



## **Evaluation méso-économico-environnementale de la gestion des déchets solides de la ville d'Azemmour (Maroc)** **(Evaluation meso-economic-environmental management of solid waste from the city of Azemmour (Morocco))**

**N. El bada, M. Mountadar\***

*\*Laboratoire de l'Eau et Environnement, Faculté des Sciences d'El Jadida  
Université Chouaib Doukkali, B.P.20, El Jadida – Maroc.*

Received 13 Feb 2011, Revised 9 June 2012, Accepted 9 June 2012

\* Corresponding author : Email: [mounta\\_dar@yahoo.fr](mailto:mounta_dar@yahoo.fr),

### **Résumé:**

Dans le cadre de cette étude, concernant l'évaluation économique des impacts environnementaux relatifs à la gestion des déchets solides de la commune urbaine d'Azemmour, le coût de dégradation de l'environnement dus à la gestion actuelle des déchets ménagers et assimilés est évalué à 0.73% de la valeur ajoutée (VA) de cette commune. La pollution des eaux souterraines contribue par 0.17 % de la VA, les inefficiences relatives à la gestion des déchets est évaluée à 0,43% de la VA, la dégradation de l'air contribue par 0.05 % de la VA et la dégradation du sol et du paysage contribue par 0.07% de la VA. Les actions de remédiation recommandées pour une meilleure gestion des déchets solides se chiffrent à 0,4082% de la VA de la commune urbaine d'Azemmour. Ainsi les secteurs déchet, eau, air et sol et paysage contribuent respectivement par 0.18%, 0,12% , 0.05 % et 0.04% de la VA. Les investissements relatifs à ces secteurs sont bénéfiques à long terme. En effet, pour chaque 1 USD dépensé on gagne 2.36 USD dans le secteur de déchets, 1,55 USD pour le secteur sol et 1.44 pour le secteur eau. Le système de gestion recommandé est donc plus économique même s'il nécessite des coûts d'investissement et de fonctionnement plus élevés pour sa mise en œuvre. D'après nos calculs l'amortissement de l'investissement initial, étalé sur 20 ans, est possible à partir de la dixième année de fonctionnement. Ainsi le système de gestion recommandé aura moins d'impacts environnementaux que le système actuel et il sera économiquement plus viable et rentable à long terme.

*Mots clés :* Déchet solide, système de gestion, impact, remédiation, environnement, économie.

### **Abstract:**

As part of this study on the economic evaluation of environmental impacts related to solid waste management of the urban municipality Azemmour, the cost of environmental degradation due to the current management of household and similar waste is evaluated to 0.73% of value added (VA) of this municipality. The groundwater pollution contributes 0.17% of VA, inefficiencies related to waste management is estimated at 0.43% of the VA, the degradation of air contributes 0.05% of VA and land degradation landscape and contributes 0.07% of the VA. The remedial actions recommended for better solid waste management is \$ 0.4082% of the VA of the urban municipality Azemmour. Thus waste sectors, water, air and soil and landscape contribute respectively by 0.18%, 0.12%, 0.05% and 0.04% of the VA. Investments for these sectors are beneficial in the long term. In effect, for every 1 USD expended one gains 2.36 USD in the area of waste, 1.55 USD for the ground segment and 1.44 USD for the water sector. The recommended management system is more economical even if it requires investment costs and higher operating costs for its implementation. According to our calculation amortization of initial investment, spread over 20 years, is possible from the tenth year of operation. Thus the recommended

management system will become less environmental impact than the current system and it will be economically more viable and profitable long term.

*Keywords:* Solid waste management system, impact, remediation, environment, economy.

## **I. Introduction**

Actuellement, l'augmentation de la production des déchets va de pair avec le développement économique, l'essor démographique, l'urbanisation et l'amélioration du niveau de vie. Au Maroc, le problème des déchets solides constitue une contrainte importante pour les collectivités locales et une menace grandissante sur l'environnement. Les déchets ménagers et assimilés sont estimés à 6,51 millions de tonnes par an avec une moyenne qui s'élève à 0,75 kg/habitant/ jour. Cependant 70 % de ces déchets sont concentrés dans le milieu urbain [1].

La gestion de l'ensemble de ces déchets se heurte à plusieurs contraintes, dont l'absence de prescriptions réglementaires définissant les modalités de gestion de ce secteur et les responsabilités de chacun des acteurs concernés, l'insuffisance des moyens financiers et matériels mobilisés et l'absence de filière pour le traitement des déchets. La mise en décharge demeure pour la plupart du temps l'unique moyen de gestion des déchets solides adopté par le pays. La plupart de ces décharges sont des dépotoirs non contrôlés et à ciel ouvert. Les déchets y sont rejetés sous une forme mixte (ménagère, industrielle et hospitalière) et sans aucun traitement ni conditionnement préalable.

Le présent travail est une étude économique-environnementale visant d'une part à documenter les dommages liés aux décharges sauvages des ordures ménagères de la municipalité d'Azemmour et d'autre part à proposer un système de gestion alternatif adéquat. Cette étude intervient au moment où la réglementation marocaine exige la conduite d'étude d'impact sur l'environnement dans le cadre d'un projet de loi sur les déchets. Notre étude met en évidence les impacts potentiels sur l'environnement de la décharge, estime leur valeur économique et identifie les actions de remédiation nécessaires. Elle permet ainsi d'estimer le rapport entre les bénéfices et les coûts des actions de remédiation et d'en dégager les priorités pour la prise de décision.

### **Liste des abréviations**

A/C	Rapport avantages/coûts
CDI	Coûts des dommages et des inefficiences
CR	Coûts de remédiation
PIB	Produit intérieur brut
USD	Dollar américain US
VA	Valeur ajoutée
DAP	Volonté à payer
DALY	Dirability Adjusted Life Years (Année de vie corrigée du facteur invalidité)
MAD	Dirham marocain
m <sup>3</sup>	Mètres cubes
ha	hectare
T	tonnes

## **II. Méthodologie**

### **II.1. Principes de l'analyse Méso – environnementale**

#### **II.1.1. l'analyse MESO**

L'analyse Méso-économique propose des réponses à l'échelle Méso, catégorie intermédiaire entre les dimensions traditionnelles micro et macro-économiques. Elle se penche sur un secteur économique ou une communauté urbaine [2, 3,4]. Ainsi la décharge de la commune urbaine d'Azemmour peut être considéré comme un secteur économique et par conséquent l'analyse méso et applicable.

Cette méthode repose sur l'évaluation économique de la dégradation environnementale au niveau d'un secteur économique ou d'une communauté urbaine. Elle a pour but de faire le lien entre les évaluations micro (unité de production) et macro (pays) à un niveau moyen (secteur), le niveau méso. L'objectif des études méso-économiques est de saisir et mesurer l'ordre de grandeur des flux, de les comptabiliser ensemble avec leurs transformations et impacts sur l'environnement. Ensuite, les conséquences de ces actions sont estimées monétairement en termes de coût de la dégradation environnementale qu'on appelle Coûts des Dommages et des

Inefficiences (CDI), et des coûts d'atténuation de cette dégradation, ou Coûts de Remédiation (CR) [2, 3,4]. Le rapport entre les CDI et les CR indique l'efficacité de la remédiation ou, autrement formulé, la valeur des dommages qui peuvent être évités pour un montant donné de dépenses et/ou d'investissements de remédiation [2, 3, 4].

### II.1.2 .Définitions

L'analyse MESO-économique porte sur la quantification, en termes monétaires et sur une base annuelle, du coût des dommages et des inefficiences (CDI) issus d'un secteur économique et du coût de leur remédiation. Enfin, ces valeurs sont exprimées par rapport à la valeur ajoutée (VA) de l'entité concernée.

**Coûts des Dommages** : En termes économiques, les dommages désignent, d'une part, les pertes de bien-être (subies par la population) et, d'autre part, les pertes financières (subies par les activités économiques) résultant de la modification de la qualité de l'environnement et de la disponibilité des intrants environnementaux [2, 3,4].

**Coût des Inefficiences** : Les inefficiences dans l'utilisation des ressources désignent les pertes économiques générées par le gaspillage ou l'utilisation inefficace de ces ressources. Coûts de Remédiation. Les coûts de remédiation à la dégradation environnementale et aux inefficiences représentent les dépenses nécessaires, en l'état des connaissances et des données disponibles, afin de protéger l'environnement en prévenant ou en remédiant à sa dégradation [2, 3,4].

**Rapports Bénéfices/Coûts (CDI/CR)** : La mise en regard de ces avantages et de ces coûts, sous la forme d'un ratio, revient ainsi à mettre en rapport CDI et CR, comme approximation du rapport plus général Bénéfices/Coûts. Une action de remédiation économiquement efficace impliquerait que les avantages totaux priment sur les coûts, autrement dit que le ratio B/C soit supérieur à l'unité. On dit également que ce ratio mesure la rentabilité de la remédiation [2, 3,4].

$$\frac{\text{Avantages retrouvés (dommages évités)}}{\text{coûts de remédiation}} > 1 \quad \text{ou} \quad \boxed{\frac{\text{CDI}}{\text{CR}} > 1}$$

Un ratio égal à 2 indique que, pour 1USD investi dans la remédiation, un dommage équivalent à une perte de bien-être de 2 USD est évité [2, 3,4].

### II.1.3.Catégories d'analyse

L'évaluation économique de la dégradation environnementale liée au secteur est structurée selon sept domaines environnementaux (eau, air, bruit, sols, littoral et paysages, déchets, énergie et matières et environnement global) et trois catégories économiques (santé/qualité de vie, capital naturel, inefficiences dans l'utilisation des ressources). Dans le cadre de l'analyse des décharges, les domaines de l'eau, de l'air, des sols/ paysages et déchets sont retenus. Les catégories économiques permettent de mettre en évidence, au-delà des domaines de l'environnement les coûts inhérent à la protection de la nature (santé/qualité de vie ; capital naturel) et ceux mettant plutôt en évidence des lacunes au niveau de l'entretien et de la gestion du parc existant (inefficiences) [2, 3,4].

### II .1.4. Etapes de l'analyse

Les études MESO-économiques sont construites sur la base d'un protocole d'analyse comprenant trois étapes [2, 3].

#### 1<sup>er</sup> étape Délimitation de l'étude :

Les déchets solides de la municipalité d'Azemmour sont collectés et rejetés dans une décharge incontrôlée qui présente des dysfonctionnements notoires [1]. En effet, elle est située à 17 Km du centre d'Azemmour dans la commune rurale d'Ouled Rahmoune, sur une superficie d'environ 4ha à proximité des champs de culture et des habitations.

Les déchets qui font l'objet d'une collecte quotidienne, sont les ordures ménagères, les déchets de marchés, les déchets des espaces verts et les déchets des hôpitaux d'une quantité journalière d'environ 25 T/j pour l'année 2008. Les ordures ménagères produites par la municipalité d'Azemmour se caractérisent par un taux d'humidité élevé (70 %) et une proportion élevée des déchets putrescibles (78 %) [1].

A fin de définir le périmètre géographique de l'organisme économique (la décharge), les flux environnementaux nécessaires au fonctionnement du secteur sont répertoriés et quantifiés dans leur dimension physique (Figure1). Contrairement à l'analyse économique traditionnelle, les flux d'externalités et la production d'externalités sont

pris en compte. Les externalités désignent tous les flux alimentant l'organisme économique. Les externalités désignent les effets hors marché des pollutions de toutes sortes.

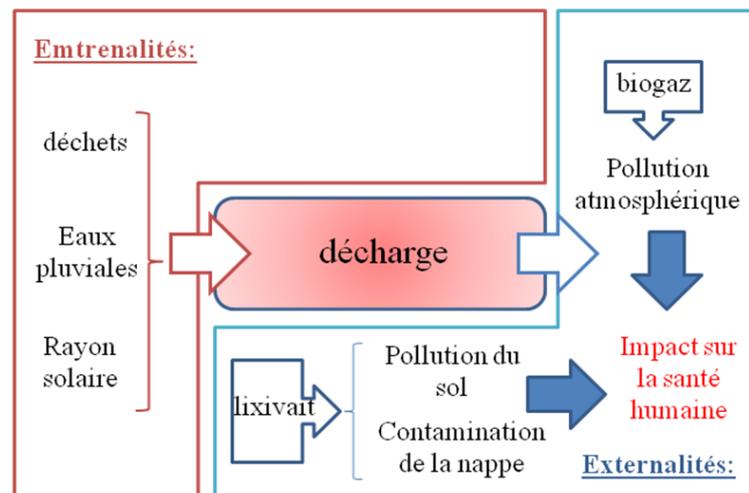


Figure 1 : schéma de flux de la décharge

### 2<sup>ème</sup> étape Collecte de données :

Les données sont collectées à partir des visites de terrain, et des secteurs intervenant à la mise en décharge (de la municipalité d'Azemmour, de perception d'Azemmour et la Direction Provinciale d'Agriculture (DPA),...).

### 3<sup>ème</sup> Analyse Éco-Environnemental :

Il s'agit de convertir les flux environnementaux mesurés en unités physiques en unités monétaires. Ce passage et les méthodes d'évaluation économique de l'environnement qu'il requiert constituent l'analyse économique-environnementale. L'analyse est réalisée à partir des données collectées, la conversion des impacts environnementaux mesurés en unités physiques en unités monétaires repose sur des valeurs locales et des transferts de valeurs issues des méthodes d'évaluation économique de l'environnement. Les montants des CDI et les CR sont rapportés au produit de la communauté urbaine estimé à d'environ de 81677996 USD (IMF Data base April 2008) [5]. Les ratios CDI/CR, facilitant l'interprétation et la compréhension des résultats, sont finalement calculés.

## II.3. Résultats et discussion

Les résultats de notre travail vont être présentés selon les catégories environnementales touchées par l'exploitation de la décharge municipale d'Azemmour. (Année de référence de l'analyse 2008)

### II.3.1. Eau

#### A. CDI - Capital naturel

L'absence d'un système de traitement adéquat des déchets se traduit par une pollution des eaux souterraines par les lixiviats et une contamination du milieu marin et des eaux de surface par déversement direct des déchets. L'estimation de la quantité d'eau polluée par les déchets repose sur la méthode suivante [6]:

\* La quantité des déchets produits retenu est de 25 tonnes par jour [7,8].

\* Cette quantité a été convertie en volume (exprimée en mètres cubes) en divisant le tonnage par la masse volumique des déchets (soit 0.4 tonne par mètre cube).

\* Le taux d'humidité du lixiviat dans les déchets est de 70% [6]. Cependant un taux d'infiltration de 15% a été retenu à cause de l'évaporation [9].

\* Plusieurs études ont montré qu'un mètre cube d'eau usée pollue environ 50 mètres cubes d'eau. La même hypothèse a été retenue dans le cas du lixiviat, bien que celle-ci soit assez restrictive puisque la charge polluante des lixiviat est de loin supérieure à celle des eaux usées [6].

Afin d'estimer la valeur monétaire de l'eau polluée (soit 119766 m<sup>3</sup>), le coût additionnel de traitement de l'eau à la suite d'une pollution excessive a été pris en compte. Dans le cadre du projet Sebou [10], le coût moyen de traitement de l'eau polluée dans le bassin de Sebou est estimé à 1.59 USD/m<sup>3</sup>, contre un coût de traitement de 0.56 USD au niveau national. En supposant que la charge de pollution des lixiviat est au moins égale à celle qui a été calculée au niveau du bassin de Sebou, on peut considérer que le coût additionnel de traitement dû à une pollution excessive est de 1.13 USD par mètre cube. Ainsi, le coût de la dégradation de la ressource eau est

d'environ 135176 USD par an, soit 0.1655% de VA. A cela s'ajoute une perte de valeur marchande des eaux souterraines qui se traduit par une réduction de possibilité d'irrigation d'environ 19.55 ha/an. En effet les besoins nets d'irrigation sont évalués à 4377m<sup>3</sup>/ha [11]. Cette perte est estimée à travers le rendement agricole d'un hectare. L'étude suppose que la majorité des terres agricoles soit cultivées en céréales. Le rendement d'un hectare agricole est estimé à 254USD/ha/an [4]. Alors que le coût relatif à la perte de la valeur marchande des eaux souterraines est d'environ 6951 USD par an, soit 0.0085% de VA. De ce fait le coût de la dégradation de la ressource en eau s'élèverait à 142127 USD par an soit 0.1740% de VA.

*B. CDI - Santé et qualité de vie*

L'approvisionnement déficient en eau potable et en assainissement, une mauvaise qualité de l'eau et un manque d'hygiène sont responsables des maladies hydriques qui peuvent être fatales chez les enfants en bas âge [12]. L'évaluation de ce dommage est basée sur les statistiques de morbidité des enfants de moins de cinq ans dues aux maladies diarrhéiques.

La morbidité associée aux maladies diarrhéiques représente un coût pour les individus, leurs familles et la société en général. Pour évaluer ces coûts, une valeur estimée est attribuée aux frais médicaux et en perte pécuniaire (garde-malade, parents empêchés de travailler) est d'environ 40USD/an par cas [6]. Dans un diamètre de 3Km<sup>2</sup> autour de la décharge dus à la mauvaise condition hygiénique, le nombre de cas observé est d'environ 50, 50% d'entre eux semblent lié à la proximité de la décharge (occurrence plus forte dans la zone). Le coût des dommages relatif à la santé et la qualité de vie avoisine ainsi 2000 USD/an soit 0.0024% du VA.

**Tableau 2:** Coûts annuels des dommages relatifs au secteur 'eau' par catégorie économique

Catégorie économique	USD/an	% VA
<b><u>Santé   Qualité de vie :</u></b>		
-Santé/hygiène/Morbidité	2000	0.0025
<b><u>Capital naturel :</u></b>		
-Rejets liquides (lixiviat)	135176	0.1655
-Valeur marchande des eaux souterraines	6951	0.0085
<b>TOTALE</b>	<b>144127</b>	<b>0.1765</b>

*C. CR Santé et Capital naturel -*

Le coût de traitement des eaux des puits avoisinantes à la décharge est estimé à 7545 USD par an soit 0,0092% de VA. Le coût de l'installation d'un système de traitement de lixiviat est estimé à 2255 USD soit 0,0028% de VA avec un coût de fonctionnement de 90117 USD par an soit 0,1103% de VA selon les expert du groupe PIZZORNO environnement qui se charge de la gestion des déchets solides au niveau d'El Jadida. Ces coûts correspondent aux actions à mettre en œuvre pour remédier aux impacts sur la santé et la qualité de vie des riverains

**Tableau 3 :** Coûts annuels des actions de remédiation relatifs au secteur 'eau' par catégorie économique

Catégorie économique	USD/an	% VA
<b><u>Santé   Qualité de vie :</u></b>		
-Potabilisation des eaux des puits avoisinantes	7545	0,0092
<b><u>capital naturel</u></b>		
-Coût d'installation (amortissement sur 20ans)	2255	0.0028
-Coût de fonctionnement	90117	0,1103
<b>TOTALE</b>	<b>99917</b>	<b>0,1223</b>

### II.3.2. Sol et Paysage

#### A. CDI - Capitale naturelle

Devant l'absence d'un système de protection adéquat des terrains destinés au stockage des ordures ménagères, la municipalité doit faire face au coût de dommage touchant le sol, ce dernier est estimé par le coût de décontamination de sol exploité (4.66 ha) par la décharge, soit 15.96 USD /m<sup>2</sup> durant 20 ans d'exploitation. Cette perte est égale à 37191 USD/an soit 0.0455% de VA. Le coût de dégradation des terres de culture peut être estimé à travers la valeur de la production agricole perdue suite à une diminution de la productivité de la terre. Ainsi Le coût de baissement de productivité agricole des terres avoisinantes à la décharge est de 17075USD/an soit 0.0209% de VA.

Dans cette étude, un marché hypothétique décrit les dangers de dégradation qui menace le site, et prévoit d'une part un aménagement pour assurer la durabilité des qualités esthétiques ainsi que des fonctions et services écologiques du site. L'enquête menée consistait à demander aux citoyens leur disposition à payer pour contribuer à l'opération de préservation du site. L'étude a révélé un DAP moyen de 26.40 USD par ménage et par an [4] multiplié par les 88 ménages de la commune d'Ouled Rahmoune. Ainsi le coût total d'amélioration du paysage serait de 2325 USD/an soit 0.0028 % de la VA.

Le coût relatif à la perte de la valeur des terres avoisinantes à la décharge est estimé en 1693USD/an sur une durée de 20 ans pour 300 ha. De ce fait le coût total annuelle des dommages relatif à la dégradation du sol est de 58284 USD par an soit 0.0713% de la VA.

#### B. CR – Capitale naturelle

Le coût de remédiation correspond au coût de réhabilitation des sols dégradés au niveau de la décharge. Ce dernier est estimé à partir de l'investissement réalisé au niveau de la décharge d'El-Jadida soit d'environ 150489 USD/ha [4]. Ainsi le coût de réhabilitation de 4.66 ha occuper par la décharge et amorti sur 20 ans d'exploitation est de 37622 USD par an soit 0.04606% de VA.

**Tableau 4:** Coûts annuels des dommages relatifs au secteur 'sol' par catégorie économique

Catégorie économique	USD/an	% VA
<b>capital naturel</b>		
- Contamination de sol	37191	0.0455
- Baisse de productivité agricole	17075	0.0209
- amélioration du paysager	2325	0.0028
- Perte de valeur des terrains avoisinant la décharge	1693	0.0021
TOLAIE	58284	0,0713

### II.3. 3. Air

#### A. CDI - Santé | Qualité de vie

Au Maroc, la pollution de l'air constitue un problème majeur et porte atteinte à la santé des citoyens. La décharge d'Azemmour est l'un des facteurs contribuant à la pollution de l'air dans la zone considérée. Les émissions qui en résultent engendrent des maladies respiratoires pour les riverains et la population de la commune rurale et la ville d'Azemmour à long terme.

Dans le cas du Maroc, l'étude se base sur l'approche d'un indicateur commun, le DALY, est utilisé. Cet indicateur convertit les impacts de la pollution de l'air en un nombre d'années perdues à cause de la pollution de l'air. Comme il n'existe pas d'étude sur la pollution engendrée par la décharge, notre étude estime le DALY adapté en proportion de la population:

- Pollution extérieure de l'air correspond à l'impact de la pollution de l'air sur l'habitation de la commune d'Ouled Rahmoune à long terme du au faite que la pollution de l'air n'est pas localisée est plutôt dispersive.

En se basant sur le DALY perdu à cause de la pollution de l'air le coût est estimé à 139395 années perdu pour une population urbaine de l'ordre de 30 436 000 habitants [4]. La population de la commune est de 18999 habitants, en tenant compte que 20% de cette population sont affecté par la pollution de l'air, le DALY correspond est de 17.47 ans. Le coût de cette pollution est estimé en calculant le DALY perdu en le multipliant par 2 149 USD (PIB par habitant). Ainsi le coût est d'environ 37542USD soit 0.0460% de VA.

- Pollution intérieure de l'air correspond à l'impact de la pollution de l'air sur l'habitation avoisinante de la décharge, puisque le nombre d'habitant dans le périmètre de 3Km<sup>2</sup> autour de la décharge est estimé de 414 habitants, on aura de même le coût qui correspond à cette pollution soit 4 353 USD qui correspond à 0.0053% VA.

A ces valeurs il s'ajoute le coût qui reflète la disposition à payer (DAP) par la population avoisinante de la décharge pour réduire l'impact de la pollution de l'air sur la santé et d'améliorer la qualité de vie dans la zone autour la décharge [13]. La valeur retenue dans cette étude est de 26.4 USD par ménage par an multiplie par 88 nombre de ménage dans la commune d'Ouled Rahmoune, afin dévalué le coût de l'amélioration de la qualité de vie avoisinante à la décharge soit 2325 USD par an qui correspond à 0.0028% de VA.

**Tableau 6:** Coûts annuels des dommages relatifs au secteur 'air' par catégorie économique

Catégorie économique	USD/an	% VA
<b>Santé   Qualité de vie :</b>		
- Santé   Pollution extérieure	37542	0.0460
- Santé   Pollution intérieure	4353	0.0053
-Qualité de vie   Zones décharges	2325	0.0028
TOLALE	44220	0,0541

#### B. CR – Santé et capital naturel

Le coût de remédiation dans le domaine de l'air est estimé par le coût d'investissement pour la préservation de la santé des employées par l'utilisation des équipements de protection individuelle de l'ordre de 46.15 USD par an pour chaque employée, c'est-à-dire 2 169 USD par an pour 47 employées soit 0.0027 % de VA. A ces valeurs il s'ajoute le coût d'installation du trois bio-filtre de capacité de 2 à 7 m<sup>3</sup>/h soit 300 000 USD pour chaque bio-filtre [14] amorti sur 20 ans d'exploitation. De ce fait le coût total d'installation correspond à 45000 USD par an soit 0.0551% de VA.

**Tableau 7 :** Coût annuel des actions de remédiation relatifs au secteur 'air' par catégorie économique

Catégorie économique	USD/an	% VA
<b>Santé   Qualité de vie :</b>		
- Santé & Hygiène   prévention	2169	0.0027
<b>Qualité naturel :</b>		
-installation de bio-filtre	45000	0.0551
TOLALE	47169	0.0578

### II.3.4 Gestion des Déchets :

#### A. CDI - Inefficiences des ressources

Le coût des inefficiences des ressources relatif aux déchets est estimé par le coût annuel de la mise en décharge qui est d'environ 102 991 USD par an soit 0.1261 % de VA et la DAP pour une meilleure propreté inspiré de la

taxe d'édilité d'environ 247 336 USD par an soit 0,3028 % de VA. Finalement le coût des inefficiences des ressources est de l'ordre de 350327 USD par an soit 0.4289% VA.

**Tableau 8:** Coûts annuels des inefficiences des ressources des relatifs au secteur 'Déchets' par catégorie économique

Catégorie économique	USD/an	% VA
<b><u>Inefficiences dans les ressources :</u></b>		
- Déchets mélangés en décharge	102991	0.1261
- DAP des ménages pour meilleure propreté	247336	0,3028
TOTALE	350327	0.4289

*B. CR - Inefficiences des ressources*

Dans cette étude, Le coût de remédiation relatif au secteur déchets correspond à l'investissement pour la réalisation d'un plan adéquat pour la gestion des déchets comprenant :

1. Le tri à la source des déchets : le coût de cette opération est estimé par la distribution d'environ 80 poubelles dans le réseau de collecte avec un coût de 100 USD par poubelle par an soit d'environ 8000 USD par an soit 0.0098% de VA.
2. Transport des déchets : Le coût de transport des déchets de la ville d'Azemmour vers la décharge de Ouled Rahmoune correspond est d'environ 5.42 USD/T alors que les frais de la mise en décharge publique des résidus des déchets est de 11.29 USD par tonne des déchets [4]. De se fait le coût relatif au transport des déchets est de 83423 USD par an soit 0.1021%de la VA.
3. Le coût du système du traitement et de son installation de 70% des déchets biodégradables, sous forme d'andains, est estimé à 65 USD/T [15]. Le coût de fonctionnement de ce système est estimé à 52 USD/T [15, 16]. Le traitement par compostage est estimé par la multiplication de ces chiffres par le tonnage annuel des déchets fermentescibles de la municipalité d'Azemmour. De ce fait le coût totale de traitement des déchets par compostage est d'environ 747338 USD par an soit 0.9150% de la VA.
4. les gains annuels du au recyclage des matériaux organique et non organique sont :
  - Pour la matière non organique (18% des déchets) le revenu annuel est estimé à 185384 USD soit -0,2270% de VA selon l'avis des experts.
  - Pour la matière organique (70% des déchets biodégradables) le revenu annuel de compost produit est estimé à 225.73 USD par tonne de matière sèche avec environ 20 % d'humidité [17] soit un gain de 504 656 USD par an (soit -0,6179 % de VA).

Le coût de remédiation global selon notre plan de gestion est 148721 USD /an soit 0.1820% de la VA.

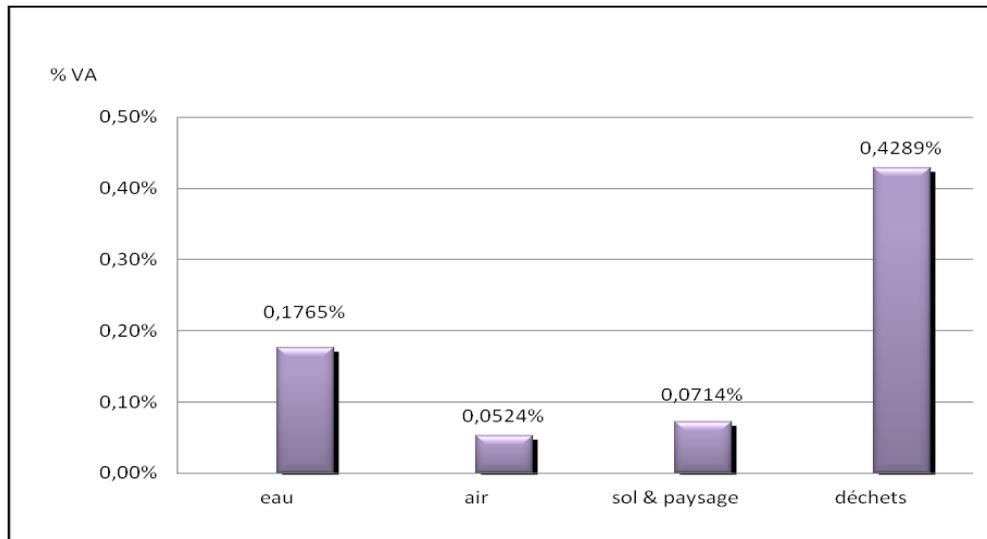
**Tableau 9:** Coût annuel des actions de remédiation relatifs au secteur 'Déchets' par catégorie économique

Catégorie économique	USD/an	% VA
<b><u>Inefficiences dans les ressources</u></b>		
-tri à la source	8000	0.0098
-transport des déchets	83423	0.1021
-traitement des déchets par compostage	747338	0.9150
-Déchets recyclé	-185384	-0,2270
-compost	-504656	-0.6179
TOTALE	148721	0.1820

### III. Synthèse des résultats

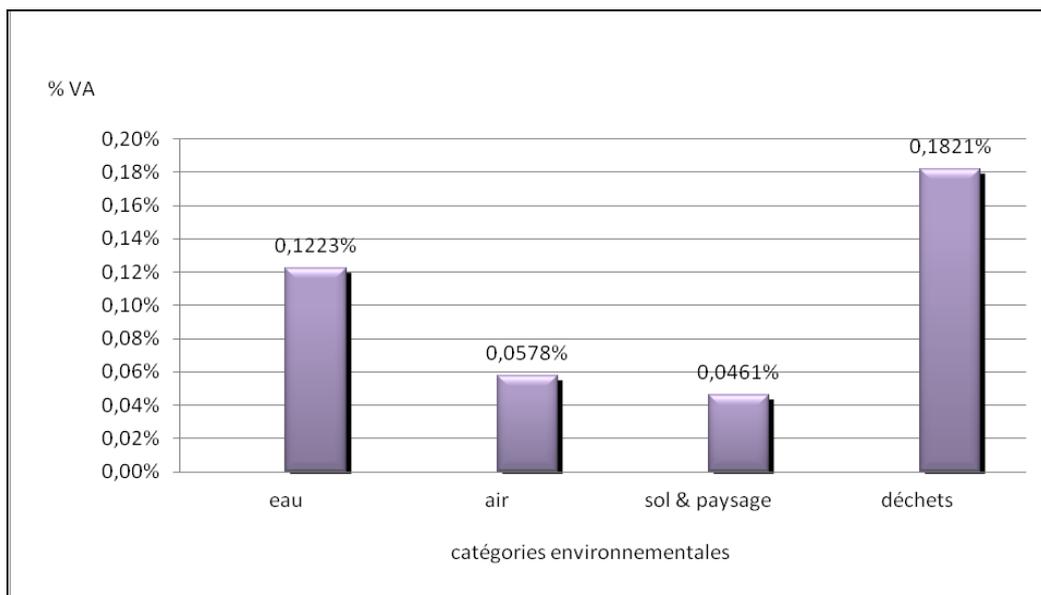
#### III-1 Répartition des CDI et CR par domaine environnementale

Les CDI pour l'année 2008 représentent 0,7292% de la valeur ajoutée de la municipalité d'Azemmour ce qui représente près de 599917,55 USD. La figure 1 présente les CDI par domaine environnemental. C'est le domaine de déchets que les dommages et inefficiences sont les plus élevés, suivi de l'eau, de sol et paysage et de l'air. En effet Ainsi les secteurs déchet, eau, sol et paysage et air contribue respectivement par à 0.43%, 0,17%, 0.07 % et 0.05% de la VA.



**Figure 1 :** Coûts des dommages et des inefficiences CDI par domaine environnementales- Azemmour – 2008

Les CR total se chiffrent à 0,4082% de la VA soit un montant d'environ 333429,82 USD. La figure 2 montre la répartition des coûts des atténuations apportées pour remédier aux dommages et des inefficiences relatifs à chaque domaine environnemental. Ainsi les secteurs déchet, eau, air et sol et paysage contribue respectivement par 0.18% , 0,12% , 0.05 % et 0.04% de la VA.



**Figure 2 :** Coûts de remediation CR par domaine environnementales- Azemmour- 2008

### III-2 ratio CDI/CR : bénéfice net de remédiation

D'après la figure 3 on constate que les investissements relatifs au secteur déchets, sol et eau sont bénéfique à long terme. En effet, pour chaque 1 USD dépensé on gagne 2.36 USD dans le secteur de déchets, 1,55 USD pour le secteur sol et 1.44 pour le secteur eau. Les remédiassions apportées dans le cadre de cette étude permettent de mettre en évidence que la bonne gestion de déchets solides domestiques de la commune d'Azemmour pourra réduire les dépenses par les recettes générées par les activités créent au niveau de la décharge (recyclage des métaux, des verres, carton, plastique et compostage de la matière biodégradables). De ce faite les inefficiences relatives à la gestion actuelle des déchets de la ville d'Azemmour seront améliorées et par conséquent le capitale naturel sera sauvegardé (impact minimal sur la qualité du sol, des eaux et de l'air) et la qualité de vie sera également amélioré.

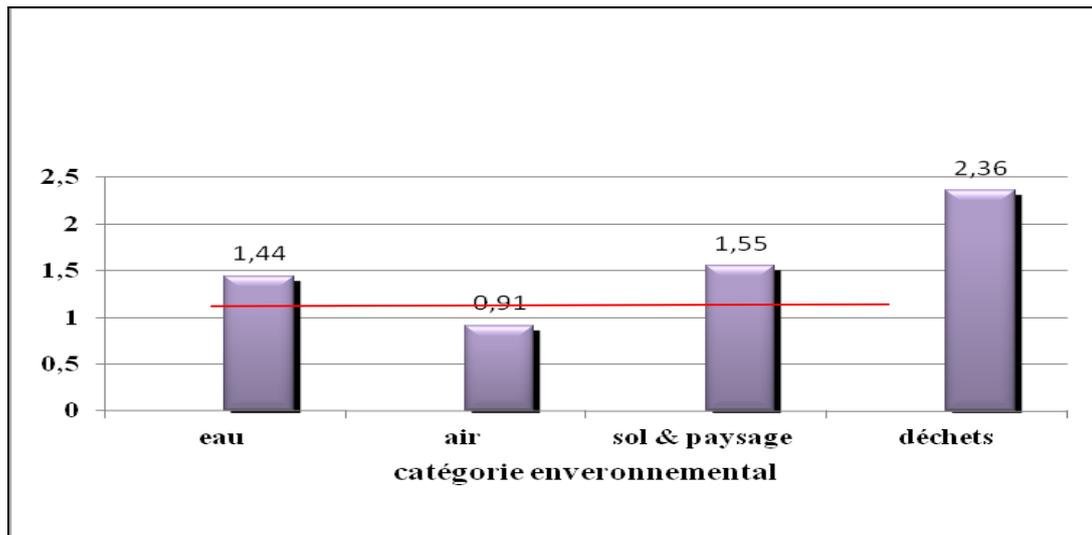


Figure 3 : Ratio CDI/CR par domaine environnemental- Azemmour- 2008

## IV. Recommandation

### IV.1 Système de gestion recommandé (proposé)

Le système alternatif de la gestion de déchets solides urbains recommandé à été choisi parmi 18 systèmes alternatifs en se basant sur l'analyse multicritère [18] (projet Life 06TCY/MA/254 : WasteSUM). Il comprend :

- Le tri à la source des déchets;
- Le compostage de 70% des déchets biodégradables (selon le type de déchets) ;
- Recyclage de 18% des déchets
- Le dépôt des résidus dans la décharge publique d'El Jadida, qui se trouve à 20km au sud de la décharge d'Ouled Rahmoune.

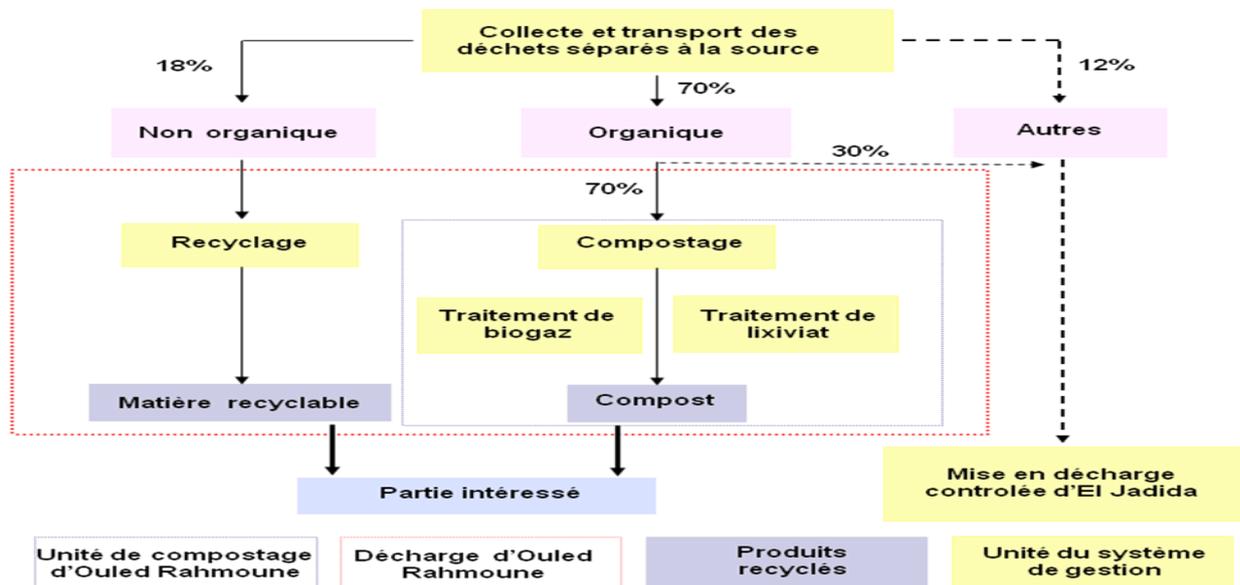
On suppose que :

- i. Le compostage aura lieu à Ouled Rahmoune, sur une zone ouverte, qui est utilisée depuis 2006 comme décharge non contrôlée ;
- ii. La réhabilitation de la décharge aura lieu ;
- iii. Traitement des lixiviats en conditions aérobies ;
- iv. Traitement des biogaz par biofiltre.

### IV.2 Bilan économique de la gestion des déchets actuelle et recommandée

D'après le tableau 10 on remarque que le système de gestion alternatif des déchets solides au niveau de la municipalité d'Azemmour, demande un investissement d'installation des différentes unités de traitement évalué à 1378011 USD. Ce système présente plusieurs avantages par rapport au système actuel. En effet la décharge sauvage d'Azemmour a un impact sévère sur la santé et la qualité de vie, pour les personnes habitants à proximité, évalué à 49180USD/an et une dégradation du capital naturel (eau, air et sol) évaluée à 200411USD/an. Cependant le système de gestion proposé permet d'une part de réduire les impacts sur

l'environnement par le traitement des lixiviats, la biofiltration des biogaz et le compostage de la matière organique et d'autre part de valoriser les matériaux organiques et non organiques recyclables dont les valeurs ajoutées sont respectivement 504556 USD/an et 185384 USD/an.



**Tableau 10** : Bilan global de l'évaluation environnementale et économique des deux systèmes étudiés.

<b>Système de gestion actuel des déchets solides de la municipalité d'Azemmour (décharge sauvage)</b>		
les opérations	les dépenses (USD/an)	les recettes (USD/an)
la collecte et la mise en décharge	102 991	----
Coûts des dommages	Santé et qualité de vie	49 180
	Capitale naturel	200 411
taxe d'édilité	----	-247 336
<b>Total moyen pour 2010</b>	<b>352 582</b>	<b>-247 336</b>
<b>Système de gestion des déchets solides recommandé pour la municipalité d'Azemmour</b>		
Investissement pour l'installation du système de gestion recommandée	1378011	USD
les opérations	les dépenses (USD/an)	les recettes (USD/an)
Investissement pour l'installation du système de gestion alternatif amortie sur 20ans	462443	USD/an
Tri à la source	8000	----
Transport	83 423	----
fonctionnement	traitement de lixiviat	90117
	traitement par compostage	332 150
recyclage	Matière organique	----
	Matière non organique	----
taxe d'èlidité	----	-247 336
dépense pour la protection de la santé et l'amélioration de la qualité de vie	9714	----
<b>Total moyen pour 2010</b>	<b>985847</b>	<b>-937375</b>

D'après le tableau 11 on remarque que le premier système de gestion des déchets solides présente un défaut de recouvrement supérieur au deuxième système et la différence annuelle moyenne est estimée à -56774 USD. Ainsi le système de gestion recommandé présente des avantages économiques et environnementaux.

**Tableau 11:** Bilan financier des deux systèmes de gestion pour l'année 2010

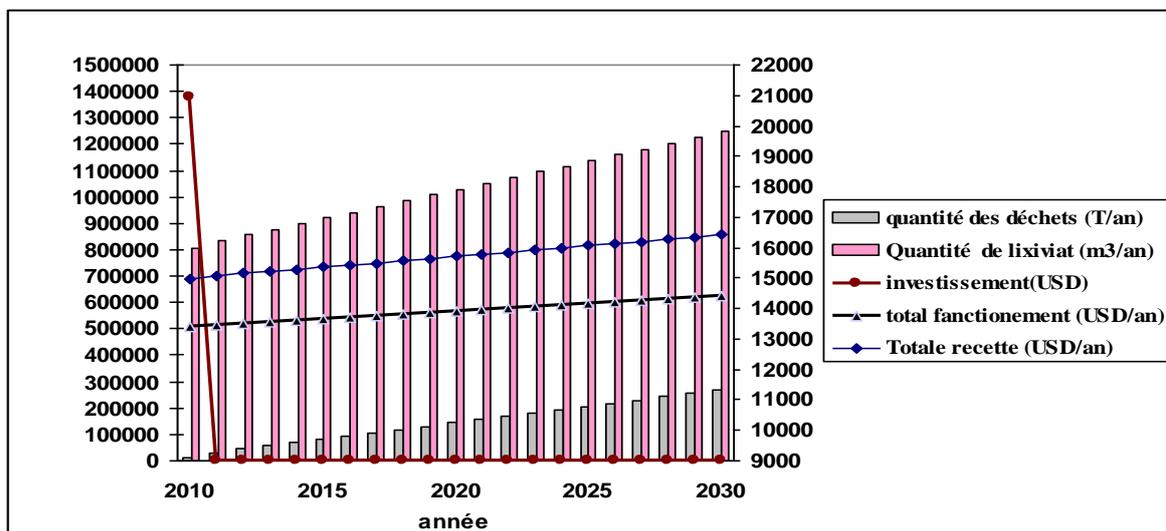
Système de gestion	Dépenses (USD/an)	Recette (USD/an)	Bilan (recette+dépense)
actuel	352 582	-247 336	105 246
recommandé	985847	-937 375	48472
recommandé - actuel	633265	-690040	-56774

### V. Analyse économique du système de gestion recommandé

Dans le cadre de cette évaluation, l'analyse économique du système de gestion alternatif permet d'évaluer l'efficacité économique du projet, du point de vue économique, par rapport à l'état actuel. Cette analyse est basée sur l'évaluation des trois critères à savoir le coût de fonctionnement du système, les recettes et de l'amortissement de l'investissement sur 20 ans.

L'estimation de l'évolution des coûts de fonctionnement et les recettes est basée sur l'évolution de la quantité des déchets et de lixiviat produite.

L'évolution de la quantité des ordures ménagères, est estimée en tenant compte de l'accroissement annuel de 1,2 % de la population et la production de 0,63 kg/habitant/jour [8]. Cependant la quantité de lixiviat est estimée en tenant compte des quantités annuelles des déchets produites, de leur densité (0.4t/m<sup>3</sup>), et de leur taux d'humidité [6]. La figure 3 montre que la variation annuelle des quantités des déchets solides, des quantités des lixiviats, des coûts de fonctionnement et des recettes augmente linéairement d'une année à une autre. Ainsi on remarque que les recettes recouvrent les coûts totaux de fonctionnement dès la première année de la mise en œuvre du système de gestion alternatif.



**Figure4 :** Evolution interannuelle des coûts de la gestion des déchets solides du système proposé

La variation interannuelle du bilan économique est présentée dans la figure 5. Il en ressort que l'amortissement de l'investissement initial est possible à partir de la dixième année de fonctionnement. Cependant on remarque que l'évolution annuelle des recettes est plus importante comparativement aux coûts de fonctionnement (figure 4). Ainsi le système de gestion alternatif deviendra de plus en plus rentable durant les dix dernières années de fonctionnement.

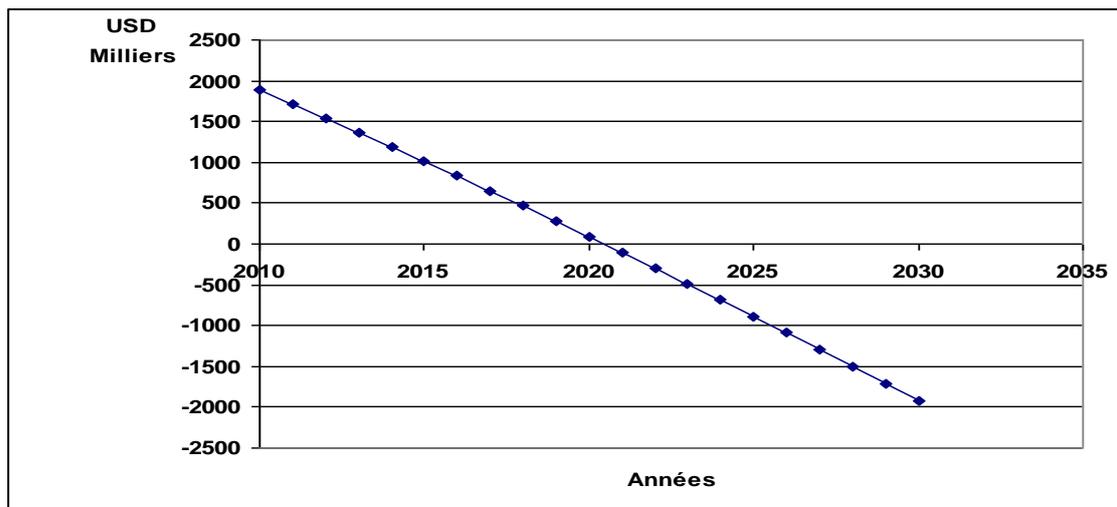


Figure 5: Variation interannuelle du bilan économique du système de gestion alternatif

### Conclusion :

Cette étude montre que le coût de dégradation de l'environnement dus à la gestion actuelle des déchets solides de la municipalité d'Azemmour a été évalué à 599918 USD/an soit 0.73 % du VA de la municipalité. La pollution des eaux souterraines contribue par 0.17 % de la VA, les inefficiences relatives à la gestion des déchets solides de la municipalité d'Azemmour contribue par d'environ 0,43% VA, la dégradation de l'air contribue par 0.05 % de la VA et la dégradation du sol et du paysage contribue par 0.07% de la VA. Le rapport des coûts/bénéfices ( $CDI/CR > 1$ ) indique que les secteurs environnementaux qui entraîne les plus grands coûts de dégradation, et qui exigent une intervention prioritaire sont le secteur des déchets, le secteur de l'eau et le secteur de l'air. L'investissement pour la mise en place du système de gestion recommandé des déchets solides comprend : le tri à la source des déchets solides urbains, le compostage de 70% des déchets biodégradables, le recyclage de 18% des déchets non organique, le traitement de lixiviat et de biogaz et la réhabilitation de la décharge est susceptible de réduire les impacts environnementaux de 266488 USD/an soit 0,32% de la VA. Ce système contribue également à l'amélioration de la qualité de vie de la population, à la protection de la santé humaine et l'environnement en générale.

La comparaison et l'analyse économique des systèmes de la gestion des déchets solides actuel et recommandé montre que ce dernier apparaît comme le plus économique même s'il nécessite des coûts d'investissement et de fonctionnement plus élevés pour sa mise en œuvre. Cependant on note que les recettes de ce système recommandé de gestion dépassent les coûts de fonctionnement à partir de la première année. Par ailleurs, l'amortissement de l'investissement initial est possible à partir de la dixième année de fonctionnement. De ce fait le système de gestion recommandé aura moins d'impact sur l'environnement, économiquement plus viable et il deviendra de plus en plus rentable durant les dix dernières années de fonctionnement.

### Bibliographie

1. SADIN , Projet Lif03 TCY/MA/000050. Rapport final sur l'Epidémiologie, Décembre 2005
2. Gonzague Pillet, Economie de l'environnement, Ecologie de l'économie, Ed. Helbing & Lichtenbahn, Bâle, 2006, Ouvrage.
3. Daguet S, Maradan D, Matton F, (2008), Guide de l'analyse économique-environnementale, novembre 2008 ecosys, Genève.
4. Enseignants chercheurs de l'UCD, (2009).Séminaire, analyse méso-économique des coûts et bénéfices environnementaux du Grand El jadida, sous la supervision de Dr D. Maradan (ecosys), de S.Daguet (Ecosys) et de K.Zien (sba).le 20 janvier 2009 provaince El Jadida.
5. Morocco Data Profile, World Development Indicators Database, April 2008.
6. Banque mondiale., (2003). Evaluation du coût de la dégradation de l'environnement du Maroc Rapport N°. 25992-MOR.
7. Municipalité d'Azemmour, (2008), Rapport du service d'assainissement solide de la ville d'Azemmour

8. R.G.P.H., nouveau recensement générale de la population et de l'habitation 2004. Population légale des municipalités et communes rurales du Royaume du MAROC Royaume du Maroc.
9. Bourrggab., (2005). Reconnaissance de l'état initial du site de la future décharge intercommunal d'El Jadida-Moulay Abdelleh (Maroc) : Géologie, Hydrogéologie, Geoélectrique et Géochimie. Mémoire DESA, Univ. Chouaib Doukkali. El Jadida.
10. Sadoff. C., The price of dirty water: pollution costs in the Sebou Basin .World Bank 1996.
11. Kili M ., ELMansouri B., Taky A., Chao J., (2006), Nouvelle approche d'estimation des prélèvements d'eau d'irrigation à partir des ressources souterraines : cas de la nappe côtière du Gharb. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre, 2006, n°28, 31-39.
12. Esrey. J. B., Potash, L. Roberts et C. Schiff, Effects of Improved Water Supply and Sanitation Ascariasi, Diarrhea, Dracunculaisis, Hookworm Infection, Schistosomiasis, and Trachoma, OMS, 1991.
13. Banque mondiale, (1999). Implementation completion report, kingdom of Morocco second forestry development projet, Rapport N°19212.
14. Critt Innophyt, (2000) Guide pratique du recyclage des solutions nutritives en culture de concombre sur substrat, Ouvrage.
15. MAROCOMP, projet Life06 TCY/MA/000141, Suggestions pour le développement d'un plan de gestion des déchets solides, rapport Avril 2010
16. Diaz L.F., Savage G. M., and Golueke C. G. (2002) Handbook of Solid Waste Management (2nd edition, in Tchobanoglous G and Keith, R., Ed. McGraw-Hill, New York.
17. MAROCOMP, projet Life06 TCY/MA/000141, Marché du Compost à base de boues d'épuration des eaux usées au Maroc, rapport April 2008
18. WasteSUM, projet Life06 TCY/MA/254, Multi-criteria analysis and ranking of alternative waste technologies /management systems. Rapport 2008.

(2012) <http://www.jmaterenvirosci.com>