. Considérations générales

Devant les législations de plus en plus restrictives en matière de mise en décharge des déchets ménagers, plusieurs études en relation avec l'analyse du coût de compostage ont été menées dans plusieurs pays en vue de fournir les informations requises susceptibles de guider les gestionnaires municipaux dans le choix du niveau technologique du procédé de compostage à adopter.

Plusieurs types de technologies de compostage existent et se distinguent par le niveau de mécanisation, la capacité de traitement, la rapidité du processus et la superficie requise. En effet, le compostage peut se faire d'une manière tout à fait artisanale comme il peut se faire de façon hautement mécanisée voire robotisée.

Si on tient compte des conditions climatiques du Maroc, on se propose d'analyser la technologie de compostage par andains périodiquement retournés qui est, comme précisé auparavant, parfaitement adaptée au climat du Maroc, moins coûteuse et qui possède un potentiel d'employabilité important.

I.2. études de cas

I.2.1. étude de cas au USA (extrait d'une étude menée sur 19 unités et installations de compostage)

Dans une tentative d'analyse du coût de compostage, Renkow et al. (1993) ont examiné trois versions de compostage en andains retournés à ciel ouvert :

- Un système dit de Basse technologie (Basse Tech) : qui nécessite un équipement mécanique limité ;
- Un système à technologie moyenne (Moyenne Tech) : système des andains déposés sur une plateforme revêtue et retournés par une pelle chargeuse frontale;
- Un système de technologie moyenne (Moyenne Tech +) : qui s'opère sur une surface revêtue et doté d'une retourneuse – andaineuse, d'équipement de broyage et de tamisage.

Trois niveaux de quantités de déchets correspondant aux différentes tailles des localités sont considérés : 25 000 tonnes/an, 100 000 tonnes/an et 200 000 tonnes/an. Le tableau I I résume les caractéristiques de ces trois systèmes.

Tableau 11. Caractéristiques des installations de compostage analysées par Renkow et al. (1993)

Rubriques	Technologies		
	Basse tech	Moyenne Tech	Moyenne Tech (+)
Revêtement du sol	Argile compactée	Béton d'asphalte	Béton d'asphalte
Retournement des andains	Chargeur frontal (Tractopelle)	Chargeur frontal (Tractopelle)	Retourneuse - andaineuse
Équipement de broyage et de tamisage	Non	Non	Oui
Autre équipement	Pompe à eau Thermomètre gradué	Pompe à eau Thermomètre gradué	Tractopelle, Pompe à eau, Thermomètre gradué
Autres			
Fréquence de retournement	2-3 fois/an	1 fois/mois	2 fois/semaine
Capacité (1000 tonnes/an)	25	25, 100, et 200	25, 100 et 200
Qualité du produit	Médiocre	Moyenne à modérée	Modérée à bonne
Réduction de volume	30%	40%	50%
Durée du processus (semaines)	36	12	6

Les éléments retenus dans l'évaluation des coûts sont rapportés dans l'encadré 3.

Encadré 3. Principes et éléments à considérer pour la mise en place de la technologie de compostage en andains à ciel ouvert

Principes

- Andains périodiquement retournés
- Contrôle de la température, de l'humidité et de l'aération
- Procédé simple

Critères de dimensionnement

- Taille de l'unité à mettre en place
- Durée de fermentation et de maturation
- Taux moyen de réduction de la masse initiale
- Masse volumique des déchets
- Taille des andains
- Durée totale du processus (en fonction des saisons)

Aménagements et équipements

- Type de revêtement de la plateforme (argile compactée, asphalte à différentes épaisseurs etc.)
- Type d'aménagement du système de gestion des eaux (Lixiviats et eaux pluviales)
- Type de machines et d'équipements (avec ou sans équipements de broyage et de tamisage)

Opérations de contrôle du processus

- Temps de formation des andains
- Fréquence de retournement
- Mode de finition du produit

Ainsi les composantes du coût considéré sont:

- Coût de construction : coût de terrain, préparation et aménagement du site, achat des équipements ;
- Coûts fixes annuels : amortissement, intérêt sur la valeur résiduelle des installations, réparation et maintenance, assurance ;
- Coûts annuels de fonctionnement : coût de la main d'œuvre, du consommable etc.

Cette analyse des coûts se focalise sur les activités du compostage proprement dites et n'incluent pas les coûts inhérents à la collecte ou à la commercialisation.

Les résultats de cette analyse sont résumés dans les points suivants :

Coûts d'investissement initial

La figure 16 montre l'évolution du coût d'investissement initial pour les trois types de technologies analysées mais avec un recouvrement de surface à l'asphalte dans les trois situations. Nous constatons que le coût de l'investissement initial est plus élevé et augmente avec le tonnage des déchets compostés pour le cas de la technologie minimale (Basse Tech.). Ceci est attribué pour le cas étudié au coût de terrain plus élevé étant donné la durée élevée du processus et donc le séjour plus élevé des déchets sur la plateforme. La petite différence entre la moyenne technologie (MT) et la moyenne technologie + (MT+) est attribuée aux équipements de broyage et de tamisage qui font que le coût d'investissement pour MT+ soit plus élevé que celui de MT.

Coûts unitaires rapportés à la tonne réceptionnée et à la tonne traitée

Toujours pour le cas de l'étude relative à l'analyse des coûts des trois technologies, la figure 17 présente les coûts unitaires des trois technologies (Coût par tonne réceptionnée ou coût par tonne de produit final). Ces coûts incluent les coûts fixes et les coûts de fonctionnement.

Le coût par tonne reçu permet de faire la comparaison entre la filière de compostage et les autres alternatives d'élimination et/ou de traitement des déchets comme la mise en décharge des déchets organiques. Le coût par unité de produit fini est une expression appropriée qui permet, lorsque l'on considère les aspects de commercialisation et de vente du compost, d'évaluer la rentabilité ou la faisabilité du compostage dans un contexte donné.

Pour les installations dotées de surfaces imperméabilisées, les coûts par tonne reçue varient, pour les cas étudiés, de 2.60 à 7.61 \$US. Dans le même contexte étudié, le coût de fonctionnement par tonne reçue à la décharge varie entre 8.0 et 19.5 \$US (US EPA, 1989). En d'autres termes, le compostage semble être moins coûteux que la mise des déchets organiques en décharge.

Les coûts par tonne de produit fini varient de 5.20 \$US à 15.53 \$US. Les coûts par tonne du produit fini varient de 5.20 à 15.53 \$US. Les coûts par unité de produit fini pour la technologie minimale sont seulement de 3.75 \$US. Toutefois, l'utilisation du produit fini reste extrêmement limitée étant donnée sa qualité médiocre.

Dans son détail, cette étude a montré aussi que la composante des coûts d'investissement initial la plus dominante est celle relative au revêtement de la surface de la plateforme.

Globalement, comme le montrent bien les figures 16 et 17, on retrouve la notion d'économie d'échelle aussi bien en matière d'investissement initial qu'en matière de coûts fixes et de fonctionnement particulièrement pour les technologies à niveau d'équipement plus élevé et pour la tranche 25 000 - 100 000 tonnes.

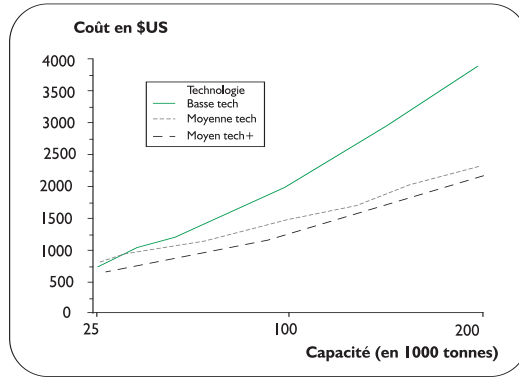


Figure 16. Coûts d'investissement initial pour trois types de technologies analysées (Renkow et al., 1993)

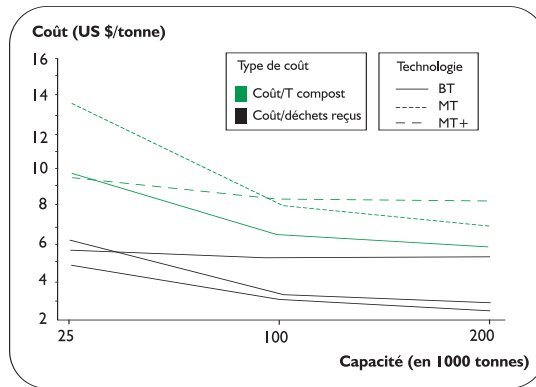


Figure 17. Coût par tonne pour les trois types de technologies (Renkow et al., 1993)

1.2.2. Etude de cas au Canada

Une étude de diagnostic réalisée par Cant (2006) pour le réseau mondial d'intégration de recyclage des déchets a évalué dans plusieurs installations les coûts d'investissement et de fonctionnement des procédés usuels de compostage. Les ordres de grandeur des coûts obtenus sont résumés dans les tableaux 12 et 13.

Tableau 12. Ordres de grandeur de coûts d'investissement des procédés usuels de compostage (Cant, 2006) : cas des déchets triés à la source

Procédé	Coûts (en \$/tonne de capacité)		
	Coût minimum	Coût maximum	Coût de référence
Andains à ciel ouvert aérés par retournement (recommandé pour le Maroc)	-	-	75
Tas à aération statique et/ou aération forcée	-	-	150
Compostage sous tunnel et ou en conteneur	200-300	400-100	300-550

Tableau 13. Ordres de grandeur de coûts de fonctionnement des procédés usuels de compostage (Cant, 2006) : cas des déchets triés à la source

Procédé	Coûts (en \$/tonne de capacité)		
	Coût minimum	Coût maximum	Coût de référence
Andains à ciel ouvert aérés par retournement	-	-	40
Tas à aération statique et/ou aération forcée	-	-	40
Compostage sous tunnel et ou en conteneur	38-40	70-140	70-100

Le coût de capital d'investissement plus le coût de fonctionnement pour le compostage des déchets triés à la source varient globalement selon la même source de 40 \$ à 160 \$/tonne.an. Ces calculs ne tiennent pas compte de l'amortissement du capital.

Pour le cas des déchets non triés à la source, le coût de capital d'investissement plus le coût de fonctionnement varie de 50 \$ à 1201 \$/tonne.an en fonction de la taille des installations et le type de procédé.

Quatre points importants méritent d'être soulignés à ce niveau :

- Les procédés en conteneur sont plus appropriés pour des quantités de déchets dépassant les 200 000 tonnes/an ;
- Les trois types de procédés peuvent être adoptées pour les petites communes produisant autour de 20 000 tonnes/an ;
- La qualité du compost résultant d'un tri à la source est meilleure que celui résultant de déchets mixtes ;
- Pour les deux procédés (tas retournées et tas statiques), il est important de gérer les nuisances liées aux odeurs.

I.2.3. Cas des dispositifs de tri-compostage mis en place par Enda Maghreb comparés aux grandes installations

Dans le cadre de l'étude d'évaluation des dispositifs (unités de tri-compostage (UTC) et centre de Co-traitement (CCT)) mis en place par Enda Maghreb (Soudi, 2003), il a été procédé à une comparaison du coût d'investissement de ces petites unités par rapport à quelques grandes installations comme l'illustre le tableau 14.

Tableau 14. Coûts d'investissement dans des installations de tailles différentes et adoptant des technologies à degrés de sophistication différents

Site	Niveau technologique	Capacité nominale (tonne/an)	Coût unitaire d'investissement (DH/tonne)
UPAOA* à Agadir	Très élevé	73 000 – 92 000	440
Unité 1 en France	Très élevé	22 000	380
Unité 2 en France	Très élevé	6 000	1 000
Tiflet	Faible à moyen	1 400	2 000
Missour	Faible à moyen	720	2 450

* : Unité de Production d'Amendement Organique d'Agadir
Unités 1 et 2 citées par ADEME (1998)

Rapporté à la tonne de compost produit, le coût d'investissement semble être relativement élevé pour les petites installations mises en place par Enda Maghreb à Tiflet et à Missour. Le cas de l'unité de tri-compostage d'Oulmès, mise en place aussi par Enda Maghreb, devra être tout à fait comparable à ces deux dispositifs. Ceci ne peut pas être attribué à la rubrique des équipements car celle-ci est relativement assez modeste, mais probablement aux aménagements du site de compostage et au site du Centre d'Enfouissement Technique (CET) aménagé pour la récupération du refus au compostage et de recyclage.

Malgré ces arguments, et comme le montre la figure 18, on constate une diminution significative quasi-exponentielle du coût unitaire d'investissement initial avec la taille de l'unité de traitement et sa capacité de traitement (économie d'échelle). De là, on peut déduire que les technologies minimales à équipement modeste couplées à de faibles capacités de traitement sont plus coûteuses.

Toutefois, il est important d'attirer l'attention sur le fait qu'en absence du tri à la source, la qualité du compost serait probablement meilleure dans les petites et moyennes communes comparée à celle obtenue dans les grandes installations et ce pour les raisons suivantes :

- La fraction organique est plus élevée dans les petites et moyennes communes et peut atteindre plus de 80% ;
- La teneur en matériaux susceptibles de libérer des contaminants et des substances dangereuses est relativement faible dans les déchets de ces centres de petites et moyennes tailles ;
- Le délai de mise en tas de fermentation serait aussi plus court.

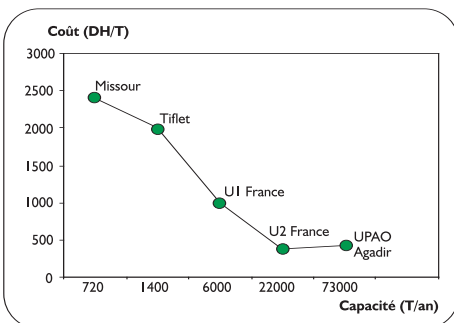


Figure 18. Relation coût d'investissement - capacité de traitement des déchets ménagers par compostage

Sur base de ces constats, on peut ainsi formuler, à titre indicatif, les recommandations rapportées dans le tableau 15 qui peuvent être affinées selon les situations sur base des calculs plus détaillés et en fonction du contexte de chaque municipalité.

Tableau 15. Recommandations pour la prise de décision de mise en place d'un projet de compostage

Taille de la population	Recommandations	Degré de nécessité du tri à la source
< 60 000	Co-compostage des déchets ménagers organiques avec d'autres déchets comme les boues des stations d'épuration à siccité d'au moins 30% Compostage des déchets de plusieurs communes dans le cadre d'une gestion intercommunale lorsque la distance et la position du site le permettent Adoption du modèle composite d'Enda Maghreb : Compostage - recyclage et mise en décharge contrôlée	++
60 000 - 120 000	Plage optimale de compostage Il est recommandé d'adopter le modèle composite (Tri - compostage - recyclage - mise en décharge)	+++
> 120 000	Compostage partiel des déchets organiques selon le marché d'écoulement du compost Mise en décharge contrôlée parallèle obligatoire pour résorber les excédents et les refus Promotion du recyclage des cartons, papiers, plastiques et verre	++++

Ratios moyens utilisés : [0,7 kg de déchets produits/hab.j pour le cas du Maroc et 1,5 kg/hab.jour pour le cas de la France ; taux de conversion de déchets ménagers en compost après l'opération de tri : 30 à 40%, une fraction organique biodégradable d'environ 60% pour le cas du Maroc et 35% pour le cas de la France]

Soulignons qu'il s'agit là de tendances plausibles et susceptibles de déclencher un débat mais qui peuvent varier d'une situation à l'autre selon la nature d'équipement et le type d'aménagement (imperméabilisation par géo-membrane ou par un matériau argileux local, traitement des lixiviats etc.).

Il est aussi admis que les coûts d'investissement supérieurs pour les technologies les plus performantes (aération forcée, équipements de tri, de broyage et de tamisage, hangar de maturation etc.) sont en fait largement compensés à la fois par les économies d'échelle (puisque ces technologies sont généralement adoptées pour les grandes agglomérations) et par les gains de durée de fermentation qu'ils permettent (la durée de fermentation passe de 1 - 1,5 mois pour la technologie des andains à 0,5 - 1 mois pour l'aération forcée). Ceci se répercute automatiquement sur le gain en superficie.

2. Comparaison des coûts de tri - compostage - recyclage, de mise en décharge et de leur combinaison

2.1. Éléments de référence pour la comparaison des coûts

Une évaluation économique du compostage et de mise en décharge, menée en Caroline du Nord aux USA sur 9 unités de compostage, a permis de dégager la comparaison du coût total (\$/tonne) entre ces deux options et leur combinaison (Tableau 16).

Tableau 16. Comparaison du coût annuel de gestion des déchets ménagers avec ou sans compostage dans une commune de la Caroline du Nord aux USA ayant une production d'environ 100 000 tonnes de déchets par an (Extrait de Renkow et al., 1993)

	Options			
	Décharge seule	Décharge + Compostage		
		Coût de la décharge	Coût du compostage	Coût total
Coût total en \$/tonne de déchets	21.3	30.1	50	40

NB. Scénario hypothétique considéré : 50% de déchets sont compostés et 50% mis en décharge.

Le coût est calculé sur la base des composantes suivantes : Coût de fonctionnement et de maintenance, paiement d'intérêt sur un crédit de construction au fonds de réserve pour le suivi environnemental

On peut déduire de cette étude que le coût double pratiquement (de 21 à 40\$/tonne) lorsqu'on passe de l'option "tout à la décharge" à l'option de 50% dans la décharge et 50% pour le compostage.

Selon Cant (2006), le coût de décharge a été comparé, comme le montre le tableau 17, entre trois tailles de population et pour deux types de déchets : déchets ayant subi un tri à la source (DTS) et déchets mixtes (DM).

On constate que les coûts de décharge des DM sont légèrement supérieurs. Toutefois, ces données ne montrent pas une nette expression d'une économie d'échelle généralement constatée dans plusieurs contextes. Le coût moyen de référence varie de 41.5 à 50.6 \$/tonne.

Tableau 17. Coûts de décharge contrôlée avec bio-réacteur en fonction du type de déchets (triés à la source ou mixtes) et en fonction de la taille de la communauté (Cant, 2006)

Population	Scénarii		
	Coût de référence	DTS	DM
20 000	47.43	48.62	49.34
80 000	50.59	51.85	52.62
200 000	41.43	42.70	43.47

Ces coûts sont calculés selon les données rapportées dans le tableau 3.

2.2. Ordres de coûts des décharges contrôlées au Maroc

Les expériences marocaines en matière de projets de décharges sont très limitées. En ce qui concerne le coût de mise en décharge, l'ONEP/DEA (1996) rapporte 4 à 10 Dirhams/tonne contre 150 à 200 Dirhams/tonne pour la collecte, le nettoyage et l'évacuation. Ce chiffre relatif au coût de la mise en décharge paraît très faible et il se peut qu'il concerne plutôt la mise en décharge sauvage.

Selon Chouaouta (2002), l'étude relative au plan de gestion des déchets dans la région de Tanger – Tétouan, le coût de mise en décharge est estimé à 100 Dirhams par tonne mais cela dépendrait du coût de terrain.

L'étude réalisée par Phenixa (2004) rapporte les estimations du coût d'installation et de fonctionnement pour différentes tailles de population (Tableau 18).

Tableau 18. Coûts d'installation et de fonctionnement d'une décharge contrôlée en fonction de différentes tailles d'agglomérations

Population	100 000	300 000	500 000	1 Million
Quantité de déchets (tonnes/an)	30 00	92 000	153 000	307 000
Coût d'installation (Dirham/tonne)	60	44	40	27
Coût de fonctionnement et équipement annuel (Dirhams/tonne)	70	26	23	23

Nous constatons que le coût d'installation varie de 60 DH/tonne à 27 DH/tonne lorsqu'on passe d'une population de 100 000 habitants à un million d'habitants. De même, le coût de fonctionnement diminue respectivement de 70 DH/tonne à 23 DH/tonne. La notion d'économie d'échelle est parfaitement concrétisée.

Nous constatons que les coûts des décharges cités, aussi bien au niveau national qu'international, sont très variables et ceci peut être attribué aux rubriques considérées dans l'évaluation du coût. En effet, dans ce type d'évaluation, il est extrêmement rare qu'on tienne compte de toutes les composantes du coût telles qu'elles sont développées par Datta et Chattopadhyay (1998) et US EPA (1997). Ces composantes sont listées ci-après :

- Identification et acquisition du site ;
- évaluation du site et dimensionnement ;
- Mise en œuvre du site ;
- Etanchéité ;
- Collecte des lixiviats ;
- Dégazage ;
- Fonctionnement ;
- Couverture finale et fermeture ;
- Post-fermeture ;
- Dépenses imprévues ;
- Réparation et interventions d'urgence permettant d'éviter les nuisances et les accidents.

Cela fait que les ordres de grandeur des coûts cités dans les différents projets de décharges sont très variables. En outre, l'étude réalisée par Datta et Chattopadhyay (1998) mentionnait que des variations significatives des coûts sont observées selon les modalités de gestion et d'aménagement de la décharge. Par exemple, les différences en matière de matériel d'étanchéité des alvéoles ou casiers (argile ou géo membrane) et/ou en terme de hauteur de la décharge peuvent se solder par des variations importantes de coûts pouvant atteindre 50 à 70%.

En somme, il est extrêmement difficile d'avoir des références plausibles des coûts des décharges car il s'agit chaque fois de situations spécifiques difficilement comparables à cause du fait que l'évaluation des coûts ne tient pas toujours en compte de toutes les rubriques précitées et que les coûts de terrain, des matières premières et de main d'œuvre sont fort variables d'une situation à l'autre.

Il ressort aussi des études de cas cités et des données rapportées dans le tableau 16 que le compostage s'affiche plus coûteux que la décharge. Soulignons toutefois que cette comparaison devrait intégrer au minimum, sans parler du coût environnemental, le coût de prolongation de la durée de vie de la décharge. Ceci, peut dans certains cas compenser le coût additionnel inhérent au procédé de compostage.

Aussi, contrairement aux autres options de traitement des déchets, les coûts d'investissement et de fonctionnement sont cycliques pour le cas des décharges contrôlées comme l'illustre bien la figure 19.

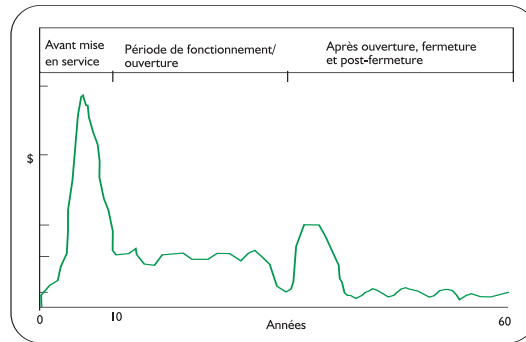


Figure 19. Allure de variation du coût d'une décharge contrôlée durant les phases d'installation, d'exploitation et de fermeture et post-fermeture

En d'autres termes, on assiste à un pic qui coïncide avec la phase d'installation suivie d'un coût de fonctionnement plus ou moins variable mais qui se situe plus bas. Lorsque la décharge est saturée, un autre pic est observée au cours de la phase de fermeture et post-fermeture.

3. Analyse externalités des options de gestion de déchets

3.1. Position du problème

La section précédente s'est consacrée à l'analyse des coûts internes ou coûts fixes des options de gestion des déchets solides municipaux. En d'autres termes, seuls les coûts d'installation ou d'investissement initial et les coûts de fonctionnement sont considérés. Sur cette base d'analyse, la mise en décharge se démarque en tant qu'option globalement la moins coûteuse.

Actuellement, les recommandations des instances internationales et nationales en matière de développement durable et de protection de l'environnement, et les restrictions réglementaires qui en résultent, imposent des options de gestion qui convergent vers :

- Une logique de minimisation de la production des déchets ;
- Une minimisation de la mise en décharge des déchets organiques biodégradables ;
- Un recyclage et un traitement biologique aérobique (compostage) et anaérobique (production de biogaz).

Toutefois, ces options occasionnent manifestement des coûts internes additionnels. à cet égard, le tableau 19 relate, à titre indicatif, des ordres de grandeur de ces coûts.

Tableau 19. Ordres de grandeur des coûts additionnels des options alternatives à la mise en décharge contrôlée (DEFRA , 2001)

Options	Coût additionnel par rapport à la mise en décharge (en £ /tonne de déchets)
Recyclage	50-105
Compostage en andains aérés	100-130
Incinération	55-70
Digestion anaérobique	75-85
Minimisation des déchets	-10 à 30

Cependant, ces coûts n'intègrent pas les externalités qui se traduisent par des impacts positifs et négatifs générés par les différentes alternatives. C'est ainsi qu'on se propose, dans ce qui suit, d'étayer, exemples à l'appui, l'importance de considérer ces externalités pour aider dans le choix des options durables. La notion de durabilité se trouve en intersection entre les sphères sociale, économique et environnementale.

Ainsi, pour une évaluation globale des coûts, il est nécessaire de tenir compte des coûts environnementaux et sociaux.

3.2. Analyse des coûts externes des options d'élimination, de traitement et de valorisation des déchets

Le tableau 20 relate un exemple des coûts directs et environnementaux de la gestion des déchets pour une population de 10 000 habitants produisant 150 tonnes de déchets/jour avec une fraction organique de 50%.

Tableau 20. Exemple de coûts (directs et environnementaux) de gestion des déchets (Ayalon, 2000)

Rubrique	Supposition	Décharge	Compost + Décharge
Collecte	Egal	=	=
Transport	Egal	=	=
Coût de décharge	20 \$/tonne	300 \$	1500 \$
Coût d'incinération	50 \$/tonne		
Coût de compostage (technologie simple)	15 \$/tonne		1125 \$
Total des coûts directs par (150tonnes/jour)		300 \$	2625 \$
Total des coûts directs par tonne de déchets		20 \$	17.5\$
Valeur d'utilisation du compost	Accroissement du rendement 10\$/tonne de déchets		- 10 \$ ⁽¹⁾
Coût de compost, transport et épandage			5 \$
Bénéfice total pour l'agriculture			- 5 \$
Valeur de CO ₂ séquestré	22.5 tonnes de compost (Matière sèche) soit 45 tonnes de CO ₂ séquestré 10\$/tonne de déchets		- 3 \$
Emission de CH ₄ évitée	5 \$/tonne de déchets		- 5 \$
Bénéfice total environnemental			- 8 \$
Coûts et bénéfices non évalués :			
<ul style="list-style-type: none"> • Pollution du sol et des cultures • Amélioration des propriétés physiques, physico -chimiques et biologiques du sol : augmentation de la capacité rétention en eau par le sol, augmentation de la rétention des cations, amélioration de la stabilité des agrégats et diminution de l'érodibilité des sols, amélioration de l'activité biologique du sol etc. • Opinion publique • Gain en matière de recyclage 			
Coût total (par tonne de déchets)		20 \$	4.5 \$

(1) Les valeurs ayant un signe négatif constituent un bénéfice

D'autres estimations des externalités focalisées essentiellement sur le recyclage comparé à l'incinération et à la mise en décharge sont rapportées dans le tableau 21.

Tableau 21. Externalités des options de gestion des déchets solides municipaux

Options de gestion	Coût externe net (en £/tonne de déchet)
Décharge/enfouissement technique	3
Incinération	-17 à 10
Recyclage	-161
Métaux ferreux	-297
Métaux non ferreux	-929
Verre	-196
Papier	-69
Film plastique	-17
Plastique rigide	-48
Textiles	-66

Les valeurs négatives correspondent au bénéfice

Nous remarquons que le recyclage dégage un bénéfice important comparé à la mise en décharge et à l'incinération.

Une comparaison simulée entre trois villes Anytown (une ville lambda), Othertown (une autre ville) Compostville (une ville appelée dans l'exemple Ville de Compost) a été réalisée. Ces villes produisent 200 000 tonnes de déchets chacune et adoptent les options de gestion détaillées dans le tableau 22.

Tableau 22. Modalités de gestion des déchets dans trois municipalités produisant la même quantité de déchets (Coopers et Lybrand, 1997)

Mode de gestion	Anytown (une ville x)	Othertown (une autre ville)	Compostville (une ville appelée dans l'exemple Ville de Compost)
Production de déchets	200 000 tonnes	200 000 tonnes	200 000 tonnes avec une réduction de 5% par le processus de compostage soit 190 000 tonnes
Collection de matières à recycler (tri à la source)	20 000 tonnes (10%) dont un refus de 2 000 tonnes	60 000 tonnes (30%) avec un refus de 6 000 tonnes	60 000 tonnes (30%) avec un refus de 6 000 tonnes
Mise en décharge	180 000 tonnes	140 000 dont 6 000 tonnes de résidus	110 000 tonnes
Compostage	-	-	20 000 tonnes

Les coûts totaux de ces options et les coûts nets calculés après déduction des bénéfices dégagés des ventes de produits de recyclage et de compostage sont rapportés dans le tableau 23.

Tableau 23. Coûts totaux et coûts nets des options de gestion des déchets dans les trois situations détaillées dans le tableau 21 (Coopers et Lybrand, 1997)

Mode de gestion	Anytown (une ville x)	Othertown (une autre ville)	Compostville (une ville appelée dans l'exemple Ville de Compost)
Coût total (\$US)	20 700 000	21 330 000	20 360 000
Vente de matériaux recyclés (sous - produits) \$US	450 000	1 566 000	1 966 000
Coût net (\$US)	20 250 000	19 764 000	18 394 000

Nous constatons que le coût net diminue selon l'ordre : Anytown > Othertown > Compostville.

D'autres études conduites en Europe et en Israël ont évalué les externalités négatives de mise en décharge dues aux lixiviats et aux émissions de méthane à environ 5 à 10 \$US/tonne.

Dans ce même ordre d'idée et selon US EPA (1997), la figure 20 illustre les coûts actuels (hypothétiques) de gestion des déchets solides municipaux et les coûts projetés lorsqu'on adopte des options de recyclage et de compostage par exemple.

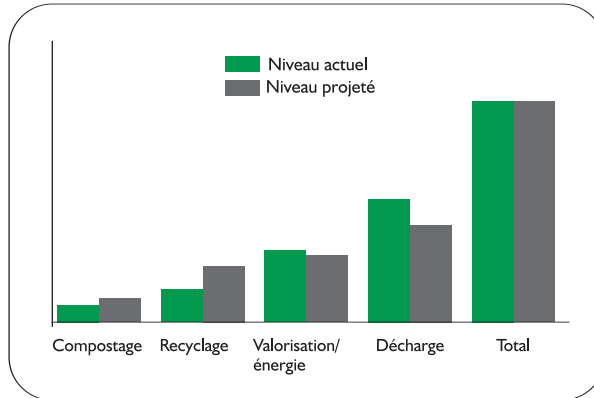


Figure 20. Simulation des coûts actuels et coûts projetés en adoptant le concept de remplacement partiel de la mise en décharge par le recyclage et le compostage (adapté de US EPA, 1997)

On peut constater que, tout en ayant un coût total actuel et projeté similaire, les coûts de réduction de l'option de mise en décharge et (à moindre proportion) de valorisation énergétique sont compensés par les coûts des options de remplacement (compostage et recyclage). Ajoutons que ces options de remplacement permettent de générer des sous-produits commercialisables, de protéger l'environnement et d'augmenter la durée de vie de la décharge. D'autres scénarii peuvent être adoptés selon les contextes. Cette démarche est de nature à aider les décideurs et les gestionnaires à planifier la gestion dans la durée et de tenir compte des coûts autres que les coûts internes.

4. Récapitulatif

Aujourd'hui, l'impact des options de gestion des déchets est mondialement connu et admis. Cette connaissance a contribué à la compréhension de l'importance des dimensions sociale, économique et environnementale du secteur des déchets.

Dans la logique du développement durable, il n'est plus admis de fonder le choix des alternatives de gestion des déchets sur la base des coûts internes. La prise en compte des externalités positives et négatives de chaque option s'impose pour valoriser la matière et minimiser les nuisances et leurs impacts sur la santé, les changements climatiques et la qualité des ressources en eau et en sols.

Les données et réflexions rapportées dans le présent document montrent clairement la nécessité de minimiser la fraction organique dans les décharges et de maximiser le recyclage des matières inorganiques (papiers, cartons, plastiques, verre, métaux etc.).

Soulignons toutefois deux difficultés majeures :

- l'évaluation monétaire des externalités s'avèrent parfois difficile pour certaines composantes comme le coût social ou le bien être du citoyen ; et
- la prise en charge des externalités requiert la mise en place de mécanismes de recouvrement des coûts, de subvention par l'Etat, etc.

Pour l'évaluation des impacts des options de gestion, il existe deux méthodes assez fournies dans la littérature professionnelle :

- Méthode conventionnelle d'analyse Coûts - avantages pour la prise de décision: les inputs et les outputs du projet sont marchands (achetés ou vendus dans le marché) et exprimés en termes monétaires.
- Méthode d'évaluation du changement du bien être du consommateur. Mais les biens et services environnementaux et le coût social n'ont pas un prix connu sur le marché (externalités). La mesure d'impact revient à évaluer l'acceptabilité et l'engagement du consommateur à payer pour le bien ou service environnemental.

Orientations stratégiques

Chapitre 5

I. Opportunités et besoins d'opérationnalisation

Actuellement, deux opportunités majeures sont offertes dans le contexte du Maroc. Elles démontrent la volonté des pouvoirs publics pour la professionnalisation et la modernisation du secteur des déchets. Ces opportunités sont : la loi sur les déchets 28-00 et le plan national de gestion des déchets solides.

Toutefois, l'opérationnalisation du cadre réglementaire et du plan national nécessite de prendre un certain nombre de mesures complémentaires :

- La mise en place de dispositions spécifiques (décrets) concernant certains chapitres de la loi sur les déchets, comme par exemple la réglementation et la normalisation des options de tri, recyclage et compostage ;
- Le renforcement de la caractérisation des déchets municipaux sur le plan quantitatif (flux de déchets) et qualitatif (composition) dans des collectivités de différentes tailles et dans différents contextes socio-économiques ;
- L'élaboration d'un cadre logique pour la mise en œuvre du programme national par le biais de l'identification des questions clés, la hiérarchisation des problèmes et la définition des priorités ;
- La définition de mécanismes de subvention et/ou d'incitation permettant la capitalisation des externalités ;
- L'identification des principales composantes du plan : cadre institutionnel, cadre technique (collecte, recyclage-compostage, mise en décharge etc.), durabilité financière, participation et éducation du public.

Pour chacune de ces composantes, il sera nécessaire de répondre à un certain nombre de questions qui figurent dans l'encadré 4.

Encadré 4. Questions relatives aux différentes composantes du cadre logique de mise en œuvre du plan national de gestion des déchets solides

Composante I. Cadre institutionnel

- Comment s'ajuste le plan national avec les plans régionaux ?
- Est-ce que la loi sur les déchets 28-00 ou d'autres lois sont suffisantes pour la mise en œuvre de plans d'opérationnalisation ? ou faut-il d'autres amendements ou normes ?
- Quels sont les acteurs qui ont la responsabilité totale de la mise en œuvre du plan ?
- Pourquoi ces acteurs doivent jouer un rôle de leadership dans cette mise en œuvre ?
- Quels sont les rôles et responsabilités des autres acteurs (départements ministériels, secteur privé, prestataires de services, etc.) ?
- Quels sont les besoins en matière de renforcement institutionnel et des capacités des acteurs pour assurer le succès de la mise en œuvre de la stratégie ?
- Quels domaines particuliers nécessitent une assistance ou appuis externes pour assurer leur mise en œuvre ?

Composante 2. Collecte et recyclage

Collecte

- Quel est le taux de couverture actuel et prévisionnel de la collecte ?
- Quelle adéquation entre le coût projeté (comme objectif stratégique) et les objectifs nationaux et régionaux existants ?
- Quels sont les problèmes liés au stockage provisoire, au transfert et au transport des déchets ?
- Quelle est la vision pour atténuer ces problèmes ?

Recyclage

- Quelles sont les matières actuellement recyclées ? et en quelles quantités ?
- A quel niveau le recyclage s'opère actuellement ?
- Quelle est l'approche proposée pour l'amélioration du secteur de recyclage ?

Composante 3. Traitement et élimination des déchets

Élimination

- Quelles sont les pratiques actuelles d'élimination et quelles en sont les lacunes et faiblesses ?
- Quelle vision pour améliorer les pratiques d'élimination ?
- Quelles sont les idées proposées pour concrétiser cette vision ?

Exigences légales d'élimination

- Quelles sont les exigences légales et réglementaires actuelles d'élimination ?
- Quelles normes seront utilisées ?
- Comment ce cadre peut être amélioré ?

Pratiques de traitement

- Quelles sont les pratiques actuelles ? sont-elles adéquates ? Sinon, quels impacts sur la santé et sur l'environnement ?
- Quelle est l'approche et quelle vision proposées dans la stratégie ?
- Quels sont les acteurs responsables ? et quels sont les besoins en renforcement institutionnel

Composante 4. Gestion financière des déchets

Mécanismes de recouvrement des coûts

- Quels sont les mécanismes actuels et les problèmes qui leur sont associés ?
- Quelle vision pour asseoir des mécanismes améliorés ?
- Quelles sont les idées clés proposées pour concrétiser ces mécanismes ?

Mécanismes de financement

- Quelles sont les sources potentielles de financement de la mise en œuvre de la stratégie ?
- Quels mécanismes d'attraction du secteur privé ?

Composante 5. Sensibilisation et éducation du public

- Quels sont les groupes cibles ?
- Quelle est la situation actuelle en matière de sensibilisation du public sur la question des déchets
- Quelle est méthode efficace pour la sensibilisation du public et pour la participation des acteurs concernés ?

2. Propositions d'une ébauche de scénarii




Le Maroc est appelé d'adhérer à la tendance internationale de minimisation des déchets organiques dans les décharges d'une part, et d'autre part, de promotion des options de recyclage, de compostage et de digestion anaérobique. Ce choix est inéluctable dans le souci de protection de l'environnement et la valorisation de la matière par le biais de sa réinsertion dans le cycle de vie des produits.

Au Maroc, ces options se justifient davantage par la composition des déchets et des besoins en amendement organique des sols. Aussi, comme il a été mentionné auparavant, le recyclage est une option en développement mais mérite d'être réglementée, normalisée et organisée.

On propose ci-après la ventilation des options de gestion des déchets à moyen et à long terme au Maroc (illustrée par le tableau 24) :

- Réduire progressivement la fraction organique mise en décharge à raison de 10% par an dans les petites et moyennes communes et de 5% dans les grandes agglomérations. Et ce, en renforçant, selon le contexte, les options de recyclage, de compostage et de production de biogaz. Ces options peuvent être combinées à des proportions variables selon le contexte géographique et socio-économique de la localité.
- Continuer la mise en place des décharges contrôlées, en intégrant les projections de réduction des déchets organiques et recyclables dans le dimensionnement.

Tableau 24. Proposition d'une modulation chronologique des options de gestion de déchets solides municipaux

Echéance	Méthodes de gestion	Pressions et impacts
Présent	Majorité des décharges sauvages	
Moyen terme	Réduction progressive de la fraction organique biodégradable et promotion de recyclage	
Long terme	Minimum de matières organiques dans les décharges (pourcentage minimal à définir et à moduler selon la taille des villes) Zéro matière recyclable dans les décharges	

3. Actions préalables et mesures d'accompagnement

Comme il a été souligné tout au long de ce document, un certain nombre d'actions préalables et de mesures d'accompagnement sont nécessaires pour la durabilité de la gestion des déchets solides municipaux :

- L'information et la sensibilisation des citoyens ;
- La formation des agents, techniciens et cadres chargés de la gestion des déchets dans les domaines de la collecte et des différentes filières d'élimination, de traitement et de valorisation des déchets ;
- La finalisation de la loi sur les déchets par des dispositions spécifiques concernant les options de tri, de recyclage et de compostage ;

- L'élaboration des normes de recyclage et de qualité des sous-produits de recyclage et de compostage ;
- La mise en place de projets pilotes dans des localités de différentes tailles pour servir de modèles. Ces projets concerneraient toutes les options à promouvoir : tri - recyclage - compostage, valorisation du compost, production de biogaz et mise en décharge des déchets ultimes.
- L'encouragement des expériences pilotes initiées par certains acteurs concernés (Collectivités, ONG, universités) et la capitalisation des enseignements tirés ;
- La promotion de la gestion intercommunale des déchets ;
- La promotion et le renforcement du partenariat public-privé.

Références

ADEME / AMF (1998) étude SOFRES/AMF/ADEME). Analyse des coûts de gestion des déchets municipaux, avril

ADEME 2004 "Action internationale",

Adnani D. (2006) Gestion déléguée du service public : cas de l'assainissement solide in <http://adnanidriss.centerblog.net>.

Antadze N., Cristofaro, D., Hicks, Lloyd., & Abo Sena, A. (2004). Waste management in the county of Iasi. Final report. Lund: The International Institute for Industrial environmental Economics

ADS Maroc- EDIC. (2005) Développement du secteur de recyclage des déchets au Maroc : diagnostic (Partie 1) et Plan d'action (Partie 2) pour le Département de l'Environnement, Maroc.

Ayalon, O., Y. Avnimelech Shechter (2000) The city and the agricultural sector inter – relationship: Environmental costs and benefits. Technicon, Israel Institute of Technology.

Balland P. & H. Legrand (2001) Rapport d'inspection de l'environnement.. Les risques engendrés par la Décharge de Crégy-les- Meaux et les dispositions de précaution à envisager

Cameron E., N. How, S. Saggarr, & C.W. Ross (2005) The Cost-Benefits of Applying Biosolid Composts For Vegetable, Fruit, and Maize/Sweetcorn Production Systems in New Zealand. Landcare Research Science Series No. 27

CIEDE. 2001. <http://www.ciede.org.ma/siedcc/siedcc/InfosTechniques/Solutions.htm>. Solutions techniques pour l'élimination des déchets urbains solides

Chouaouta H. (2002) Plan de gestion des déchets solides dans la région de Tanger - Tétouan. Rapport final

Claudia Heermann. 2003. Using mechanical - biological treatment for MSW in Europe. BioCycle october, Vol. 44 (10): p. 58

Commission européenne. 2002. Brochure sur le compostage. DG ENV E.3/BU-9 02/121

Coopers & Lybrand, CSERGE and EFTEC (1997) Cost-Benefit Analysis of the Different Solid Waste Management Systems: Objectives and Instruments for the Year 2000, Luxembourg.

Datta M. & Chattopadhyay S. 1998. A Methodology for Cost Estimation of Engineered Landfills.

DEFRA (2001) Feedback from the landfill permit workshops', Department for Environment, Food and Rural Affairs Mimeo.Proceedings National Conference on Geo-Environment, Allahabad, 1,V-1 to V-10 (1998)

Elherradi , B. Soudi et K. Elkacemi. 2004. Evaluation de la minéralisation de l'azote de deux sols amendés avec un compost d'ordures ménagères. Etude et Gestion des Sols, 2004, Volume 10, 3, pages 139-154.

Enda Magreb (2003). La filière informelle de récupération et de recyclage des déchets solides au Maroc

EPA (2002a) Municipal Solid Waste in the United States : 2000 Facts and Figures, EPA-530-R-02- 001 ; Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, D.C.

- Ekelund, L. & K. Nyström. 2007.** Composting of Municipal Waste in South Africa : sustainability aspects. UPTEC-STS06-012
- GTZ-ERM-GKW. 2004.** Projet regional de gestion des déchets solides METAP. ATIFCR-Rapport final sur les directives régionales Volume 3.
- Iglesias-Jimenez, E. & C. E. Alvarez (1993)** «Apparent availability of nitrogen in composted municipal refuse. *Biol. Fert. Soils* 16: 313-318
- Manoj Datta. 2003.** Factors which Influence the Cost of MSW. Landfills Workshop on Sustainable Landfill Management 3–5 December, 2003; Chennai, India, pp. 239-243
- NSW, US EPA. 1997.** Environmental guidelines for the use and disposal of biosolids products. Chats Wood NSW
- Oepen, M. 1993.** Scavengers and recycling in Indonesia. Gate publication: Questions -Answers-Information, Number 1/93. Germany
- Renkow M., C. Safley & J. Chaffin (1993)** A Cost Analysis of Municipal Yard Waste Composting. Department of Agricultural and Resource Economics, North Carolina State University. ARE Report N°6
- Senhaji, F. 2005.** Etude évaluative des émissions de gaz à effet de serre des décharges des villes de Midelt, Guercif, Taourirt, Berkane. Enda Maghreb (PBREM)
- Soudi, B. & R. Grela. 2003.** étude de faisabilité de compostage des déchets de la ville d'Essaouira. Rapport préparé pour ONEP/FAO
- Soudi B. (2003)** Rapport d'évaluation des centres de Co - traitement des déchets ménagers mis en place à Missouri, Oulmès et Tiflet. Rapport préparé pour Enda Maghreb
- Soudi, B. 2001.** Compostage et valorisation du compost dans les petites et moyennes communes au Maroc. Manuel édité pour Enda/ONUDI. Ed. Actes Editions
- US EPA- 1989.** The solid waste Dilemma: an agenda for action. EPA/530-SW-89-019.
- US EPA (1997)** Full Cost Accounting for Municipal Solid Waste Management: A Handbook.
- US EPA. 2003.** Municipal Solid Waste in the United States: 2001 facts and figures.
- Weaver, P.M. 2005.** Innovation in municipal solid waste management in England: policy, practice and sustainability. *Int. J. Innovation and Sustainable Development*, Vol. 1, Nos. 1/2.
- William F. Brinton** [http://www.p2pays.org/compost/Composting101/CompostSoil Quality.pdf](http://www.p2pays.org/compost/Composting101/CompostSoil%20Quality.pdf)
Woods End Research
- Phénixa. 2004.** Manuel de gestion des déchets solides ménagers Pour une gestion intégrée des déchets solides ménagers au Maroc
- Zehnder, C.M., A. DiCostanzo, K. Thate, R. Gilland, M. J. Murphy and T. R. Halbach 1998.** Utilization Of Municipal Solid Waste Compost As Bedding Material For Cattle Feedlots. Minnesota Extension Service FO-07082

Comment agir face au gisement grandissant des déchets solides municipaux ?

Cette question se pose avec d'autant plus d'acuité ces dernières années que la combinaison de facteurs liés à l'accroissement démographique, à l'expansion urbanistique, au développement des activités socio-économiques et de production, ainsi qu'aux mutations des modes de vie et de consommation fait de la question des déchets un des principaux défis auxquels sont confrontées nos sociétés. Ce défi est amplifié, dans le cas des sociétés du Sud, par des contraintes dues à des insuffisances d'ordre juridico-institutionnel, organisationnel et financier.

Cet ouvrage offre, à partir de la situation des déchets solides municipaux au Maroc, des éléments de réflexion qui constituent autant d'outils de réflexion, basés sur des expériences concrètes mises en œuvre à l'échelle de collectivités de petite et moyenne tailles, susceptibles de stimuler une gestion intégrée et durable de ces matières. A la lumière des expériences pilotes menées au Maroc, et considérant la tendance internationale en matière de réglementation de la gestion des déchets qui prône une logique de prévention (réduction de la production des déchets) et de minimisation de la proportion de la fraction organique biodégradable dans les décharges, il est proposé de promouvoir et de privilégier, de manière progressive et selon une modulation chronologique, les options de recyclage, de compostage et de digestion anaérobie par rapport à la mise en décharge. Cette vision est dictée par le souci de protection de l'environnement et de valorisation de la matière à travers sa réinsertion dans le cycle de vie des produits. Ces options peuvent être combinées à des proportions variables selon le contexte géographique et socio-économique de la localité.

L'ouvrage se penche également sur les modalités concrètes d'opérationnalisation du système de gestion des déchets solides municipaux qui se doit d'être durable et intégré. Il propose dans ce sens un ensemble de mesures d'accompagnement : l'information, la formation, la caractérisation des déchets solides municipaux sur le plan quantitatif (flux de déchets) et qualitatif (composition) dans des collectivités de différentes tailles et dans des contextes géographiques et socio-économiques différents, la définition de mécanismes de subvention et/ou d'incitation permettant la capitalisation des externalités et la mise en place des projets pilotes.

Toutes ces réflexions sont de nature à enrichir le débat sur le choix des filières et sur les options technologiques de gestion intégrée et durable des déchets solides municipaux dans les pays du Sud.



enda Maghreb

Enda Maghreb est l'antenne décentralisée au Maroc de l'Organisation Non Gouvernementale internationale du Sud, Enda tiers-Monde, créée en 1972 et dont le siège est à Dakar (Sénégal).

Depuis 1993, Enda Maghreb œuvre, en milieu urbain et rural, à la lutte contre la pauvreté, pour un environnement viable et pour un développement humain durable.

12, rue Jbel Moussa, Appt. 13
Rabat-Agdal, Maroc

Tél. 037 67 10 61 / 62 • Fax. 037 67 10 64

www.enda.org.ma • endamaghreb@enda.org.ma