

Rapport No 25992-MOR

**ROYAUME DU MAROC
EVALUATION DU COUT DE LA
DEGRADATION DE L'ENVIRONNEMENT**

30 Juin 2003

Bureau Régional Moyen-Orient & Afrique du Nord
Département Eau, Environnement, Développement Social et Rural



Document de la Banque mondiale

Equivalence des Monnaies
(Référence Janvier 2003)

Unité monétaire = Dirham marocain (Dh)
EU\$1.00 = 10.4 Dh

Année Fiscale
1er Juillet – 30 Juin

Vice-président:	Jean-Louis Sarbib
Directeur Maghreb:	Théodore O.Ahlers
Directeur Secteur:	Letitia A. Obeng
Chef de Projet:	Maria Sarraf

Remerciements

Ce rapport a été préparé par une équipe composée de Mme Maria Sarraf (Chef de projet) du Département du Développement Rural, de l'Eau, de l'Environnement, au Bureau Régional du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord à la Banque mondiale, M. Mohammed Belhaj (Consultant, économiste de l'environnement), et M. Abdeljaouad Jorio (Consultant, économiste de l'environnement).

L'équipe aimerait remercier pour leur appui S.E. M. Mohamed El Yazghi, Ministre de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement (MATEE); M. M'hamed El Morabit, Secrétaire d'Etat Chargé de l'Environnement; M. Ahmed Bouhaouli, Secrétaire Général du Secrétariat d'Etat chargé de l'Environnement; M. Taha Belafrej, Directeur du Secrétariat d'Etat chargé de l'environnement; M. Abdelfetah Sahibi, Chef de la Division de la Coopération internationale, et M. El Hassan Doumi, Administrateur, Division de la Coopération Internationale. L'équipe tient à exprimer sa reconnaissance à toutes les personnes et institutions consultées dans le cadre de la préparation de l'étude.

Des contributions et observations ont été fournies par M. Shérif Arif (Coordinateur régional pour l'environnement), M. Aziz Bouzaher (Economiste principal de l'environnement et collègue examinateur), M. Bjorn Larsen (Consultant, économiste de l'environnement), et M. Anil Markandya (Economiste principal de l'environnement et collègue examinateur). L'équipe aimerait également remercier Mesdames Sylvie Pittman et Nelly Baroudy qui ont édité le rapport.

Table des matières

Acronymes.....	vi
Abstract (Résumé en anglais)	
1. Introduction.....	2
1.1 Contexte politique, économique et social	
1.2 Contexte environnemental	
1.3 Coût de la dégradation de l'environnement	
2. Cadre méthodologique	6
2.1 Définition	
2.2 Approche méthodologique générale	
2.3 Catégories d'analyse	
2.4 Hypothèses	
2.5 Evaluation monétaire	
2.6 Coûts des dommages et coûts de remplacement	
2.7 Analyse marginale	
3. Eau.....	11
3.1 Les ressources en eau	
3.2 Eau et environnement	
3.3 Coût de la dégradation	
3.3.1 Santé et qualité de vie	
3.3.2 Capital naturel	
3.4 Coût de remplacement	
4. Air	17
4.1 Sources de pollution	
4.2 Pollution de l'air et de l'environnement	
4.3 Coût de la dégradation de la qualité de l'air	
4.3.1 Pollution extérieure de l'air	
4.3.2 Pollution intérieure de l'air	
4.4 Coût de remplacement	
5. Sols et forêts.....	24
5.1 Dégradation des sols	
5.1.1 Méthode d'estimation de la dégradation des sols	
5.1.2 Dégradation des terres agricoles	
5.1.3 Dégradation des terres de parcours	
5.1.4 Coût total de la dégradation des sols	
5.2 Déforestation	
5.2.1 Pressions sur la forêt	
5.2.2 Les fonctions de la forêt	
5.2.3 Estimation du coût de dégradation de la forêt	
5.3 Coût de Remplacement	
6. Déchets	31
6.1 Pressions sur l'environnement	
6.2 Coût de la dégradation	
6.2.1 Impact sur la santé	
6.2.2 Impact sur les ressources naturelles	
6.2.3 Coût total des dommages	

7.	Littoral et environnement global	34
	7.1 Le littoral	
	7.1.1 Littoral et environnement	
	7.1.2 Coût de la dégradation	
	7.2 Environnement global	
8.	Conclusion	38
	Bibliographie	40

Annexes

Annexe I	Estimations des coûts des dommages et des coûts de remplacement
Annexe II	Estimations détaillées de la pollution de l'air intérieure et extérieure, de l'eau, des sols et des forêts, et du littoral.

Liste des Tableaux

Tableau 1.1	Quelques indicateurs de performance, 2000
Tableau 2.1	Données économiques, 2000
Tableau 3.1	Evolution des rejets liquides 1992-2020
Tableau 3.2	Eau: coûts annuels des dommages (estimation moyenne, 2000)
Tableau 3.3	Eau: estimation des coûts annuels de remplacement
Tableau 4.1	Données démographiques et de transport 1970-2000
Tableau 4.2	Consommation bois énergie (1994)
Tableau 4.3	Air: Ratios dose-réponse
Tableau 4.4	Air: estimation des DALYs
Tableau 4.5	Air: coûts annuels des dommages (estimation moyenne, 2000)
Tableau 4.6	Air: coûts annuels de remplacement
Tableau 5.1	Sols: degrés de dégradation
Tableau 5.2	Sols: degrés, étendue et classes de dégradation selon la FAO
Tableau 5.3	Dégradation des terres au Maroc (FAO, 2000)
Tableau 5.4	Dégradation des sols due aux activités agricoles au Maroc (FAO, 2000)
Tableau 5.5	Estimation du coût de la dégradation des terres de culture
Tableau 5.6	Répartition des terres de parcours (millions d'hectares)
Tableau 5.7	Estimation de la perte de production fourragère
Tableau 5.8	Estimation du coût de dégradation des terres de parcours, 2000
Tableau 5.9	Valeur d'usage et de non-usage de la forêt
Tableau 5.10	Sols et forêts: coûts annuels des dommages (estimation moyenne, 2000)
Tableau 5.11	Coûts annuels de remplacement
Tableau 6.1	Estimation de la production de déchets solides, 2000.
Tableau 6.2	Impacts environnementaux des déchets
Tableau 6.3	Estimation de la quantité d'eau polluée par le lixiviat
Tableau 6.4	Déchets: coûts annuels des dommages (estimation moyenne, 2000)
Tableau 7.1	Entrées des touristes au Maroc entre 1995 et 1999 (000)
Tableau 7.2	Evolution des captures de la pêche côtière entre 1995 et 2000 (tonnes)
Tableau 7.3	Littoral: Coûts annuels des dommages (estimation moyenne, 2000)
Tableau 8.1	Coûts annuels des dommages (estimation moyenne, 2000)

Liste des Figures

Figure 8.1	Coûts annuels des dommages par catégorie environnementale en 2000 (estimation moyenne, %PIB)
Figure 8.2	Coûts annuels des dommages par catégorie économique en 2000 (estimation moyenne, %PIB)

Liste des Encarts

Encart 1	expliquant la différence entre les coûts de la dégradation de l'environnement estimés dans la Stratégie de 1992 et ceux du présent rapport.
----------	---

Acronymes

DALY	Disability adjusted life years (Année de vie corrigée du facteur invalidité)
Dh	Dirham marocain
CAP	Consentement à payer
CDR	Coûts de remplacement
CMPP	Centre marocain de production propre
DBO5	Demande biochimique en oxygène (après 5 jours)
DCO	Demande chimique en oxygène
EIE	Etude d'impact sur l'environnement
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FNE	Fonds national de l'environnement
FODEP	Fonds de dépollution industrielle
n.d.	Non disponible
m ³	Mètres cubes
MADR	Ministère de l'agriculture et du développement rural
MADREF	Ministère de l'agriculture, du développement rural et des eaux et forêts
MAMVA	Ministère de l'agriculture et de la mise en valeur agricole
MATEE	Ministère de l'aménagement du territoire, de l'eau et de l'environnement
METAP	Programme d'assistance technique pour l'environnement pour la région méditerranéenne
MENA	Région Moyen-Orient et Afrique du Nord
OCDE	Organisation de coopération et de développement économique
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONEM	Observatoire national de l'environnement du Maroc
MPS	Matières et particules en suspension
MVC	Méthode de la valeur contingente
PM ₁₀	Particulate matter (Matières et particules en suspension de moins de 10 millièmes de mm)
ql	Quintal
qx	Quintaux
PANE	Plan d'action national pour l'environnement
PIB	Produit intérieur brut
PNUD	Programme des nations unies pour le développement
PS	Particules en suspension
REEM	Rapport sur l'Etat de l'Environnement au Maroc
SIDE	Système d'information et données sur l'environnement
SO ₂	Dioxyde de soufre
TEP	Tonne équivalent pétrole
UF	Unité fourragère
VNU	Valeur de non-usage
VU	Valeur d'usage
\$EU	Dollars des Etats Unis

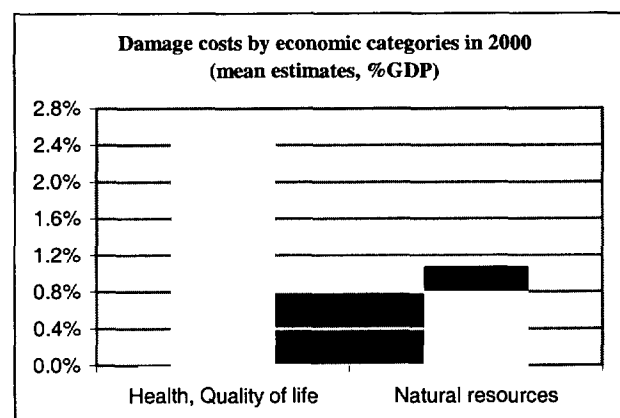
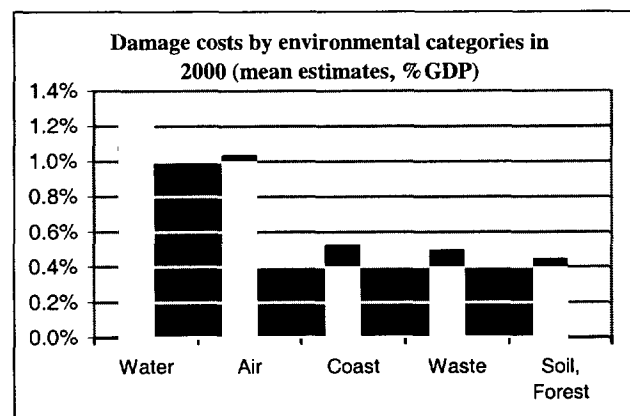
Abstract (Résumé)

This report is the first step in a process toward using environmental damage cost assessments for priority setting and as an instrument for integrating environmental issues into economic and social development. The report provides estimates of damage cost for several areas of the environment. The estimates should be considered as orders of magnitude and a range is provided to indicate the level of uncertainty. As areas of priority are identified, further analysis will be required for more accurate estimates.

The annual damage cost of environmental degradation in Morocco in 2000 is estimated at 2.75 – 4.65 percent of GDP with a mean estimate of 3.7 percent of GDP¹, or close to Dh 13 billion per year. The cost of water resource degradation, and inadequate potable water, sanitation and hygiene is assessed at 1.0-1.45 percent of GDP. The cost of air pollution, both indoor and outdoor, is estimated at 0.6-1.5 percent of GDP. The costs of coastal zone degradation, inadequate solid waste management and soil degradation are estimated at around 0.5 percent of GDP. Of total damage about 70 percent is from damage to health and quality of life, and 30 percent from natural resource degradation. Global damage associated with climate change caused by emissions of carbon dioxide is estimated to be almost 0.9 percent of GDP.

It should be noted that the damage cost of environmental degradation has not been estimated in several areas of the environment due to data limitations. These areas include industrial, hazardous and hospital waste

disposal, unsanitary landfills, degradation of natural ecosystems and biodiversity, and groundwater resource degradation and over-extraction. In addition and due to the complexity of the problem, the report only partially captures damage resulting from soil degradation. The report points to the need to further assess and quantify current and potential future damage costs related to those impacts.



¹ A similar exercise was undertaken in other Middle Eastern and North African countries. The results showed that the average environmental damage cost in Egypt was estimated at 4.8% of GDP in 1999 (World Bank, 2002), at 3.6% in 1999 in Algeria (MATE, 2002), at 3.5% in 2001 in Syria (unpublished METAP report), at 3.4% in 2000 in Lebanon (unpublished METAP report), and at 2.1% in 1999 in Tunisia (unpublished METAP report).

1. Introduction

1.1 CONTEXTE POLITIQUE ECONOMIQUE ET SOCIAL

1.01 Le Maroc connaît actuellement une transition politique vers le renforcement de l'Etat de droit et le respect des libertés fondamentales. L'ouverture politique des responsables ainsi que l'émergence et le développement de la société civile permettent d'espérer un approfondissement du processus démocratique en cours au Maroc. Un des points forts de cette transition est l'engagement de l'Etat marocain à respecter les droits de l'Homme tels qu'ils sont « universellement reconnus », engagement inscrit en toutes lettres dans sa constitution de 1992 et confirmé par celle de 1996. Dans ces conditions, il y a lieu de citer aussi la décentralisation qui induit un nouveau partage des responsabilités entre niveau central et niveau local. Elle permet aux collectivités locales de participer au processus de développement, participation déjà prévue dans la charte communale de 1976 et que le nouveau texte viendra renforcer. La régionalisation, prévue par la loi 47/96, s'inscrit, elle aussi, dans cette transition, en encadrant l'action des collectivités par la mise en place d'un plan de développement régional.

1.02 Au cours des années 80, la mise en place du programme d'ajustement structurel et des politiques qui s'en inspirent a permis d'assainir la situation macro-économique et de restaurer les équilibres fondamentaux. Les déficits budgétaires et courants ont ainsi baissé, le poids de la dette extérieure a diminué, le dirham a retrouvé sa valeur réelle. Parmi les mesures prises pour encourager l'investissement, il y a lieu de citer la création récente de centres régionaux d'investissement qui se veulent de véritables catalyseurs de l'investissement régional à travers les informations qu'ils fournissent, ainsi que la simplification des procédures administratives qu'ils promettent. Cette création témoigne de la volonté des responsables de moderniser l'administration marocaine afin d'en faire un outil efficace pour

accompagner le développement socio-économique du Maroc.

1.03 Malgré ces progrès macro-économiques, la croissance économique n'a pas atteint le niveau souhaité par les responsables. Le taux de croissance de 3.1% (moyenne annuelle de la période 1984-2000, \$EU1995) était en effet inférieur au taux de 6% considéré nécessaire par les responsables pour faire face à la croissance démographique et améliorer les conditions de vie de la population. A cela s'ajoute l'inégale répartition des fruits de la croissance, dont la manifestation la plus importante est malheureusement l'aggravation de la pauvreté, essentiellement en milieu rural. Le comportement de survie du paysan marocain l'oblige, quand il ne quitte pas la campagne, à adopter des pratiques culturales qui épuisent le sol (assolement céréales sur céréales, culture en pente, mise en culture de terres à écologie fragile, etc.). Ce comportement n'est pas étranger à la surexploitation que connaît la forêt marocaine et que vient expliquer, en partie, le faible accès de la population rurale au réseau électrique. Par ailleurs, l'intensification de l'agriculture (périmètres irrigués) se traduit par un gaspillage d'eau (en partie à cause d'une sous tarification de l'eau) ainsi que par une utilisation non réglementée et abusive de produits phytosanitaires et d'engrais, dont les manifestations environnementales sont la salinisation des sols et la pollution des nappes souterraines.

1.04 L'accès aux services sociaux de base (éducation, santé, eau, assainissement, énergie, etc.) reste problématique pour de larges franges de la population marocaine. L'urbanisation, conséquence logique d'un exode rural de plus en plus important et que la sécheresse des dix dernières années a accéléré, se traduit par la constitution de quartiers péri-urbains où les conditions de salubrité et d'hygiène sont critiques, à cause du faible niveau d'équipement en eau et assainissement, ainsi qu'en gestion des déchets solides.

1.05 Malgré l'augmentation de l'espérance de vie au cours des dix dernières années (de 58 ans en 1990 à 68 ans en 2000), l'état de la santé de la population marocaine suscite encore des inquiétudes. La malnutrition touche surtout les populations pauvres et les maladies contagieuses sont toujours présentes. Si la pauvreté, le taux élevé d'analphabétisme chez la femme (voire Tableau 1.1), et la vulnérabilité expliquent en grande partie cette situation, il n'en reste pas moins que la dégradation de l'environnement a un impact négatif sur la santé de la population marocaine. La pollution de l'air causée par une industrie peu soucieuse, à quelques exceptions près, d'intégrer la dimension environnementale dans ses calculs, par des modes de transport dominés par la route et appuyés sur un parc automobile vétuste et fortement diésélisé, est l'une des raisons qui expliquent l'augmentation des cas de maladies respiratoires. La pollution de l'eau, à cause d'un système d'assainissement liquide et solide défaillant, se traduit par une plus grande prévalence des maladies hydriques.

1.06 Tel qu'indiqué dans le Tableau 1.1, la consommation de CO₂ a considérablement augmentée au cours des dix dernières années. La principale source de CO₂ étant la combustion des énergies fossiles, suivie de celle du bois de feu, puis de la production de ciment.

Tableau 1.1 Quelques indicateurs de performance

	Maroc 1990	Maroc 2000	MENA 2000
Taux de mortalité des enfants <5 ans (1,000 naissances)	85	46	56
Croissance du PIB (moy. annuelle entre 1990-2000)		2.6%	3.7%
Croissance de la population (moyenne entre 1990-2000)		1.8%	2.3%
Espérance de vie à la naissance (nbre d'années)	58	68	68
Taux d'analphabétisme chez les femmes adultes (% des femmes >15 ans)	75	64	47
Emission de CO ₂ par habitant (tonne métrique/hab.)	0.97	1.3	4.0
Efficacité énergétique PIB/unité d'énergie utilisée (1995\$/kg equiv. pétrole)	4.6	3.8	1.6

Référence : Banque mondiale, 2001

1.2 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

1.07 Le Maroc, à l'instar des autres pays méditerranéens, doit donc faire face à la dégradation de son environnement qui menace la santé de sa population et qui risque d'hypothéquer son développement futur. Face à cette dégradation, le Maroc a élaboré pendant les années 1980 et 1990 des plans et programmes d'intervention qui n'ont eu qu'un succès relatif à cause d'une dispersion des efforts et d'une implication minime des populations concernées.

1.08 L'année 1992 marqua un tournant en matière d'engagement politique, avec la création d'un département Ministériel chargé de l'Environnement d'une part, et la restructuration du Conseil National de l'Environnement pour une coordination meilleure et plus efficace en matière de politique et gestion environnementales, de l'autre.

1.09 Plus tard, un arsenal juridique sera mis en place et sera complété par une série de textes de loi et de décrets relatifs à la pollution, aux déchets, et à la mise en valeur de l'environnement. Cependant, la législation environnementale marocaine n'a pas pu endiguer de manière efficace le phénomène de la dégradation de l'environnement en raison d'un certain nombre d'obstacles qui en freinent l'application. En effet, le dispositif juridique national est ancien et comporte beaucoup de lacunes. Il est également fragmentaire et se caractérise par l'insuffisance de l'intégration dans le droit interne des dispositions des conventions internationales en matière d'environnement. De même, certains décrets d'application relatifs à des textes de loi ne sont pas encore entrés en vigueur. On citera à cet égard la loi 10-95 sur l'eau, qui prévoit l'application des principes «préleveur -payeur et pollueur -payeur», principes qui n'ont pas encore été mis en œuvre faute de textes d'application.

1.10 L'année 1995 sera marquée par la publication de la « Stratégie Nationale pour la Protection de l'Environnement et le

Développement Durable²» dont l'objectif majeur est de stabiliser en 2005 la dégradation de l'environnement à son niveau de 1992, puis de le réduire davantage à l'horizon 2020.

1.11 Afin de rentabiliser toutes les actions en matière d'environnement, le Maroc a publié, en 2002, son Plan d'Action National pour l'Environnement (PANE, 2002). Ce plan a été publié à la suite d'une série d'actions menées dans le cadre du programme « capacité 21 », initiative du PNUD³ visant à renforcer les capacités institutionnelles des pays en développement. Ces actions, appelées « action 30 », visent à mobiliser tous les acteurs (état, entreprises privées et société civile) autour de projets centrés sur des préoccupations de durabilité. Le projet « action 30 » se propose de traduire en actions concrètes et tangibles les principes contenus dans la Stratégie Nationale pour la Protection de l'Environnement et le Développement Durable.

1.12 Le PANE reprend, dans une vision globale et intégrée, les différents plans et programmes lancés pendant les décennies 80 et 90. Ceci inclut : le programme d'action national de lutte contre la désertification, le programme d'action pour la protection de la diversité biologique, le plan d'aménagement des bassins versants, et le plan directeur de reboisement. Le PANE constitue ainsi l'aboutissement d'un processus de concertation qui a permis d'identifier les actions prioritaires en matière de protection environnementale. Le coût de ces actions est estimé à 2233 millions de Dirhams marocains (Dh). Le PANE vient confirmer aussi les engagements internationaux du Maroc en matière de protection de l'environnement : signature et ratification des principaux conventions et protocoles internationaux en matière d'environnement.

1.13 Un effort important est fourni en matière de connaissance de l'état de l'environnement à travers la création de l'Observatoire National de l'Environnement du Maroc (ONEM) et la mise en place d'un réseau de surveillance de la

pollution. Afin d'éviter la dispersion de l'information et les doubles emplois, un Système d'Information et Données sur l'Environnement (SIDE) est mis en place pour collecter toutes les informations environnementales provenant de tous les départements ministériels.

1.14 Une série d'actions concrètes ont été menées en matière d'incitation à la protection de l'environnement et de partenariat avec le secteur privé telles que: la création du fonds de dépollution industrielle (FODEP) et du centre marocain de production propre (CMPP), et la préparation du fonds national de l'environnement (FNE) en tant qu'instrument économique de gestion de l'environnement répondant, entre autres, aux besoins des collectivités locales.

1.3 COUT DE LA DEGRADATION DE L'ENVIRONNEMENT

1.15 La « Stratégie Nationale pour la Protection de l'Environnement et le Développement Durable » a dégagé la nécessité de mener une série d'actions en matière de protection environnementale. La Stratégie a montré qu'en l'absence de telles actions, la dégradation de l'environnement au Maroc se traduirait par un coût important, correspondant au manque à gagner dû à l'absence d'une véritable politique de protection de l'environnement, politique qui doit être beaucoup plus anticipative que corrective. La Stratégie a montré que c'était l'impact négatif de la dégradation de l'eau (insuffisance de l'assainissement liquide) et de l'air sur la santé qui constituait la principale composante du coût de la dégradation de l'environnement.

1.16 La Stratégie a le mérite de présenter pour la première fois une estimation du coût de dégradation de l'environnement pour l'année 1992. Ces coûts s'élevaient à Dh 19.7 milliards soit 8.2% du PIB de 1992. Avec l'accumulation de nouvelles données sur l'état de l'environnement et l'amélioration de la méthodologie d'estimation, il s'est avéré nécessaire de calculer le coût de la dégradation de l'environnement sur de nouvelles bases

² Ministère de l'Environnement, 1995

³ Programme des Nations Unies pour le Développement

informationnelles et méthodologiques. Cette estimation est nécessaire afin de justifier, d'un point de vue socio-économique et environnemental, toute action visant à protéger l'environnement et asseoir la croissance sur des bases de durabilité. La différence entre les résultats obtenus dans la Stratégie de 1992 (soit 8.2% du PIB) et ceux de la présente étude (soit 3.7% du PIB) s'explique principalement à travers l'amélioration des méthodologies utilisées pour estimer les coûts de la dégradation de l'environnement. Ainsi les résultats des deux études ne sont pas comparables, puisqu'elles utilisent des méthodes d'évaluations différentes. Une note spéciale à ce sujet se trouve dans le chapitre 8 de ce rapport.

1.17 La préparation de la présente étude a démarré en août 2002. Les objectifs de cette étude sont :

- d'évaluer les coûts de la dégradation de l'environnement au Maroc, en utilisant les données les plus récentes (2000);
- de produire un cadre analytique qui permettra aux professionnels marocains de mettre à jour et d'affiner ces évaluations à l'avenir;
- de former une assise pour le développement d'un programme de formation destiné à

divers ministères et institutions, afin de leur permettre d'incorporer l'évaluation des coûts de la dégradation de l'environnement dans la gestion des ressources environnementales.

1.18 Un manuel de formation est en cours de préparation. Ce manuel sera basé sur les méthodologies développées et les résultats obtenus à travers la présente étude, ainsi que les résultats d'autres études régionales. Il sera utilisé pour entamer un programme de formation en économie de l'environnement au Maroc.

1.19 Toutes les données, statistiques et calculs sont présentés dans un fichier Excel joint en Annexe. Ce fichier devrait permettre aux cadres marocains de se familiariser avec les méthodes de calcul et de mettre à jour les estimations dans l'avenir.

1.20 Enfin, cette étude fait partie d'une série d'études sur les *Coûts de la dégradation de l'environnement* menées et publiées grâce au programme METAP dans sept pays de la région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord, en l'occurrence: l'Algérie, l'Egypte, la Jordanie, le Liban, le Maroc, la Tunisie et la Syrie.

2. Cadre méthodologique

2.1 DEFINITION

2.01 L'objectif de cette section est de présenter le cadre méthodologique général qui soutient l'estimation des coûts de la dégradation de l'environnement.

2.02 Cette étude a essayé de prendre en compte les problèmes environnementaux qui engendrent les plus grands coûts de dégradation. Cependant, les données et informations nécessaires n'étant pas toujours disponibles, l'évaluation de certains impacts environnementaux n'a pas été possible.

2.03 Conceptuellement, l'identification des priorités environnementales repose sur l'analyse de l'efficacité des mesures (institutionnelles et d'investissements) d'atténuation de la dégradation de l'environnement et la mise en place d'un système de prévention et de contrôle qui permette de maintenir une qualité de l'environnement à laquelle aspire la société (et qu'en principe reflètent les lois et standards mis en place). Sur le plan pratique, ceci nécessite l'évaluation et la comparaison des coûts de dégradation de l'environnement, qu'on appellera *coûts des dommages*, et des coûts d'atténuation de cette dégradation, qu'on appellera *coûts de remplacement*.

2.04 Dans ce rapport, l'estimation des coûts de remplacement est incomplète (voire section 2.4), ainsi une comparaison adéquate de la relation coûts/bénéfices d'une intervention environnementale n'a pas été possible. Le but principal de ce rapport se limite donc à l'évaluation des coûts des dommages liés à la dégradation de l'environnement.

2.05 Les coûts de la dégradation de l'environnement peuvent être considérés comme une perte de bien-être⁴ national, à cause de la dégradation de l'environnement. Cette perte peut prendre les formes suivantes :

- (a) la perte d'un cadre de vie sain (par une mort prématurée, des problèmes de santé accrus, l'absence d'environnement propre, etc.);
- (b) des pertes économiques (telles que la réduction de la productivité des terres agricoles, et la perte de revenus touristiques); et
- (c) la perte de bénéfices environnementaux (telle que: la perte des fonctions récréatives d'un lac, de la plage, et de la forêt).

2.06 Dans ce rapport, les coûts de la dégradation de l'environnement sont exprimés en pourcentage du produit intérieur brut (PIB)⁵. Ce dernier est la valeur marchande de tous les biens et services produits dans une année à l'intérieure des frontières du Maroc. Il est important de noter que les coûts des dommages, tel qu'estimés dans ce rapport, ne font pas partie intégrante du PIB. Ils ont été exprimé en pourcentage du PIB afin de pouvoir les comparer à d'autres indicateurs économiques nationaux, comme le budget de l'état ou la dépense publique en matière d'environnement. Ceci permet aussi de comparer leur évolution à long terme.

2.07 Si le coût de la dégradation (en pourcentage du PIB) augmente avec le temps, ceci indiquerait que la perte de bien-être national s'accroît plus rapidement que le PIB. Ce qui veut dire que l'impact négatif de l'activité économique et humaine sur l'environnement s'accroît plus rapidement que la croissance économique. Si le contraire est vrai, ceci indique que les impacts environnementaux sont en train de diminuer relativement à la croissance économique.

⁴ *Welfare loss*

⁵ En 2000 le PIB était estimé à 354 milliards de Dirhams (Banque mondiale, 2001).

2.2 APPROCHE METHODOLOGIQUE GENERALE

2.08 Les problèmes environnementaux au Maroc ont des impacts négatifs directs non seulement sur l'activité et l'efficacité économiques, mais également sur la santé et la qualité de vie de la population. La dégradation des sols, des forêts et de la biodiversité affecte la productivité agricole, la durabilité des ressources naturelles et la composante des écosystèmes. La pollution d'origine biologique et chimique des ressources en eau est la cause principale des maladies hydriques et des dégradations d'écosystèmes aquatiques (avec des conséquences sur les ressources halieutiques, le développement du secteur touristique, etc.). La pollution de l'air a des impacts importants sur la santé publique (maladies respiratoires et cardio-vasculaires) dus notamment à l'exposition aux poussières et autres polluants provenant d'activités industrielles diverses et du transport. Une gestion inadéquate des déchets a, elle aussi, des conséquences négatives sur le cadre de vie, les écosystèmes et, de manière indirecte, sur la santé.

2.09 Cet état de fait a été quantifié de manière à pouvoir estimer, d'une part, les *coûts des dommages*, et d'autre part, les *coûts de remplacement*⁶. Les coûts des dommages fournissent un ordre de grandeur des bénéfices potentiels qui découleraient d'une gestion plus saine de l'environnement. Les coûts de remplacement, pour leur part, fournissent une estimation des investissements nécessaires pour maintenir ou restaurer un environnement d'une qualité acceptable pour la société.

2.10 D'une manière générale, l'évaluation socio-économique comprend plusieurs étapes :

- (a) l'identification, l'inventaire et la quantification physique des dommages (polluants atmosphériques, eaux usées,

érosion des sols, production de déchets, etc.);

- (b) la quantification des impacts de la dégradation (ex. : problèmes de santé liés à la pollution atmosphérique, perte de productivité agricole, perte de potentiel touristique, etc.);
- (c) l'évaluation monétaire des impacts (ex. : coût des maladies respiratoires, perte de rendement agricole, perte de valeur récréative, etc.).

2.11 Les sciences naturelles et environnementales, ainsi que les sciences humaines et les études épidémiologiques sont souvent utilisées pour quantifier l'état de la dégradation environnementale. Pour évaluer les conséquences de la dégradation environnementale, les théories de l'économie de l'environnement et des ressources naturelles sont appliquées.

2.12 Ce rapport se base sur les données disponibles au Maroc. Lorsque dans certains cas, les informations ne sont pas disponibles, une extrapolation de données d'études régionales ou un jugement d'experts est appliqué.

2.3 CATEGORIES D'ANALYSE

2.13 Afin d'estimer les coûts de la dégradation pour divers secteurs environnementaux, l'analyse est groupée suivant les *six catégories environnementales* présentées ci-dessous :

- (a) eau ;
- (b) air ;
- (c) sols, forêts et biodiversité ;
- (d) déchets ;
- (e) littoral; et
- (f) environnement global.

2.14 Chaque catégorie environnementale est divisée en *deux catégories économiques* :

- (a) impact sur la santé et la qualité de vie; et
- (b) impact sur le capital naturel.

⁶ Le concept de coût de «remédiation» ou de «remplacement» est lié à la méthode dénommée «*cost of remediation*» développée notamment par Inhaber (1976) et Rogers *et al.* (1997); cf. PNAE-DD Algérie, GTZ-Banque mondiale, 2002.

2.4 HYPOTHESES

2.15 Il est important de signaler que l'estimation des coûts des dommages et celle des coûts de remplacement ont été sujettes à de nombreuses hypothèses et simplifications. Les estimations qui en résultent sont nécessairement approximatives. Un intervalle d'estimation a été utilisé pour montrer l'incertitude des estimations. De manière générale, les principales hypothèses retenues sont les suivantes :

- Les « coûts des dommages » incluent l'impact sur la santé et la qualité de la vie (mortalité, morbidité, perte de productivité, cadre de vie/récréation), ainsi que l'impact sur le capital naturel (dégradation des écosystèmes, des sols, pertes de productivité agricole, etc.).
- Certains impacts – comme l'impact des déchets dangereux sur la santé – n'ont pas pu être évalués. Ainsi, seule une fraction du coût de dégradation total a été prise en compte. Par conséquent, les résultats obtenus ont tendance à sous-estimer les coûts réels de la dégradation.
- L'impact de la dégradation environnementale sur la santé est estimé en relation aux années de vie corrigées du facteur invalidité (DALY)⁷. Cette méthode a été développée et utilisée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et la Banque mondiale, en collaboration avec des experts internationaux, pour donner une mesure commune aux diverses maladies et à la mortalité prématurée. Un DALY est une année de vie en bonne santé qui est perdue. Une maladie légère représente une petite fraction d'un DALY, alors qu'une maladie plus sévère en représenterait une plus large fraction. Une année perdue à cause d'une mort prématurée représente un DALY. Les années futures perdues sont actualisées à un taux d'escompte fixe. L'estimation des DALY perdues à cause de la pollution de l'eau et de l'air fait l'objet d'une note spéciale dans l'Annexe II.

- S'agissant des « coûts de remplacement », deux hypothèses implicites importantes sont à relever : (i) le concept des coûts de remplacement utilisé s'apparente davantage à celui du coût d'élimination « *end-of-pipe* » des dommages causés, qu'à celui du coût de prévention ou de changement de « *process* »; (ii) le coût de remplacement n'est pas toujours représentatif de la meilleure technologie au moindre coût.
- Les coûts de remplacement sont dans certains cas insuffisants pour pallier les dommages environnementaux. Dans d'autres cas ils surestiment les actions requises pour éliminer les dommages.
- En réalité, les problèmes environnementaux ne peuvent être répartis en catégories distinctes (eau, air, déchets, sols, etc.) tel que présenté dans ce rapport. Les problèmes sont souvent reliés, ce qui rend la comparaison directe entre coûts de dommages et coûts de remplacement assez complexe.
- Théoriquement, une analyse marginale devrait être appliquée afin d'identifier les coûts de remédiation qui entraînent les plus grands bénéfices par unité de coûts investis.
- Toutes les estimations sont présentées en valeurs annuelles. Dans le cas des coûts de remplacement, les investissements ont été annualisés suivant leur durée de vie (allant de 5 à 15 ans) à un taux d'escompte de 10%.
- Tous les résultats sont exprimés en Dirhams Marocains et en pourcentage du PIB du pays.
- 2000 constitue l'année de référence pour l'ensemble des calculs.
- Le Tableau 2.1 présente les données économiques de base utilisées pour les estimations.

⁷ DALY = Disability adjusted life years, soit Année de vie corrigée du facteur invalidité.

Tableau 2.1 Données économiques, 2000

Population	28,787,000
Population urbaine	55%
Nombre de personnes par ménage	5.6
PIB courant (millions de \$EU)	33,3450
PIB/ habitant (\$EU)	1,160
PIB (millions Dh)	354,316
PIB/ habitant (Dh)	12,308
Parité (Dh/\$EU)	10.63

Référence: Banque mondiale, *World Development Indicators, 2001* et Ministère de la Santé, *Santé en Chiffres, 2001*

2.5 EVALUATION MONETAIRE

2.16 Pour évaluer en termes monétaires la dégradation de l'environnement, plusieurs méthodes utilisées en économie de l'environnement et des ressources naturelles ont été appliquées. Certaines méthodes sont expliquées dans les notes en Annexe I et II, et d'autres sont présentées ci-dessous. Un intervalle d'estimation a été utilisé pour montrer l'incertitude des estimations. Quelques estimations des évaluations monétaires sont présentées ci-dessous.

2.17 Parmi les méthodes d'évaluation, on distingue entre les méthodes de «préférences exprimées», et les méthodes de «préférences révélées». Parmi les méthodes de «préférences exprimées» on peut citer la méthode des prix hédonique, du coût de transport, et de la fonction de production. Parmi les méthodes de «préférences révélées» la plus connue est celle de l'évaluation contingente. Cette dernière «utilise une approche directe pour évaluer un bien ou service environnemental en demandant aux gens par le biais de questionnaires ou d'expériences qu'est ce qu'ils sont prêts à payer pour le bien (consentement à payer ou CAP) ou à accepter pour la perte de ce bien (consentement à accepter). L'évaluation contingente est particulièrement attrayante parce qu'elle peut estimer des valeurs là où il n'existe pas de marché ou là où aucun substitut ne peut être trouvé sur le marché. Pour ces raisons, la méthode d'évaluation contingente est largement utilisée pour mesurer les valeurs d'existence, d'option, d'usage indirect et de non-usage. La

Disposition à Payer, ou consentement à payer fait partie de la méthode de l'évaluation contingente »⁸.

2.18 Les coûts de l'impact sur la santé (soit le coût d'un DALY perdu) ont été estimés selon deux approches. Le PIB par habitant, et le consentement à payer. Le PIB par habitant est utilisé dans certains cas comme borne inférieure, et dans d'autres cas comme borne supérieure. L'utilisation de cette technique s'explique par le fait que la valeur économique d'une année perdue à cause d'une maladie ou d'une mort prématurée est équivalente à la valeur productive de l'année en question, cette dernière étant approximativement égale au PIB par habitant. Il est important de noter que cette méthode d'évaluation ne tient pas compte de la valeur non-économique de la vie. Une autre approche pour estimer un DALY est celle du consentement à payer d'un individu pour réduire les risques de mortalité. Des études entreprises aux Etats Unis et en Europe montrent que le CAP est largement supérieur au PIB/habitant (au moins en ce qui concerne les adultes). Le CAP a été utilisé dans certains cas comme borne supérieure pour évaluer un DALY.

2.19 Dans ce rapport, l'évaluation d'un DALY perdu à cause d'une mortalité infantile diffère de celle d'un DALY perdu à cause d'une mortalité adulte. Très peu d'études ont été faites pour évaluer la mortalité infantile. A titre d'exemple, si le DALY est évalué de la même façon pour un adulte que pour un enfant (par exemple à travers le PIB/hab.), ceci impliquerait que l'évaluation de la mort d'un enfant serait 2 à 3 fois supérieure à celle d'un adulte. Ceci n'est pas nécessairement le cas dans beaucoup de ménages, où «la valeur» d'un adulte qui gagne un salaire sont souvent, par nécessité, supérieure à celle d'un enfant. Ainsi le PIB par habitant a été utilisé comme borne supérieure pour estimer un DALY perdu chez les enfants. Une borne inférieure de 50% du PIB/habitant a été appliquée. Cette marge d'évaluation a été utilisée pour estimer la mortalité et la morbidité chez les enfants, dues au manque d'accès à l'eau

⁸ IUCN site web

potable et aux services d'assainissement, ainsi qu'à la pollution intérieure de l'air.

2.20 Pour évaluer un DALY perdu à cause d'une mortalité adulte, le PIB/habitant a été utilisé comme borne inférieure, et le CAP comme borne supérieure. Le CAP est basé sur des études américaines et européennes. Il est ajusté pour tenir compte de la différence de PIB/habitant au Maroc. Cette estimation est utilisée dans le cas de la pollution intérieure et extérieure de l'air.

2.21 Il est important de noter qu'un DALY évalué selon le CAP est cinq fois supérieur à un DALY évalué au PIB/habitant. Ainsi, la borne inférieure pour estimer un DALY risque de sous-évaluer le coût de la dégradation de l'environnement, s'il s'avère que le CAP est une meilleure représentation de la perte de bien-être.

2.22 Pour certaines catégories, telles que la pollution engendrée par les décharges sauvages et le manque de traitement des déchets dangereux, une estimation monétaire des impacts n'a pu être entreprise dans le cadre de ce rapport. Ainsi, l'analyse aurait tendance à *sous-estimer* les coûts totaux de la dégradation de l'environnement.

2.6 COÛTS DES DOMMAGES ET COÛTS DE REMPLACEMENT

2.23 Comme on l'a dit auparavant, le coût des dommages représente la perte de bien-être, à l'échelle nationale, due à la dégradation de l'environnement. Le coût des dommages présente ainsi l'ordre de grandeur des bénéfices potentiels associés à une meilleure gestion de l'environnement.

2.24 L'estimation des coûts de remplacement donne une indication des investissements nécessaires pour remédier partiellement à la dégradation de l'environnement. Comme l'estimation des coûts de remplacement se limite uniquement à certaines catégories environnementales, il est risqué d'établir une relation directe entre coûts de remplacement et bénéfices potentiels. Une analyse plus

approfondie est nécessaire pour pouvoir tirer une comparaison significative.

2.7 ANALYSE MARGINALE

2.25 Une analyse marginale devrait être utilisée pour estimer les bénéfices (en termes de réduction de la dégradation de l'environnement) et les coûts de remplacement. Dans peu de situations, les bénéfices marginaux d'une intervention environnementale additionnelle sont égaux à ceux de l'intervention précédente. Dans la majorité des situations, les bénéfices marginaux diminuent au fur et à mesure, et les interventions environnementales deviennent de plus en plus chères. Ainsi, il faut investir dans les actions environnementales qui engendrent le plus de bénéfices par unité de coût. Ce processus doit se poursuivre jusqu'à ce que les bénéfices marginaux d'une intervention soient égaux aux coûts marginaux. L'investissement dans la protection de l'environnement au-delà de ce point aurait pour conséquence une perte de bien-être social.

2.26 Dans la pratique, il est souvent difficile d'entamer ce genre d'analyse. On a donc souvent recours à d'autres critères tels que l'impact irréversible de certains dommages, des considérations inter-générationnelles, des critères de pauvreté, ou encore d'équilibre social. Ces principes peuvent aussi être combinés avec une analyse marginale, dans la mesure où les données sont disponibles.

3. Eau

3.1 LES RESSOURCES EN EAU

3.01 Les ressources hydrauliques dont dispose le Maroc sont limitées. Cette limitation est d'abord naturelle, en raison de la situation géographique du pays. Mais elle est accentuée par les besoins du développement démographique et par le gaspillage de la ressource. La pollution de l'eau et la déforestation imposent des pressions croissantes sur la qualité de la ressource et portent atteinte à l'équilibre écologique.

3.02 Au Maroc, les précipitations totales sont évaluées en année moyenne à près de 150 milliards de mètres cubes (m³), dont 121 milliards vont à l'évapotranspiration et 29 milliards environ à l'écoulement total superficiel et souterrain. Quant aux ressources en eaux souterraines, elles sont estimées à environ 4 milliards de mètres cubes.⁹

3.03 Concernant la répartition des ressources en eau au Maroc, elle est relativement égale dans l'Est et le Sud de la chaîne Atlas où 19% de la population disposent de 18% des ressources en eau. Cependant, dans le Nord-Ouest et le Centre-Ouest, la répartition est inégale ; 35% et 46% de la population disposent respectivement de 46% et 36% des ressources en eau. Cette répartition des ressources est aussi déséquilibrée. Les bassins du Sebou, de l'Oum Er-Rbia et de la Moulouya représentent plus de 60% des ressources mobilisées.

3.04 Un tiers des ressources mobilisées provient des eaux souterraines, généralement de meilleure qualité. Les eaux souterraines servent surtout à l'alimentation en eau potable, sauf dans l'axe côtier atlantique située entre Kénitra et Safi, dans les plaines du Souss et Tensift, et dans les Oasis du Sud et du Sud-Est où elles sont surexploitées pour l'irrigation. Les eaux souterraines constituent une ressource

indispensable pour certaines zones urbaines comme Fès, Marrakech, Agadir et Oujda. Cependant, le bilan global ressources-emploi est parfois excédentaire¹⁰. Or, de fortes disparités régionales sont observées: Les nappes du Haouz, du Sous et des Chtoukas sont déficitaires du fait de leur surexploitation. En 1992 par exemple, les ressources mobilisées au Maroc s'élevaient à près de 11,71 milliards de m³. L'irrigation mobilisait 87% des ressources réparties essentiellement sur six grands bassins versants desservant neuf périmètres de grande irrigation (d'une surface totale de près de 4.5 millions d'hectares) et des périmètres de petite et moyenne taille (d'une surface totale de près de 1.2 millions d'hectares). Les 13% restants des ressources mobilisées servaient à l'alimentation domestique et industrielle.

3.05 Selon les projections de la Direction Générale de l'Hydraulique, les ressources en eau renouvelables sont évaluées à 29 milliards de m³ soit un peu plus de 1,000 m³/habitant/an. Or, les ressources qui peuvent être techniquement et économiquement mobilisables ne dépassent pas 21 milliards de m³/an, soit, en 1996, 830 m³/hab./an et en 2020, 411 m³/hab./an.¹¹

3.06 Par conséquent, le Maroc a plus d'une fois souffert durant les 20 dernières années d'un problème fondamental de pénurie de l'eau, dont l'effet économique à l'échelle nationale a été négatif. C'est le cas de l'année 1999, lorsque le taux de croissance s'est limité, en raison de la sécheresse à 0.6%, alors que le taux prévu était de 6.8%.

3.07 Afin d'amortir les impacts négatifs de la pénurie de l'eau, le Maroc a développé un patrimoine d'infrastructures hydrauliques qui s'élève aujourd'hui à 103 grands barrages¹² d'une capacité de stockage de plus de 10

⁹ REEM, 2001

¹⁰ Ministère de l'Environnement, 1995.

¹¹ REEM, 2001.

¹² Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat, *La gestion de l'économie de l'eau*, 2001.

milliards de m³ environ, permettant de fournir, en année moyenne, près de 6,5 milliards de m³ d'eau superficielle régularisée. Or, malgré ces efforts, le Maroc reste confronté au problème de la pénurie de l'eau avec ses différentes composantes économique, humaine et environnementale.

3.2 EAU ET ENVIRONNEMENT

3.08 La qualité de l'eau de surface au Maroc dépend des pressions croissantes et continues des besoins agricoles, domestiques et industriels. En général, la qualité des eaux superficielles varie selon le bassin versant. La qualité des eaux de surface observée durant l'année 1998/99 a été bonne à très bonne dans 53% des stations de prélèvement et d'échantillonnage, et moyenne dans 10% d'entre elles. Par contre, elle a été dégradée au niveau de 37% des stations échantillonnées¹³. Presque la totalité des cours d'eau sont affectés par les rejets urbains et industriels. C'est le cas du cours moyen et aval de l'Oued Sebou, du cours moyen de l'Oum Er-Rbia, et du cours aval des oueds Tangerois et Martil. Le pouvoir auto-épurateur devient très précaire surtout lors des périodes d'étiage (en été) des cours d'eau, lors des campagnes oléicoles, ou encore lors des crues hivernales qui dissolvent les métaux lourds fixés aux sédiments.

3.09 Quant aux eaux souterraines, qui le plus souvent sont protégées géologiquement, elles sont généralement de meilleure qualité. Toutefois, quelques nappes importantes sur la côte atlantique sont polluées par l'utilisation souvent excessive d'engrais et de pesticides par le secteur agricole. La qualité des eaux souterraines souffre aussi d'une salinisation due à des pompages excessifs, notamment en bordure côtière.

3.10 Comme l'indique le tableau 3.1, les eaux usées domestiques constituent la source principale de la pollution organique (DBO5 et

DCO)¹⁴. La pollution par les nitrates et les phosphates est d'origine domestique et agricole.

Tableau 3.1 Evolution des rejets liquides 1992-2020

Polluant	Source de pollution	Rejets liquides (millier de tonnes/an)			
		1992	2005	2020	2020/ 1992
DBO5	Industriel	59	99	177	200
	Dom.	229	321	469	105
	Total	288	420	646	124
DCO	Industriel	101	169	303	200
	Dom.	598	835	1226	105
	Total	699	1006	1529	119
Azote	Industriel	3	5	9	200
	Dom.	51	71	105	106
	Agricole	28	36	46	64
	Total	82	112	160	95
Phosphate	Industriel	0.2	0.3	0.6	200
	Dom.	13	18	27	108
	Agricole	8	10	13	63
	Total	21	28	41	95
Chrome	Industriel	0.4	0.7	1.2	200
	Total	0.4	0.7	1.2	200

Source: Ministère de l'environnement 1995. Le tableau 3.1 est basé sur les taux suivants: croissance de l'industrie de 4%/an, croissance de la population urbaine de 2.6%/an, accroissement de la consommation d'engrais de 1%/an ainsi qu'un accroissement total de 2.5% des surfaces irriguées.

3.11 Si l'on ne prend aucune mesure de réduction de la pollution dès à présent, les rejets vont doubler ou tripler en volume selon leur nature d'ici 2020. On peut donc s'attendre à des situations catastrophiques dans certaines zones. Les bassins du Tensift, du Loukkos et de l'Oum-Er-Rbia connaîtront notamment le même flux de pollution que le bassin du Sebou actuellement. Pour plusieurs nappes phréatiques, on prévoit des teneurs en nitrates de 54 à 60 mg/l, supérieures au seuil fixé par l'OMS et le Maroc, qui est de 50 mg/l¹⁵.

3.12 *Rejets et pollution urbaine.* L'insuffisance de l'assainissement est l'une des principales causes de la dégradation des eaux souterraines et de surface, ainsi que de la pollution marine. La croissance économique se traduit par une plus grande production par habitant d'eaux usées et de déchets; qui, faute

¹³ REEM, 2001.

¹⁴ DBO5 Demande biochimique en oxygène (après 5 jours) et DCO Demande chimique en oxygène.

¹⁵ Ministère de l'environnement, 1995.

d'investissements suffisants pour la collecte, le traitement et l'évacuation, polluent les eaux souterraines et de surface, ainsi que la mer. La mer reçoit la plus grande partie des rejets domestiques car les principales villes sont situées sur la côte. Les régions économiques du Centre (Casablanca) et du Nord-Ouest (Rabat-Tanger) rejettent près de 60% du volume national des rejets domestiques.

3.13 **Rejets et pollution agricole.** Le niveau de la pollution agricole de phosphate et de nitrate est approximativement de 10,000 tonnes/an.¹⁶ Le calcul des rejets agricoles est basé uniquement sur les superficies irriguées qui utilisent les engrais. Il est aussi important de signaler que le lessivage des produits phytosanitaires contamine les eaux par des substances toxiques. Il est estimé que près de 0.5 à 1% des produits phytosanitaires se retrouvent dans les cours d'eaux (REEM, 2001). Concernant les eaux usées brutes, elles ont irrigué plus de 7,200 ha¹⁷ de cultures maraîchères, céréalières et fruitières situées près des principaux centres urbains. Les produits cultivés sur ces surfaces peuvent cependant être nocifs pour les consommateurs.

3.14 **Rejets et pollution industrielle.** Trois types de pollution sont en général associées aux rejets liquides et solides industriels : toxique, biodégradable et eutrophisante. Les principaux polluants contenus dans les rejets liquides sont constitués par les composés organiques caractérisés par la DCO à raison de 100,000 tonnes/an et la DBO5 à raison de 58,000 tonnes/an. Quant aux rejets solides, ils étaient estimés en 1993 à 800,000 tonnes, dont seulement 40,000 tonnes, soit 5%, étaient évacuées vers des décharges publiques¹⁸.

3.15 La plus grande partie des rejets industriels de DBO5 se trouve dans le bassin de Sebou et l'Océan Atlantique. Le bassin de Sebou concentre les problèmes de pollution organique

(due aux huileries d'olives) et de pollution par le chrome (provenant des tanneries). Le bassin du Tensift recueille les métaux lourds (présence de mines d'extraction de plomb, zinc et cuivre). Les bassins de la Moulouya, du Loukkos, du Bou-Regreg et Souss-Massa restent les moins atteints par les rejets industriels.

3.16 **Pollution accidentelle.** En plus de la pollution des ressources en eau causée par les sources citées ci-dessus, la dégradation de la qualité de l'eau peut être due à d'autres facteurs tels que les accidents. Ainsi, 30 accidents ont été signalés par la Direction Générale Hydraulique entre 1985 et 1999, dont 21 étaient des accidents de transports maritimes et 2 industriels. La grande majorité (76%) concernait des déversements d'hydrocarbures et des dégagements importants d'acide et de bitume.

3.3 COUT DE LA DEGRADATION

3.17 Au Maroc, la question de l'eau est l'un des principaux problèmes de l'environnement, en raison d'une part des conséquences sanitaires et économiques de la pollution de l'eau et de l'insuffisance de l'assainissement et, d'autre part, des pressions exercées sur les ressources du fait de l'accroissement des besoins en eau. Cette section s'efforce d'évaluer le coût des principaux impacts de la dégradation de l'eau sur la santé et le cadre de vie, ainsi que sur les ressources naturelles. L'évaluation des coûts de la dégradation permettrait de mesurer l'incidence de cette dégradation sur le PIB du pays.

3.3.1 Santé et qualité de vie

3.18 Le manque d'approvisionnement adéquat 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 (Esrey et al, 1991), la plus commune de ces maladies étant la diarrhée. L'évaluation des impacts, présentée ci-dessous, est principalement liée à la mortalité et à la morbidité des enfants de moins de cinq ans, dues aux maladies diarrhéiques.

¹⁶ Banque mondiale, 1999.

¹⁷ Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat, 1994

¹⁸ Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat, *la gestion de l'économie de l'eau*, 2001

3.19 **Mortalité.** En l'an 2000, le nombre total des enfants de moins de cinq ans était de 3 millions (Santé en chiffres, 2001) et la mortalité des enfants de moins de cinq ans s'élevait à 46 pour 1,000 naissances vivantes (Banque mondiale, 2001). Au début des années 90, la cause principale de la mortalité infantile au Maroc était l'incidence des maladies diarrhéiques. Celles-ci étaient responsables de près de 40% des décès des enfants de moins de cinq ans (Santé et Environnement, 1997). Cependant, les efforts considérables déployés pour combattre les maladies diarrhéiques (campagnes d'information et autre), ainsi que la légère amélioration de l'accès aux services d'eau potable¹⁹ et d'assainissement²⁰, ont contribué à baisser l'incidence de ces maladies sur la mortalité des enfants. Bien qu'il n'y ait pas d'études récentes sur la mortalité infantile due aux maladies diarrhéiques, celles-ci sont estimées avoir été réduites de moitié. Ceci implique qu'en l'an 2000, les maladies diarrhéiques seraient responsables de la mort de près de 6,000 enfants de moins de cinq ans.

3.20 En utilisant la formule et les hypothèses développées dans le Global Burden of Disease (Murray et Lopez, 1996), il est estimé que la mort d'un enfant de moins de cinq ans représente la perte de 35 DALYs. Les maladies diarrhéiques sont ainsi responsables de la perte annuelle d'environ 196,000 DALYs (voir Annexe I et II pour de plus amples détails).

3.21 **Morbidité.** Les maladies diarrhéiques non fatales sont aussi très importantes au Maroc. Celles-ci provoquent un désagrément chez le malade, des dépenses en frais médicaux, et une perte de temps chez les adultes qui doivent s'occuper des enfants malades. Le désagrément associé aux maladies diarrhéiques est estimé en terme de DALYs perdus.

¹⁹ Le pourcentage de la population ayant accès aux services d'eau potable est passé de 94% en 1990 à 100% en 2000 en milieu urbain, et se maintient à 58% en milieu rural (Banque mondiale, 2001).

²⁰ Le pourcentage de la population ayant accès aux services d'assainissement est passé de 95% en 1990 à 100% en 2000 en milieu urbain et de 31% à 42% en milieu rural (Banque mondiale, 2001).

3.22 D'après l'*Enquête Nationale sur la Santé de la Mère et de l'Enfant* (ENSME), menée en 1997 par le Ministère de la Santé : sur 3750 enfants de moins de cinq ans enquêtés, 21% avaient eu la diarrhée dans les 15 jours précédant l'enquête et 9% durant les dernières 24 heures. Les enfants les plus touchés par la diarrhée sont ceux de la région de Marrakech-Tensift-Al Haouz, de Doukkala-Abda, de Tanger-Tetouan et de Taza-Al Hceima-Taounate. Sur base de ces données, il est permis d'estimer qu'il y a près de 100 millions de journées par an où des enfants sont atteints de diarrhée. Un taux de sévérité de 0.2 est assigné aux maladies diarrhéiques. Ainsi, le nombre de DALYs perdus à cause d'une journée de diarrhée est égal à 0.2 divisé par 365 jours. Le nombre total de DALYs perdus en un an à cause de la morbidité est évalué à 55,000 (Annexe I et II).

3.23 **Evaluation.** La mortalité et la morbidité associées aux maladies diarrhéiques représentent un coût pour les individus, leurs familles et la société en général. Ces coûts incluent non seulement les frais médicaux mais aussi la souffrance associée à la perte d'une vie humaine.

3.24 En ce qui concerne la mortalité, une valeur monétaire peut difficilement être attribuée à la perte d'une vie humaine. Cependant, des méthodes d'évaluation ont été mises au point pour estimer le consentement à payer (CAP) d'une personne (ou d'un foyer) pour réduire le risque de mortalité. La somme des CAP des individus et des ménages est utilisée comme une estimation du coût pour la société associé à un risque quelconque de mortalité. Depuis plus de 20 ans, cette approche est de plus en plus utilisée en Europe et en Amérique du Nord, pour améliorer les standards de sécurité et les lois environnementales.

3.25 La méthode du CAP est généralement utilisée dans des études qui évaluent les risques de mortalité chez les adultes. Evaluer le coût pour la société du risque de mortalité chez les enfants est plus difficile, car très peu de recherches ont été faites dans ce domaine. Une

autre méthode d'évaluation est celle de la valeur du capital humain (Human Capital Approach). Cette méthode estime la perte «à vie» des revenus d'un individu à partir du moment de sa mort. Cette approche a été utilisée pour évaluer les décès dus aux maladies diarrhéiques chez les enfants au Maroc. Cette perte varie entre Dh 1.2 et 2.4 milliards soit 0.3-0.7% du PIB.

3.26 Afin de mesurer la morbidité, plusieurs méthodes sont disponibles. La morbidité résulte en un désagrément chez le malade, une dépense en frais médicaux, et une perte de temps chez les adultes qui doivent s'occuper des enfants malades. Pour évaluer le désagrément (perte de bien-être, perte de journée active, etc.) une valeur est attribuée au nombre de DALYs perdus. Dans cette étude, une valeur variant entre 50 et 100 pour cent du PIB est attribuée aux 55,000 DALYs perdus. Ceci résulte en une estimation qui varie entre Dh 340 et 680 millions, soit 0.1-0.2% du PIB.

3.27 *Coût du traitement et du temps passé à s'occuper des enfants malades.* Lorsque les attaques de diarrhée sont sévères, les enfants sont souvent emmenés en consultation médicale. D'après l'enquête menée en 1997 (ENSME, 1997) près de 20% des enfants sont emmenés en consultation auprès d'un service de santé publique et 7% consultent un médecin privé. Ainsi près de 5,5 millions de cas sont traités dans un établissement privé ou public. Le coût économique d'une visite médicale est de près de Dh 70 et les frais de médicaments sont de l'ordre de Dh 100 par cas. Ainsi, les coûts de traitement totaux pour les cas de diarrhée aiguë s'élèvent à près de Dh 950 millions (Annexes I et II).

3.28 Aux frais médicaux s'ajoute le temps passé par un des parents à s'occuper des enfants malades. Ce temps a un coût d'opportunité, en termes de loisir ou de travail. Pour chaque cas de diarrhée sévère, il a été estimé qu'un des parents passerait une journée à s'occuper de l'enfant. La valeur de cette journée est basée sur le salaire moyen mensuel en milieu rural (soit Dh 1500/mois). En moyenne, une journée serait donc égale à près Dh 60. Ainsi, le coût total du temps passé à s'occuper des enfants malades s'élève à Dh 330 millions.

3.29 Les cas de diarrhée légère ne sont généralement pas traités dans des établissements médicaux. D'après l'ENSME (1997), près de 30% des enfants ayant eu la diarrhée ont bénéficié d'un traitement de réhydratation orale (TRO). Ainsi, près de 6 millions de cas de diarrhée légère seraient traités par TRO, à un coût moyen de Dh 60 par cas. Le coût de traitement des cas de diarrhée légère s'élèverait à Dh 360 millions, soit 0.1% du PIB.

3.30 *Qualité de vie.* Au-delà de la santé, la pollution de l'eau impose aussi un désagrément à la qualité de vie du citoyen. D'une manière générale, les cours d'eau ont une valeur récréative auprès des citoyens, et leur pollution diminue le bien-être de ces derniers. Bien qu'il n'existe pas de recherches sur la valeur récréative des cours d'eau au Maroc, la présente étude se base sur les résultats d'une enquête menée sur le consentement à payer des citoyens marocains pour préserver les propriétés esthétique, écologique et récréative de la zone humide de Merja Zerga (Commission Européenne, 1998). En utilisant la méthode d'évaluation économique contingente, l'objectif de l'étude de Merja Zerga était de quantifier les qualités attractives et récréatives du milieu naturel. Dans cette étude, un marché hypothétique décrit les dangers de dégradation qui menacent le site, et prévoit 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 de Merja Zerga a révélé un CAP moyen de Dh 187 par ménage et par an. La moitié du consentement à payer a été retenue pour refléter la valeur récréative de toutes les zones humides du Maroc.

3.3.2 Capital naturel

3.31 *L'envasement des barrages.* En dépit du rôle important que les barrages jouent dans l'économie de l'eau, le Maroc est confronté au problème de leur envasement. Actuellement, on estime à 50 millions de m³ la capacité perdue chaque année par envasement sur un volume

annuel moyen régularisé de l'ordre de 11 milliards de m³, soit une diminution de 0.5 % par an ou une perte de possibilité d'irrigation de 5,000 ha/an (REEM, 2001). Au début des années 90, la capacité déjà perdue dépassait 800 millions de m³. Cet envasement se traduit par des pertes de 60 millions de KWh d'électricité et 40 millions de mètres cubes d'eau potable et industrielle. En supposant des prix de 2 Dh le m³²¹ et 0.70 Dh le KWh, le coût de cet envasement s'établirait à 122 millions de Dh, soit 0.03% du PIB.

3.32 Le coût total annuel de la dégradation de la qualité de l'eau et du manque d'approvisionnement en eau potable et en assainissement varie entre Dh 3,6 et 5,1 milliards, avec une moyenne de près de 4,3 milliards. Ceci correspond à près de 1.2% du PIB marocain en 2000.

Tableau 3.2 Eau: Coûts annuels des dommages (estimation moyenne, 2000)²²

	Dh (millions)	% PIB
Santé/Qualité de vie		
Mortalité (DALYs perdus)	1,809	0.51
Morbidité (DALYs perdus)	508	0.14
Coût de traitement	1,636	0.46
Valeur récréative	297	0.08
Capital naturel		
Envasement des barrages	122	0.03
Total	4,372	1.23

3.4 COÛTS DE REMPLACEMENT

3.33 Des mesures ont déjà été prises au Maroc pour rendre la tarification de l'eau plus efficace, mais beaucoup reste à faire pour réduire les impacts sanitaires et environnementaux sur la qualité de l'eau qui se détériore dans les centres urbains et aussi en zone rurale. Le tableau 3.3 montre les principales actions identifiées par le PANE (2002), et qui sont prévues pour les cinq à dix années à venir.

²¹ L'ONEP livre l'eau potable aux régies de distribution à des prix variant entre 3 et 5 DH le m³.

²² Pour plus de détails voir Annexe I.

3.34 Bien qu'il soit difficile d'entreprendre une comparaison directe entre les coûts des dommages et les coûts de remplacement, les tableaux 3.2 et 3.3 ont le mérite d'indiquer que les avantages d'une gestion efficace de l'eau sont nettement supérieurs aux coûts. Par conséquent, une meilleure politique de gestion de l'eau pourrait réduire les maladies hydriques et assurer un environnement durable et une meilleure qualité de vie aux citoyens marocains. Une meilleure gestion des ressources en eau peut être atteinte à travers des investissements importants pour améliorer l'accès aux services d'eau potable et d'assainissement en milieu rural, mais aussi à travers des instruments non techniques et peu coûteux tels que l'information, l'éducation et la formation de capacités.

Tableau 3.3 Eau: Estimation des coûts annuels de remplacement²³

	Coût des investissements ²⁴	Dh millions/a n
Qualité de l'eau et hygiène	Améliorer l'accès à l'eau potable pour la population rurale	1,000
	Améliorer les rendements des réseaux de distribution d'eau potable	5
	Réduire la pollution des eaux	0.9
	Améliorer l'hygiène rurale	1.2
Agriculture	Contrôler l'impact de la pollution agricole	0.8
Eaux non conventionnelles	Collecte des eaux pluviales	1
	Réutilisation des eaux usées recyclées	0.8
Produits obsolètes et eaux usées	Gestion des stocks de produits phytosanitaires obsolètes	2
	Traitement des eaux usées	490
Système écologique	Conservation des zones humides	12

Référence: PANE, 2002

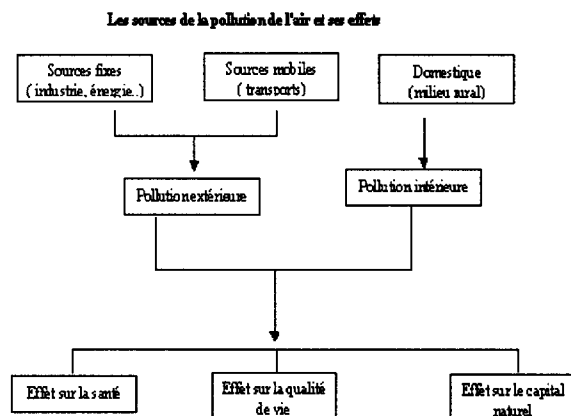
²³ Comme les coûts de remplacements ne sont pas comparables aux coûts des dommages (voire section 2.4 & 2.24), le tableau ne présente pas la somme des coûts de remplacement afin d'éviter une telle comparaison.

²⁴ Pour plus de détails voir Annexe I.

4. Air

4.1 SOURCES DE POLLUTION

4.01 Les pressions sur l'air sont le plus souvent d'origine anthropique (voire schéma ci-dessous). Au Maroc, un parc de véhicules en grande partie vétuste et diésélisé, une qualité souvent mauvaise des produits pétroliers disponibles, un secteur industriel qui ne s'est pas tout à fait converti aux technologies propres, et l'utilisation non-contrôlée de bois de feu dans le milieu rural marocain sont autant de facteurs qui contribuent à la dégradation de la qualité de l'air, portant ainsi atteinte à la santé des citoyens.



4.02 Les effets de la pollution se font sentir aussi sur le capital naturel. Le dioxyde de soufre (SO₂) a un impact négatif sur les forêts et les lacs. Or, une forêt qui dépérit est une forêt qui ne remplit plus ses fonctions économiques et surtout écologiques (telle que la régulation du climat, et la lutte contre l'érosion des sols, les inondations et l'envasement des barrages).

4.03 **Secteur du transport.** Comme le tableau 4.1 le montre, la motorisation (nombre de véhicules à essence et aux diesels) a augmenté considérablement entre 1970 et 2000. L'augmentation du nombre de véhicules à essence est supérieure à l'accroissement de la population, des revenus réels, et de la consommation privée. Elle est égale au taux

d'accroissement de la population urbaine. Pendant la même période, on remarque que le taux d'accroissement annuel des véhicules diesels était de loin supérieur à celui des véhicules à essence (.104% contre 8%).

4.04 Quant aux produits pétroliers consommés dans le secteur du transport (à l'exception des trains, des avions et des navires) ils ont augmenté de 92%, passant de 1,481 milliers de tonnes en 1980 à 2,488 milliers de tonnes en 1995. Durant la même période, la consommation totale des produits pétroliers a augmenté de 59%. Ainsi, la proportion de la demande des produits pétroliers pour le secteur du transport a augmenté, passant de 38% en 1980 à 46% en 1995²⁵. Par conséquent, le parc automobile marocain est responsable de 50 à 60% de la pollution de l'air, créant ainsi un problème majeur de santé publique en milieu urbain (MATEE, 2002).

Tableau 4.1 Données démographiques et de transport 1970-2000

	1970	1985	2000	00/70 annuel
Population (10 ⁶)	15.3	21.8	28.7	3%
Pop. urbaine (10 ⁶)	4.6	9.8	15.8	8%
PIB réel/hab. (10 ³) Dh	2.9	3.4	4.0	1%
Consommation privée réel / hab. (10 ³) Dh	2.1	2.4	2.8	1%
Véhicules à essence (10 ³)	241	549	818	8%
-Léger	201	462	724	9%
-Lourd	40	87	94	4%
Véhicules diesels (10 ³)	25	200	808	104%
-Léger		46	487	
-Lourd	25	154	321	39%
Demande d'essence (10 ³) t	315	334	405	1%
Demande de diesel (10 ³) t	436	1220	2841	18%

Source: *Annuaire statistique du Maroc 1983- 2002.*

²⁵ Annuaire statistique du Maroc, 1983-2002

4.05 En l'an 2000, 74% des véhicules étaient vieux de plus de 10 ans. A cela s'ajoute le manque d'entretien des moteurs qui peuvent produire jusqu'à 10 ou 15 fois plus de particules et d'hydrocarbures qu'un moteur correctement entretenu. De plus, la qualité des combustibles et carburants au Maroc nuit à la qualité de l'air et à la santé des populations (MATEE, 2003). Les teneurs des combustibles et carburants en soufre et en plomb dépassent les normes internationales. En effet, le fuel et le gasoil sont riches en soufre, et en contiennent respectivement 4% et 1%, contre seulement 1.5% et 0.035% en Europe, alors que l'essence contient 0.5% en plomb contre 0.15% dans certains pays développés.

4.06 **Secteur industriel et énergétique.** Au secteur du transport s'ajoutent les émissions gazeuses du secteur industriel qui génèrent de la pollution atmosphérique émanant principalement du processus de fabrication et d'utilisation de combustibles fossiles (tels que le charbon et les produits pétroliers). Le secteur industriel du Maroc comprend plus de 6,500 unités. Casablanca seule abrite plus de 2,600 établissements (soit 43%) dont 231 de grande taille. Parmi les secteurs les plus polluants on peut citer (MATEE, 2003):

- les installations énergétiques (centrales thermiques et raffineries de pétrole);
- les industries chimiques et para-chimiques;
- les industries du textile et du cuir;
- les industries agroalimentaires ;
- les industries électriques et électroniques ;
- les industries métalliques et métallurgiques

4.07 Quant aux établissements énergétiques, ils sont connus pour leur grande consommation de combustibles fossiles (charbon et fuel, riches en soufre) et par conséquent, ils produisent la majeure partie des rejets atmosphériques souvent non traités, en l'absence de normes et de réglementation en matière de pollution de l'air.

4.08 **Bois de feu.** L'accès limité des populations rurales à l'énergie conventionnelle contribue à la consommation de bois de feu, dont l'utilisation est estimée à presque 8 fois celle des consommations urbaines (Tableau 4.2). Outre les ménages ruraux, le secteur artisanal et semi-artisanal (ex. poterie et hammam) sont

aussi considérés comme étant des grands consommateurs du bois.

Tableau 4.2 Consommation bois énergie (1994)²⁶

	Tonne/an	TEP ²⁷
Urbain	1,274,000	407,600
Rural	10,030,000	3,209,500

4.09 La consommation de biomasse est passée à près de 4.2 millions de TEP en 1999 dont 89% sont consommés en milieu rural (soit 3.7 millions de TEP). Le bois de feu constitue ainsi la deuxième source d'énergie au Maroc (après le pétrole) et représente 30 % du bilan énergétique du Maroc. 58% de la consommation annuelle du bois de feu provient de la forêt, soit 6 millions de tonnes ou 6 à 7 millions de mètres cubes. Cependant, la production durable du bois de feu n'est que de 3 millions de m³/an; il en résulte une surexploitation de la forêt estimée entre 3 à 4 millions de m³/an suite aux prélèvements de bois non contrôlés.

4.2 POLLUTION DE L'AIR ET ENVIRONNEMENT

4.10 Parmi les études sur la qualité de l'air, réalisées dans certaines villes marocaines, il y a lieu de citer l'étude éco-épidémiologique Casa-Airpol²⁸ et Mohammedia-Airpol²⁹, ainsi que l'étude sur la pollution atmosphérique dans la région de Safi³⁰. Ces études ont pour la première fois établi une corrélation entre la pollution de l'air et les effets sur la santé (morbidité et mortalité prématurée) au Maroc. Les principaux résultats de l'étude Casa-Airpol montrent que

²⁶Ces données ont été obtenues auprès d'experts du Ministère de l'Équipement en Avril, 2003 au Maroc.

²⁷Tonne équivalent pétrole

²⁸Casa Airpol, *Etude de la Pollution Atmosphérique et de son Impact sur la Santé des Populations à Casablanca*, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement et Ministère de la Santé, 2000.

²⁹Mohammedia Airpol, *Etude de la Pollution Atmosphérique et de son Impact sur la Santé des Enfants Asthmatiques de Mohammedia*, Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Eau et de l'Environnement et Ministère de la Santé, 2002.

³⁰Ministère de la Santé, *Etude de la pollution atmosphérique et de son impact sur la santé de la population de Safi*, 1998.

lorsque le niveau de fumées noires³¹ à Casablanca passe de $9\mu\text{g}/\text{m}^3$ à $22\mu\text{g}/\text{m}^3$, le taux de mortalité brute augmente de 2%, les consultations pour les conjonctivites chez les enfants de moins de cinq ans augmente de plus de 6% et les consultations pour infections respiratoires basses et hautes chez les moins de cinq ans augmentent de 7 et 2% respectivement. Lorsque le niveau de fumées noires passe à un niveau plus élevé, on constate des conséquences encore plus importantes en ce qui concerne la mortalité et les maladies respiratoires.

4.11 L'étude de Safi a montré l'existence d'une corrélation significative entre les syndromes bronchiques et les matières et particules en suspension (MPS). Quant à l'étude Mohammedia-Airpol, elle confirme aussi l'impact sanitaire de la pollution de l'air sur la population et plus particulièrement sur les enfants asthmatiques. Cette dernière démontre qu'une augmentation moyenne de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 sur 3 jour entraîne l'augmentation de la fréquence des crises d'asthme de plus de 10%, et celle de la toux sèche nocturne de plus de 11% (MATEE, 2002).

4.12 Si aucune mesure n'est prise, les émissions de polluants continueront à augmenter à des taux assez élevés et leur impact négatif sur la santé sera de plus en plus sérieux. Ainsi, d'après le Ministère de l'Environnement, entre 1982 et 2010, les rejets de SO_2 passeront de 142,000 tonnes à 586,000, ceux de NO_x de 208,000 à 693,000 tonnes et ceux des particules de 15,000 à 56,000 tonnes. Les émissions de SO_2 proviennent essentiellement de l'industrie, celles de NO_x des transports, alors que les particules sont émises, dans une même proportion, par les deux secteurs.

4.3 COUT DE LA DEGRADATION DE LA QUALITE DE L'AIR

³¹ Les fumées noires sont définies comme des particules de très petite taille en suspension dans l'air (moins de 3 millièmes de mm). Ces particules très fines sont responsables des maladies respiratoires et des asthmes, de la faible résistance aux infections, et peuvent être à l'origine de la mortalité prématurée.

4.13 Au Maroc, la pollution de l'air est un autre problème majeur de l'environnement, qui porte atteinte à la santé des citoyens. Ceci est le cas en milieux urbains, où les secteurs industriel et du transport sont à la base de la pollution de l'air, dont l'effet sur les citadins est substantielle. C'est aussi le cas en milieux ruraux où l'utilisation du bois de feu et les émissions qui en résultent engendrent des maladies respiratoires. Cette section a pour but d'évaluer le coût des principaux impacts de la dégradation de la qualité de l'air sur la santé et la qualité de vie.

4.3.1 Pollution extérieure de l'air

4.14 De nombreuses études internationales (et récemment des études nationales) ont déjà établi le lien entre la pollution de l'air et l'incidence de certaines maladies respiratoires (telles que la bronchite chronique) d'une part, et la mort prématurée d'autre part. Les particules en suspension (PS), et surtout celles dont le diamètre est inférieur à 10 millièmes de mm, ont le plus grand impact sur la santé. Les polluants gazeux (tels que le SO_2 , et le NO_x) peuvent avoir des conséquences néfastes sur la santé lorsqu'ils réagissent avec d'autres substances dans l'atmosphère (tel que l'ammoniac) et forment des particules.

4.15 Cette étude se concentre sur l'impact des particules fines en suspension (celles dont le diamètre est inférieur à 10 millièmes de mm). De manière générale, Cinq étapes sont nécessaires pour quantifier l'impact de la pollution de l'air. La première consiste à mesurer la concentration des polluants dans l'atmosphère. La seconde consiste à identifier la population exposée à ces polluants. La troisième consiste à évaluer l'incidence sur la santé, basée sur des données épidémiologiques. La quatrième et la cinquième étape consistent à quantifier l'impact sur la mortalité et la morbidité en termes monétaires.

4.16 *Première étape: mesurer la concentration des polluants atmosphériques.* Les données sur la qualité

de l'air concernent la ville de Casablanca, la préfecture urbaine de Rabat-Salé, la ville de Safi et les villes de Fès, Marrakech et Tanger. Pour la ville de Casablanca, deux méthodes de mesure de la qualité de l'air existent. L'une repose sur des observations faites pendant 18 mois dans un site de fond (à l'école des Beaux Arts) qui est considéré représentatif des niveaux moyens de pollution auxquels l'ensemble de la population est exposée. L'indicateur de pollution est mesuré en fonction des particules fines en suspension de très petite taille (soit moins de 3 millièmes de mm de diamètre). Les prélèvements faits tout au long de 18 mois entre 1998 et 1999 ont révélé une moyenne de $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (CasaAirpol, 2000). D'autres prélèvements ont aussi été effectués auprès de quatre stations (Ain Sebaa, Mohammedia, Maarif et P. Marechal)³² et indiquent une moyenne annuelle de particules en suspension de $244 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (REEM, 2001).

4.17 Pour la ville de Rabat, des prélèvements ont été effectués dans sept stations (Wilaya, Bab Chellah, Bab Elhad, Ab Lincoln, Bab Rouah, Gare Routière et Dar Essalam) et les statistiques indiquent une moyenne de $243 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de particules en suspension (REEM, 2001). Pour la ville de Safi, des campagnes de prélèvements de très courte durée ont été effectuées entre 1996 et 1997 dans deux quartiers (Kaouki et Biada). Les résultats donnent une moyenne de $277 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de particules en suspension (Ministère de la Santé Publique, 1998). Pour les villes de Fès, Tanger et Marrakech, les données sur les particules en suspension n'existent pas. Pour les besoins de cette étude, une certaine analogie a été établie entre ces villes et d'autres villes marocaines pour lesquelles des données existent.

4.18 **Deuxième étape: identifier la population vulnérable à la pollution.** Les populations urbaines des six villes, mentionnées ci-dessus, ont été prises en compte. Les données démographiques proviennent du Ministère de la Santé (Santé en chiffres, 2001). Certains impacts affectent plus particulièrement une certaine portion de la population (telle que les adultes, les enfants de moins de quinze ans, ou encore les

enfants de moins de cinq ans). Les données sur la répartition démographique des six villes ont été estimées par extrapolation des moyennes nationales.

4.19 **Troisième étape: évaluer l'incidence sur la santé au moyen des ratios dose-réponse.**

La troisième étape consiste à évaluer l'impact sur la santé des particules fines en suspension. Cette étude se base sur les résultats de plusieurs études internationales. Dans le cas de Casablanca uniquement, les estimations reposent en partie sur les corrélations significatives identifiées dans l'étude CasaAirpol. Plusieurs études scientifiques ont établi un rapport entre les niveaux de PM_{10} et la mortalité et morbidité. Les principaux impacts sur la santé sont la mortalité prématurée, la bronchite chronique, l'hospitalisation et les consultations d'urgences des patients pour des problèmes respiratoires, les journées d'activité restreinte chez les adultes, et les maladies du système respiratoire inférieur chez les enfants. Les ratios dose-réponse proviennent de l'étude de Lvovsky et al (2000) et sont présentés dans le Tableau 4.3.

Tableau 4.3 Air: Ratios dose-réponse

Impact annuel sur la santé	Impact pour $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10}
Mortalité (% changement du taux de mortalité brut)	0.084
Bronchite chronique (pour 100,000 adultes)	3.06
Admissions hospitalières pour problèmes respiratoires (pour 100,000 individus)	1.2
Consultation aux urgences (pour 100,000 individus)	23.5
Journées d'activité restreinte (pour 100,000 individus)	5,750
Maladie du système respiratoire inférieur chez les enfants (pour 100,000 enfants)	169
Symptômes respiratoires (pour 100,000 adultes)	18,300

Référence: Lvovsky et al (2000)

4.20 Les ratios dose-réponse pour la morbidité sont exprimés par rapport aux changements de l'état de santé dus aux concentrations de polluants. Le ratio dose-

³² Ces stations sont des stations de «proximités» car elles se situent à côté d'artères routières, de carrefours, etc.

réponse pour la mortalité est exprimé par un changement du pourcentage du taux de mortalité brut, celui-ci étant de 4.9 pour 1,000 personnes au Maroc (REEM, 2001).

4.21 En se basant sur l'approche décrite ci-dessus, il est estimé que près de 2,300 personnes meurent prématurément au Maroc à cause de la pollution de l'air. De plus, il est estimé que la pollution de l'air provoque près de 14,000 cas de bronchites chroniques, 26 millions de journées d'activité restreinte, et 85 millions de symptômes respiratoires. La pollution de l'air est également responsable de nombreux cas d'hospitalisation et d'admissions aux urgences dus aux problèmes respiratoires (voire Annexe II pour de plus amples détails).

4.22 Afin de pouvoir comparer la mortalité et la morbidité, un indicateur commun, le DALY, est utilisé. Cet indicateur convertit la mortalité et la morbidité en un nombre d'années perdues dû à l'invalidité (voire Tableau 4.4). Dans le cas du Maroc, le nombre de DALYs perdus chaque année à cause de la mortalité est estimé à près de 23,000. Quant aux nombres de DALYs perdus à cause de la morbidité, ils sont estimés à 50,000 (voire Annexe II pour de plus amples détails).

Table 4.4 Air: Estimation des DALYs

Impact sur la Santé	DALYs perdus pour 10,000 cas
Mortalité	100,000
Bronchite chronique	12,037
Admissions à l'hôpital pour problèmes respiratoires	264
Consultation aux urgences	3
Journées d'activité restreinte	3
Maladie du système respiratoire inférieur chez les enfants	3
Symptômes respiratoires	3

Référence: Lvovsky et al (2000)

4.23 **Quatrième étape : évaluer les risques de mortalité.** Pour quantifier les risques de mortalité, deux approches sont le plus couramment utilisées. L'approche de la valeur du capital humain (*human capital approach*) et celle du consentement à payer (CAP). L'approche de la valeur du capital humain évalue la perte de revenus (à vie) d'un individu à

partir de son décès. Cette approche est donc limitée à la contribution économique d'un individu dans la société. Par contre, l'approche du CAP évalue la disposition à payer des individus pour réduire le risque de mortalité. Plusieurs études aux Etats-Unis et en Europe ont démontré que le CAP est souvent 4 à 8 fois supérieur aux résultats de la valeur du capital humain.

4.24 Dans le cas du Maroc, l'étude se base sur l'approche de la valeur du capital humain comme borne inférieure, et sur le CAP comme borne supérieure. Ainsi, un DALY perdu à cause de la pollution de l'air est évalué au PIB par habitant comme borne inférieure et au CAP comme borne supérieure. Comme il n'existe pas au Maroc d'études sur le consentement à payer pour réduire les risques de mortalité, l'étude considère la disposition à payer estimée en Europe et aux Etats-Unis qu'elle ajuste au Maroc en tenant compte de la différence de PIB.

4.25 **Cinquième étape : évaluer la morbidité.** Pour la morbidité, deux approches ont été appliquées dans le cas du Maroc. La première consiste à évaluer un DALY au PIB par habitant, pour tenir compte de la souffrance associée aux maladies respiratoires. La seconde consiste à estimer les frais médicaux nécessaires pour traiter les maladies respiratoires telles que la bronchite chronique et les maladies du système respiratoire inférieur chez les enfants (de plus amples détails sont fournis en Annexe II).

4.26 **Valeur récréative:** Bien que l'impact majeur de la pollution de l'air se fasse sentir surtout sur la santé, il existe néanmoins des désagréments associés à une baisse de la visibilité et de la beauté du paysage. Une étude (Belhaj, 2003) sur le consentement à payer des ménages marocains pour réduire la pollution de l'air de 50% dans la région de Rabat-Salé a révélé un CAP variant entre 67 et 82 Dh/mén./mois en 1995. Ce CAP tient compte de tous les impacts de la pollution de l'air. En théorie, il est très difficile de distinguer les différentes valeurs attribuées à chaque impact. Cependant, d'après les experts de l'étude Rabat-Salé, le CAP reflétait largement la disposition à payer de la population de Rabat-Salé pour

réduire l'impact de la pollution de l'air sur la santé. Afin de refléter le CAP pour améliorer la qualité de vie (hors impact sur la santé) seule une petite fraction (10%) a été retenue dans cette étude. Après avoir mis à jour les données en tenant compte de l'inflation, un CAP variant entre 7-9 Dh/mén./mois a été appliqué à la population de 9 villes marocaines comparables à Rabat-Salé en matière de pollution atmosphérique. Il s'agit du Grand Casablanca, de Rabat-Salé, Marrakech, Mekhnès, Fès, Grand Agadir, Tanger, Oujda et Safi.

4.3.2 Pollution intérieure de l'air.

4.27 Comme on l'a vu plus haut, la consommation de l'énergie traditionnelle, (plus particulièrement le bois de feu et le charbon de bois) en milieu rural, est très élevée au Maroc. Elle représente près de 30% de la consommation globale d'énergie (comparée à 3% en Egypte et 12% en Tunisie). Bien qu'il n'existe pas d'études sur l'impact de la consommation du bois de feu dans les ménages, la présente étude se base sur la méthodologie développée par Smith (2000). Cette méthodologie est présentée brièvement dans l'Annexe II. Les impacts principaux sur la santé incluent les infections respiratoires aiguës chez les enfants de moins de cinq ans, les maladies pulmonaires obstructives chroniques, et les maladies cardiaques chez les femmes. L'étude Smith 2000 se limite aux impacts sur les enfants de moins de cinq ans et les femmes adultes, car ces dernières passent une plus grande partie de leur temps à l'intérieur des foyers. Les maladies respiratoires sont converties en DALYs. Le nombre total de DALYs perdus varie entre 40,000 et 65,000 chez les enfants et entre 15,000 et 40,000 chez les femmes adultes.

4.28 Basé sur les méthodologies présentées ci-dessus, l'impact total de la pollution extérieure de l'air est estimé entre Dh 1.4 et 2.7 milliards, soit une moyenne de Dh 2.1 milliards (0.6% du PIB). La pollution intérieure de l'air varie entre Dh 0.7 et 2.7 milliards, soit une moyenne de Dh 1.5 milliards (0.4% du PIB). Les résultats des estimations sont présentés dans le tableau 4.5 et en détail dans les Annexes I et II.

Tableau 4.5 Air: Coûts annuels des dommages (estimation moyenne, 2000)

	Dh (millions)	% PIB
Santé/Qualité de vie		
Pollution extérieure		
Mortalité (DALY perdus)	863	0.25
Morbidité (DALY perdus)	623	0.18
Coût du traitement	433	0.12
Désagrément	148	0.04
Pollution intérieure		
Impact sur les enfants	503	0.14
Impact sur les femmes	1,065	0.30
Total	3,635	1.03

4.4 COUT DE REMPLACEMENT

4.29 En dix ans, des progrès ont été réalisés en matière de connaissance de l'état de l'air. Plusieurs études ont été menées et ont prouvé la dégradation continue de la qualité de l'air, tout en dégageant ses impacts négatifs sur la santé. Or, beaucoup reste à faire sur le plan pratique, afin de réduire les émissions dont les effets sur la santé de la population urbaine et rurale sont importants. Le tableau 4.6 montre les principales actions identifiées dans le PANE (2002) pour lutter contre la pollution de l'air. Ces actions sont un peu plus détaillées dans l'Annexe I.

Tableau 4.6 Air: Coûts annuels de remplacement

Sources des coûts	Dh millions/an	% PIB
Protection de l'air	470	0.13
Amélioration de l'environ. urbain et péri-urbain	2,350	0.66
Secteur transport	3	0
Secteur énergie	2	0
Pollution intérieure de l'air	0.8	0
Energies renouvelables	6.5	0

Pour plus de détails voir Annexe I.

4.30 Bien qu'il soit difficile de faire une comparaison directe entre les coûts des dommages et les coûts de remplacement, les tableaux 4.5 et 4.6 montrent à titre indicatif que les avantages des mesures efficaces visant à réduire les émissions dues au transport, au secteur industriel et au bois de feu, pourraient être nettement supérieurs aux coûts. Il est à

recommander d'entreprendre des études coût - bénéfiques pour les interventions environnementales, afin d'identifier les interventions qui engendreraient le plus de bénéfiques au moindre coût.

4.31 Parmi les mesures de remplacement susceptibles d'engendrer de larges bénéfices en terme de réduction de la pollution, citons les suivantes:

- (a) L'information: malgré les progrès réalisés, il reste beaucoup à faire en matière de surveillance de l'air. Des études devraient être menées non seulement pour mesurer la concentration des polluants dans l'air et suivre les progrès en matière de lutte contre la pollution, mais aussi pour dégager les relations entre ces pollutions et l'environnement: effets sur la santé, la qualité de vie et le capital naturel. Vu la complexité de la pollution, il serait intéressant de disposer d'un indice synthétique, à l'instar de l'indice "ATMO"³³ utilisé en France, conçu comme un indicateur de la qualité de l'air.
- (b) Développer l'utilisation d'instruments de régulation environnementale en matière de lutte contre la pollution de l'air : une législation et une réglementation appropriées, avec mise en place de normes et de moyens de les contrôler, sont certes importantes et nécessaires, mais elles restent insuffisantes. Il est temps que le Maroc engage une réflexion sur la mise en place d'une fiscalité environnementale visant à inciter les agents économiques à adopter des comportements moins polluants. Cette fiscalité pourrait concerner aussi bien les émissions de polluants que leurs sources (consommation d'énergie par exemple). Cette fiscalité, couplée à une politique d'aide, pousserait les agents économiques à acquérir des technologies propres.
- (c) Encourager l'utilisation des énergies renouvelables.

- (d) Aménager les plans de circulation urbaine et développer les transports en commun.
- (e) Faciliter l'accès de la population rurale aux services de base. A cet égard, la réalisation du Plan d'Electrification Rurale Globale permettrait à la fois d'atténuer la pollution intérieure (et ses effets sur la santé) et d'alléger les pressions sur la forêt.

³³Cet indice repose sur les concentrations de quatre polluants (dioxyde d'azote, PM10, ozone, dioxyde de soufre)

5. Sols et Forêts

5.1 DEGRADATION DES SOLS

5.01 Au Maroc, 93% des sols sont soumis à une aridité importante (désertique et aride (78%), semi-aride (15%)) et 7% des sols sont classés sub-humides et humides. Les sols sont fragiles à cause de leur faible teneur en matière organique, inférieure à 2% (même dans les zones humides). Ces sols subissent une érosion essentiellement hydrique et éolienne. Dans ces conditions, le processus de dégradation des sols au Maroc est le résultat de l'impact des facteurs naturels et humains. La surexploitation et la gestion non durable des sols, déjà fragiles, se traduisent par une perte de terres arables, une baisse des rendements sur les terres de culture et de parcours, un envasement des barrages, une perte en biodiversité, et un manque à gagner en terme d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre.

5.02 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. L'étude supposera que la majorité des terres agricoles sont cultivées en céréales³⁴. Le coût de dégradation des terres de culture correspondra donc à la valeur de la production céréalière perdue. Le coût de dégradation des terres de parcours sera quant à elle estimée à travers la valeur de la production fourragère perdue.

5.1.1 Méthode d'estimation de la dégradation des sols

5.03 La méthodologie retenue pour estimer la part des terres agricoles qui connaît une dégradation est celle qui a été mise au point par la FAO (2000). D'après cette dernière, la dégradation se traduit par la baisse temporaire ou définitive de la productivité des sols en raison de l'action humaine. La FAO a distingué quatre

³⁴ La superficie des terres à usage céréalier est de 5,2 millions d'hectare soit 60% des terres agricoles (terres irriguées exclues) (Banque mondiale, 2001).

degrés de dégradation, en termes de réduction de la productivité du sol :

Tableau 5.1 Sols: degrés de dégradation

Degré de dégradation	Effet
Léger	Faible réduction de la productivité
Modéré	Réduction importante de la productivité
Fort	Fonctions biologiques du sol largement détruites; sol non récupérable au niveau de l'exploitation
Extrême	Fonctions biologiques du sol largement détruites ; non récupérable.

Référence : FAO, 2000

5.04 Par ailleurs, la FAO distingue cinq intervalles de l'étendue géographique de la dégradation, c'est-à-dire la part des terres dégradées dans une unité géographique (mapping unit). Cette part peut ainsi varier entre 0-5% ; 5-10% ; 10-25% ; 25-50% et 50-100%.

5.05 En combinant les degrés et l'étendue géographique ou spatiale de l'érosion, la FAO obtient quatre classes de sévérité de la dégradation (légère, modérée, sévère et très sévère) et donc vingt combinaisons degré-étendue que le tableau 5.2 met en relief :

Tableau 5.2 Sols: degrés, étendue et classes de dégradation selon la FAO

Degré de dégradation	Etendue de la dégradation (%)				
	0-5	5-10	10-25	25-50	50-100
Léger					
Modéré					
Fort					
Extrême					

Classes de sévérité	Description
Légère	
Modérée	
Sévère	
Très sévère	

5.06 Le tableau 5.2, entraîne les remarques suivantes :

- Classe très sévère: peut signifier soit que 10 à 25% des terres subissent une dégradation

extrême, soit que 25 à 50% des terres subissent une dégradation forte, soit enfin que 50 à 100% des terres subissent une dégradation modérée.

- Classe sévère : signifie soit que 10 à 25% des terres subissent une dégradation forte, soit que 25 à 50% des terres subissent une dégradation modérée, soit enfin que 50 à 100% des terres subissent une dégradation légère.

5.07 Application au cas Marocain. Le tableau 5.3 montre la dégradation des sols sur tout le territoire marocain (provinces sahariennes non incluses). Il indique que 19% des terres subissent une dégradation sévère à très sévère, soit 8,7 millions ha :

Tableau 5.3 Dégradation des terres au Maroc (FAO, 2000)

Classe de dégradation	Superficie (000ha)	part (%)
Aucune	2,000	4%
Légère	4,200	9%
Modérée	29,700	67%
Sévère	6,300	14%
Très sévère	2,400	5%
Total	44,700	

5.1.2 Dégradation des terres agricoles

A. Estimation des terres agricoles dégradées

5.08 Les cultures annuelles sont le plus souvent considérées comme une cause de la dégradation du sol. La FAO ne relève pas la dégradation du sol qui affecte les terres agricoles. Cependant, il a été possible d'estimer les terres dégradées à cause d'activités agricoles³⁵. En effet, la FAO fixe à cinq les causes de la dégradation : déforestation, surpâturage, activités agricoles, surexploitation de la biomasse et activités industrielles.

³⁵“L'enquête menée par la FAO a identifié, pour chaque unité géographique, la raison principale de la dégradation. Une des raisons mentionnées est celle liée aux pratiques agricoles” (FAO, 2000).

5.09 Concernant la cause «activités agricoles», il s'agit de terres dégradées par les seules activités agricoles. D'après le tableau 5.4, elles s'élèveraient à 8,7 millions ha et représenteraient 19%³⁶ de la superficie totale (provinces sahariennes non comprises). Elles correspondraient ainsi à 100 %³⁷ des terres sévèrement dégradées. Cela signifie que la totalité des terres sévèrement dégradées le sont à cause d'activités agricoles.

Tableau 5.4 Dégradation des sols due aux activités agricoles au Maroc (FAO, 2000)

Classe de dégradation	Maroc
Superficie totale (000ha)	44,700
Dégradation des sols	
Dégradation sévère (000ha)	6,300
Dégradation très sévère (000ha)	2,300
Dégradation totale (000ha)	8,700
% de la superficie totale dégradée	19%
Dégradation des sols due aux activités agricoles	
Dégradation sévère (000ha)	8,700
Dégradation très sévère (000ha)	
Dégradation totale (000ha)	8,700
% de la superficie dégradée en raison des activités agricoles	100%
% de la superficie totale dégradée en raison des activités agricoles	19%

5.10 D'après le tableau 5.4, 8,7 millions d'hectares appartiennent à la classe de sévérité « sévère ». Conformément au tableau 5.2, une classe sévère correspond à plusieurs combinaisons de degrés et d'étendue de la dégradation. On peut en tirer les scénarios suivants :

- soit que 10 à 25% de l'étendue des terres subissent une dégradation forte ;
- soit que 25 à 50 % de l'étendue des terres subissent une dégradation modérée ;
- soit que 50 à 100% de l'étendue des terres subissent une dégradation légère.

5.11 De toutes les enquêtes menées sur la dégradation des sols au Maroc, aucune n'indique la possibilité d'une dégradation « forte » des sols (soit une perte non récupérable des fonctions

³⁶Pour l'Algérie, la Tunisie, l'Egypte, ce taux est respectivement de 13%, 31% et 5%

³⁷Pour l'Algérie, la Tunisie, l'Egypte, ce taux est respectivement de 62%, 41% et 60%

biologiques du sol). Ainsi, seuls les scénarios de la dégradation modérée et légère seront retenus dans cette analyse.

5.12 A titre d'exemple, une étude de la FAO au Maroc avait montré dès 1975 que sur une superficie des grands bassins versants de 22,7 millions d'hectares, 8,2 millions sont cultivables dont presque 50% nécessitent des mesures sévères de conservation du sol, ce qui donne une superficie de 4,1 millions d'hectares ; le reste des bassins, soit 14,5 millions d'hectares, ne devraient pas être cultivés.

5.13 Une enquête réalisée par le Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole (MAMVA, 1996) a montré que 2,1 millions d'hectares de terres agricoles sont soumis à l'érosion hydrique. Cette superficie est sous-estimée en raison du fait que les auteurs n'ont considéré que les sites prioritaires qui nécessitent une intervention d'urgence, alors que le potentiel est de loin supérieur à ce chiffre. On peut donc considérer que ce dernier chiffre correspond à une dégradation sévère à très sévère.

B. Estimation de la baisse du rendement agricole

5.14 Dans une étude visant à estimer le coût de dégradation des sols dans la région de l'Asie du Sud, Young (1994 & 1998) a retenu les taux de baisse des rendements céréaliers correspondant à chaque degré de dégradation: un degré de dégradation léger correspond à une baisse de rendement céréalier de 5%, un degré modéré de 20% et un degré fort de 75%. Cependant, seuls les scénarios de la dégradation légère et modérée seront retenus dans cette analyse³⁸.

5.15 Sur la période 1980-2000, le rendement moyen des céréales au Maroc s'élève en moyenne à 10 quintaux/ha (calculs effectués sur

³⁸ A titre comparatif, une étude visant à évaluer l'impact de l'érosion des sols sur la productivité des terres de cultures en Afrique a montré que l'érosion des sols a entraîné une baisse de productivité variant entre 2 et 40% sur le continent (Lal, 1995).

base de statistiques céréalières officielles, MADREF, 2001). En retenant ce chiffre, ainsi que les taux léger et modéré de baisse, la perte du rendement serait comme suit :

- dégradation légère : perte de 0.5 qx/ha (soit 5% de baisse du rendement céréalier) ; et
- dégradation modérée : perte de 2 qx/ha (soit 20% de baisse du rendement céréalier).

5.16 Ces taux de baisse du rendement sont confirmés par l'évolution de la production céréalière au Maroc sur la période 1980-2000, pendant laquelle la production céréalière a connu un taux de croissance annuel moyen insignifiant, de l'ordre de 0.52%, essentiellement dû à une augmentation de la superficie.

5.17 Sur base d'un certain nombre de documents du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR), d'une enquête que nous avons menée dans la province de Taounate et des discussions avec des experts du Ministère, la marge par quintal pour les trois principales cultures céréalières³⁹, blé tendre, blé dur et orge, s'élèverait en moyenne à 46%⁴⁰ du prix aux producteurs⁴¹. En 2000, le prix du blé tendre, du blé dur et de l'orge était respectivement de 257, 286 et 227Dh/ql, soit un prix moyen pondéré de 258 Dh par quintal. Une baisse de productivité agricole résulte en une diminution du rendement, alors que les coûts des intrants restent (en partie) inchangés. Ainsi, la perte de revenu agricole est donc égale aux nombres de quintaux perdus, évalués au prix de vente (en équivalent blé).

C. Coût de dégradation des terres de culture

5.18 Pour estimer le coût de dégradation, nous nous pencherons d'une part sur la moyenne entre la borne inférieure de l'érosion modérée et légère, et de l'autre sur la moyenne entre la

³⁹ Ces trois cultures occupent 94% de la Surface Agricole Utile (SAU) céréalière nationale.

⁴⁰ Il s'agit d'une moyenne pondérée par la part de chaque culture dans la production céréalière (maïs non compris).

⁴¹ Il s'agit des prix payés aux producteurs juste après la récolte. Chaque année, le MADR publie les statistiques relatives à ces prix sous le titre « Prix Payés aux Producteurs des Produits Agricoles ».

borne supérieure de l'érosion modérée et légère. D'après le tableau 5.5, le coût de dégradation varie entre Dh 842 et 1,683 millions. Soit une moyenne de près de Dh 1,263 millions (ou 0.36% du PIB).

Tableau 5.5 Estimation du coût de la dégradation des terres de culture

	Borne inf.	Borne sup.
Erosion modérée	25%	50%
Terres agricoles dégradées (000ha)	2,175	4,350
Taux de baisse	20%	20%
Baisse du rendement (qx/ha)	2	2
Production perdue (000qx)	4,350	8,700
Valeur perdue (million Dh)	1,122	2,244
Erosion légère	50%	100%
Terres agricoles dégradées (000ha)	4,350	8,700
Taux de baisse	5%	5%
Baisse du rendement	0,5	0,5
Production perdue (000qx)	2,175	4,350
Valeur perdue (million Dh)	561	1,122
Moyenne (million Dh)	842	1,683

5.1.3 La dégradation des terres de parcours

5.19 Le Maroc compte environ 65 millions ha de terres de parcours. Elles constituent la première source de l'alimentation animale (30%). Ces terres subissent des pressions dues à la conjugaison de facteurs climatiques (érosion, sécheresse) et anthropiques (défrichements, surpâturage, arrachage des espèces ligneuses). D'après le REEM (2001), les terres de parcours sont réparties selon les régions tel qu'indiqué dans le tableau 5.6.

5.20 *Les terres de parcours dégradées.* La part des parcours dégradés ne sera calculée que pour les parcours à dominante steppique (région saharienne non comprise) et ceux à dominante forestière⁴². Ces parcours s'élèvent respectivement à 12 (58-46) et 5,1 millions ha (d'après le tableau 5.6). La part des parcours dégradés est respectivement de 46% et 19%. Il s'agit d'une moyenne calculée sur base

⁴² Les données ne sont pas disponibles pour les autres régions.

d'indications données par le MADREF et reprises par le REEM (2001).

Tableau 5.6 Répartition des terres de parcours (millions d'hectares)

	Superficie	Forêts	Steppes
Dominante steppique	58	0,64	57,4
Saharienne	46	0	46
Présaharienne	5.7	0.06	5.6
Oriental	5	0.3	4.7
Nord atlas	1.3	0.29	1.01
Arganeraie	1.5	0.7	0.8
Dominante forestière	5.1	4.7	0.4
Moyen Atlas	1.2	1.0	0.2
Haut Atlas	2.2	2.0	0.2
Rif	0.9	0.9	0
Mamora, plateau centr.	0.8	0.8	0
Dominante céréalière	0.1	0	0.1
(pâturage du sahel)			
Meseta côtière	0.1	0	0.1
Total	64.7	6.1	58.1

5.21 *La productivité fourragère des terres de parcours.* A partir d'indications puisées dans « Le Plan National d'Aménagement des Bassins Versants » (MAMVA, 1994 et 1995), nous avons estimé la productivité de ces terres dans les régions à dominante steppique (région saharienne non comprise) et celles à dominante forestière respectivement à 79 et 558 unités fourragères par hectare⁴³.

5.22 *La perte de productivité due à la dégradation des parcours.* Le « Plan National d'Aménagement des Bassins Versants » a retenu deux taux de perte : 6 et 10%. Ces taux nous ont permis d'estimer la production totale fourragère perdue. Elle se situerait entre 26 et 44 millions d'unités fourragères dans les régions à dominante steppique et entre 32 et 54 millions dans les régions à dominante forestière.

⁴³ Une unité fourragère correspond à près d'un kilogramme d'orge.

Tableau 5.7 Estimation de la perte de production fourragère

	Dom. steppiq ue	Dom. Foresti ère	Total
Taux de perte 10%			
Superficie Parcours (000ha)	12,000	5,100	17,100
Part des parcours dégradés	46%	19%	
Production unitaire uf/ha/an	79	558	
Perte de rendement	0.1	0.1	
Perte (000UF)	44,096	54,070	98,166
Taux de perte 6%			
Superficie Parcours (000ha)	12,000	5,100	17,100
Part des parcours dégradés	46%	19%	
Production unitaire uf/ha/an	79	558	
Perte de rendement	0.06	0.06	
Perte (000UF)	26,458	32,442	58,900

5.23 Coût de dégradation des terres de parcours. Avec un prix de l'orge de 227Dh le quintal, le coût total s'élèverait à 178 millions Dh (moyenne) soit 0.05% du PIB en 2000.

Tableau 5.8 Estimation du coût de dégradation des terres de parcours

Nature des parcours	Dom. steppiq ue	Dom. forestiè re	Total
Parcours Dégradés (000ha)	5,520	969	6,489
Coût (millions Dh) perte 10%	100	123	223
Coût (millions Dh) perte 6%	60	74	134
Coût (millions Dh) moyenne	80	98	178

5.1.4 Coût total de la dégradation des sols

5.24 L'estimation totale de la dégradation des sols varie entre Dh 975 et 1,900 millions, soit une moyenne de près de Dh 1,440 millions (0.41% du PIB). Il est important de noter que cette analyse se limite à la dégradation des sols de culture et ne considère pas l'impact de la salinisation sur les sols irrigués. Ainsi, le résultat aurait tendance à sous-évaluer l'impact total de la dégradation des sols.

5.2 DEFORESTATION

5.2.1 Pressions sur la forêt

5.25 La forêt marocaine subit des pressions sous l'effet de la croissance démographique et des conditions climatiques.

- On estime à 31,000 ha les surfaces forestières détruites chaque année

(MAMVA, 1996), dont 4,500 ha au titre du défrichement (essentiellement dans le Rif, le Haut Atlas et le Souss), 22,000 ha au titre de l'énergie (bois de feu), et 4,500 ha incendiés.

- Le bois de feu constitue la deuxième source d'énergie au Maroc (après le pétrole) et représente 30% du bilan énergétique du Maroc. La consommation annuelle du bois de feu est estimée à 11.3 millions de tonnes, dont 58% proviennent de la forêt, soit 5.9 millions de tonnes ou 6 à 7 millions de mètres cubes. Cependant, la production durable du bois de feu n'est que de 3 millions de m³/an. Il en résulte **une surexploitation** de la forêt estimée entre 3 à 4 millions m³/an, en raison des prélèvements non contrôlés de bois .
- Le pâturage en forêt assure 17% de l'alimentation du cheptel, soit 1.7 milliards d'unités fourragères. Il est considéré comme l'une des principales causes de la dégradation des écosystèmes forestiers : la charge animale par hectare est de 3 à 5 fois supérieure à la normale. Ce **surpâturage** se traduit par un déficit de 23%.

5.2.2 Les fonctions de la forêt

5.26 La forêt assure des fonctions de production et d'environnement. Dans les premières, on trouve la production de produits forestiers ligneux (bois, bois de feu) et non ligneux (champignons, miel, plantes médicinales, etc.). Parmi les secondes, on peut citer le rôle de la forêt dans la protection du sol, la régulation de l'érosion, la lutte contre l'envasement des barrages. La forêt peut agir sur le climat par le stockage de gaz carbonique ; de même, elle offre des services liés à l'aspect récréatif et esthétique (paysage), et abrite la biodiversité. Enfin, son existence même est en soi un bénéfice, pour la simple raison qu'elle s'intègre dans un écosystème global dont la durabilité nécessite l'existence de la forêt.

5.27 Les économistes distinguent habituellement à l'occasion de l'évaluation d'un actif environnemental, entre deux types de valeurs : les valeurs liées à l'usage de cet actif

(*use values*) et celles de non-usage (*non-use values*). Concernant la forêt, il s'agit pour les premières de la production de bois, et pour les secondes de la protection de la biodiversité, par exemple. Le tableau 5.9 précise davantage ces valeurs.

Tableau 5.9 Valeurs d'usage et de non-usage de la forêt

Fonctions	Type de valeur	Méthode d'évaluation des fonctions
<i>Fonctions de production</i>	VU	
Produits ligneux	VU	Prix du marché
Produits non ligneux		Prix du marché/ Coût d'opportunité
<i>Fonctions d'environnement</i>		
Récréation	VU	Coût de déplacement/MVC
Paysage	VU	MVC
Protection du sol	VU	
Réduction de la pollution	VU	
Séquestration de carbone	VU	
Biodiversité (vie sauvage)	VNU	
Existence de la forêt	VNU	

VU: valeur d'usage; VNU : valeur de non-usage; MVC : méthode de la valeur contingente.

5.2.3 Estimation du coût de dégradation de la forêt

5.28 Le coût de cette dégradation correspond aux bénéfices perdus en raison de la déforestation, qui fait que certaines fonctions de la forêt ne sont plus ou sont insuffisamment remplies. Faute de pouvoir estimer le coût lié à chaque fonction, à cause d'un manque d'information, l'étude a distingué entre deux types de coûts: le coût relatif aux bénéfices ligneux perdus (essentiellement le bois) et celui lié aux bénéfices non ligneux.

5.29 **La perte de produits ligneux.** Bien que la déforestation touche 31,000ha, seule la partie incendiée (soit 4,500ha) a perdu la valeur du stock des produits ligneux. Pour la surface défrichée (4,500ha), la valeur du stock de bois a probablement été récupérée lors de la conversion de cette forêt en terrain agricole. Pour ce qui est de la surface forestière détruite au titre du bois de feu, il s'agit là d'une décision économique (et

non d'un dommage environnemental). Même si la production de bois d'œuvre aurait constitué la meilleure valorisation de la forêt, cette dernière a été détruite pour récupérer du bois de feu afin de répondre aux besoins de la population.

5.30 Bien que toute la surface forestière détruite ait perdu son rendement annuel « durable » de bois, ces terrains ont été convertis à d'autres utilisations. Ainsi, pour estimer la perte en valeur bois, il faudrait estimer la valeur actualisée de la perte définitive d'un rendement « durable », et soustraire la valeur actualisée de la fonction alternative des terrains. L'estimation de la valeur du bois définitivement perdu est assez complexe, et l'on se limitera, dans cette étude, à évaluer la valeur du stock de bois perdu à cause des incendies de forêt. Le volume total sur écorce des arbres vivants dépassant 10 cm de diamètre à hauteur de poitrine est estimé à 27 m³/ha (FAO, 2001). La valeur économique du bois d'œuvre est estimée à près de Dh 675/m³ (Banque mondiale, 1999b). Ainsi, la perte en valeur de bois d'œuvre est estimée à Dh 82 millions.

5.31 *Les pertes de bénéfices non ligneux.*

Les bénéfices non ligneux comprennent l'aspect récréatif, la protection du sol, la réduction de la pollution, la valeur d'existence de la forêt (le rôle de la forêt dans l'atténuation des effets de serre n'est pas compris). D'après une étude visant à estimer la richesse forestière des pays, (Kunt et al, 1998) la valeur des produits non ligneux de la forêt varie entre \$145 par hectare dans les pays développés, et \$112 par hectare dans les pays en voie de développement. Bien qu'aucune étude n'ait été effectuée au Maroc pour estimer la valeur des produits non ligneux, notre étude retiendra la valeur de \$112 par hectare, soit près de Dh 1200 par hectare. La perte de 31,000 hectares se traduirait ainsi par une perte de produits non ligneux estimée à près de 37 millions de Dh. A titre comparatif, une étude menée par Chomitz, Brenes, et Constantino (1998) a montré, dans le cas du Costa-Rica, que les bénéfices non ligneux par hectare de forêt (le bénéfice lié à l'atténuation de l'effet de serre n'est pas compris) varient entre \$43 et \$94.

5.32 Le coût total de la dégradation des sols et de la déforestation est ainsi estimé à 1,560 millions Dh, soit 0.44% du PIB (pour plus de détails voir annexe I et II).

Tableau 5.10 Sols et forêts: Coûts annuels des dommages (estimation moyenne, 2000)

Sols	Dh (millions)	% PIB
Capital naturel		
Terres de culture	1,263	0.36%
Terres de parcours	178	0.05%
Déforestation	119	0.03%
Total	1,560	0.44%

5.3 COUT DE REMPLACEMENT

5.33 Concernant la dégradation des sols, l'application des mesures prévues par le Plan National d'Aménagement des Bassins Versants (MAMVA, 1995) pour lutter contre l'érosion nécessite une dépense annuelle de 150 millions Dh sur 20 ans.

5.34 Concernant la déforestation, le coût de remplacement correspond au coût de reboisement d'un hectare, multiplié par la superficie déboisée. Le coût de reboisement a été calculé sur base des données relatives à l'évaluation du deuxième programme forestier que le Maroc a mis en œuvre pendant la période 1992-1998 (Banque mondiale, 1999b). Ce programme comprend trois composantes: la planification forestière, les opérations forestières, et les activités de support. L'évaluation de ce programme, faite en 1998, a montré que 14,285 hectares ont été reboisés pour un coût global de \$18 millions de \$US, soit un coût par hectare de \$1254. En tenant compte du taux d'inflation et du taux de change, le coût de reboisement par hectare s'élèverait en 2000 à près de Dh12,260. Ainsi, le coût total de reboisement des 31,000 hectares serait de Dh 380 millions.

5.35 Les coûts totaux de remplacement, compte tenu du programme de lutte contre l'érosion, du reboisement de la surface forestière détruite, ainsi que d'autres actions identifiées dans le PANE (2002) s'élèveraient à près de Dh 540

millions par an (Tableau 5.11). Il est utile de rappeler que la somme des coûts de remplacements n'est pas comparable à celle des coûts des dommages. Faute de données, et en raison de la complexité de l'opération, les coûts des dommages ne tiennent pas compte de tous les impacts environnementaux liés à la dégradation des sols et des forêts. De même les coûts de remplacement ne comprennent que certaines mesures pour contrecarrer la dégradation. Il serait ainsi souhaitable d'investir d'avantage dans la recherche afin de mieux connaître les rapports entre «efforts de protection» et le «rythme de dégradation».

Tableau 5.11 Coûts annuels de remplacement

Actions	Dh (millions/ an)
Lutte contre l'érosion	150
Pollution agricole	1
Gestion des stocks des produits phytosanitaires obsolètes	1
Phénomène de désertification	5
Reboisement	380
Sauvetage des écosystèmes (aires protégées, etc.)	2
Substitution d'énergie	3

Pour plus de détails voir Annexe I.

5.36 Malgré les mesures prises au Maroc afin de réduire l'érosion des sols, la déforestation et la désertification, beaucoup reste à faire pour atteindre des résultats optimaux. Les avantages d'une gestion efficace des sols et des forêts seraient supérieurs aux coûts de remplacement. Une meilleure politique de gestion des ressources servirait à réduire la dégradation des sols aussi bien que la déforestation et la désertification. Sachant que la dégradation des sols et la désertification ont des effets négatifs sur les précipitations à long terme, une gestion optimale des ressources doit donc figurer parmi les priorités pour un environnement durable.

6. Déchets

6.1 PRESSIONS SUR L'ENVIRONNEMENT

6.01 En l'an 2000, la production totale de déchets solides au Maroc était estimée à près de 20,700 tonnes par jour. La nature des déchets est présentée dans le tableau 6.1 ci-dessous.

Tableau 6.1 Estimation de la production de déchets, 2000

Type de déchets	Tonnes /jour	Remarques
Domestiques	17,800	69% sont produits en milieu urbain.
Industriels	2,670	dont 12% sont considérés comme des déchets dangereux (déchets organiques, minéraux liquides et solides).
Médicaux	33	3 à 10% sont considérés comme des déchets à risque.

Référence: REEM, 2001

6.02 Le taux de collecte des déchets domestiques dans les centres urbains varie entre 70 et 100%. Leur élimination dans des décharges non contrôlées est problématique. En effet, en l'absence de traitement et de recyclage (moins de 2% sont recyclés) et compte tenu de leur composition (les matières organiques en représentent 50 à 70%, avec un taux d'humidité de 70%), les déchets domestiques représentent une menace pour l'environnement et la santé. Ces pressions ne feront qu'augmenter dans les prochaines années, avec une production de déchets solides domestiques qui se situerait entre 32,000 et 34,000 tonnes par jour en 2020 (JICA, 1997 et Jorio, 2000). Quant à la propreté des villes, celle-ci est très variable selon les villes. Le pourcentage des rues balayées au moins une fois par semaine varie entre 30 et 100% (REEM, 2001).

6.03 Malgré le manque d'information à ce sujet, le REEM, 2001 indique que le taux de collecte des déchets industriels pourrait être de l'ordre de 100%. La collecte est assurée par les unités de production, qui en stockent environ 72% dans les usines (ou dans un lieu dépendant

des entreprises et aménagé à leur proximité), en recyclent 23% et en évacuent 5% vers les décharges. Par contre, à cause de la défaillance des incinérateurs, une grande partie des déchets médicaux est acheminée vers les décharges publiques.

6.04 L'insuffisance de la collecte des déchets solides (essentiellement domestiques) ainsi que leur élimination dans des décharges non contrôlées ont des conséquences négatives sur la santé publique et l'environnement. Au Maroc, aucune décharge ne dispose de systèmes d'étanchéité ou de collecteurs de bio gaz et de lixiviats destinés à la protection des eaux et des sols. Le tableau 6.2 résume les impacts négatifs des déchets sur la santé et les ressources naturelles.

Tableau 6.2 Impacts environnementaux des déchets

Santé	Qualité de vie	Ressources naturelles
Prolifération de maladies graves à travers des agents directs ou indirects de propagation (rats)	Propreté des villes	Impact sur la qualité de l'eau
Emanation de gaz toxiques (méthane, hydrogène sulfureux)	Dégradation du paysage	Contamination du sol

6.2 COUT DE LA DEGRADATION

6.05 Dans le cadre de cette étude, il n'a pas été possible d'estimer tous les impacts des déchets sur la santé, le cadre de vie et les ressources naturelles. Nous noterons en particulier l'impact des déchets industriels, médicaux et hasardeux non traités, et l'impact des déchets sur la qualité récréative et touristique des sites naturels. En raison de la complexité liée à l'estimation de ces impacts, nous espérons qu'ils feront l'objet d'études plus approfondies dans l'avenir.

6.2.1 Impact sur la santé

6.06 *Déchets municipaux.* Dans la plupart des villes marocaines, la collecte des déchets ainsi que la propreté des villes sont jugées non satisfaisantes par les habitants. Cependant, en dépit de la non-existence de marchés conventionnels pour l'évaluation de ces services, l'évaluation contingente peut être utilisée dans le but d'estimer le consentement à payer des citoyens pour une meilleure prestation des municipalités. Ce fut le cas en 1995 lorsqu'une étude a été menée à Rabat-Salé (Belhaj, 1995). Le marché hypothétique présenté aux échantillons des deux villes faisait l'objet d'un scénario décrivant les services municipaux qui pourraient devenir plus efficaces si le citoyen était disposé à contribuer mensuellement par une somme d'argent. Ces services concernaient principalement l'amélioration de la collecte et de la propreté des villes. Pour les deux villes considérées par l'enquête, un CAP moyen mensuel de 40 Dh par ménage a été estimé.

6.07 Afin d'évaluer les bénéfices d'un service amélioré à l'échelle nationale, une extrapolation aux autres villes du Maroc été faite. Par conséquent, dans le cadre de la présente étude, le CAP de 1995 a été repris, avec ajustement des résultats au taux d'inflation moyen (soit 1.9% durant la période 1995-2000). Ainsi, un CAP mensuel de 44 Dh par ménage a été retenu. Appliquée à tous les ménages urbains du Maroc, cette estimation s'élève approximativement à 1.5 milliards de Dh, soit environ 0.4% du PIB national.

6.08 *Décharges sauvages.* L'impact des décharges sauvages sur l'environnement (à travers le danger qu'elles représentent pour les récupérateurs qui travaillent sur le site, les odeurs, la prolifération des rongeurs et des insectes.) peut être estimé à travers la perte de la valeur foncière des terrains avoisinants. En utilisant la méthode des prix hédoniques, une enquête entreprise en Tunisie a démontré que la présence de décharges sauvages (surtout en milieu urbain et peri-urbain) peut entraîner une dévaluation des prix des terrains allant jusqu'à 35%. Cependant dans le cadre de la présente

étude, il n'a pas été possible d'estimer cet impact au Maroc.

6.2.2 Impact sur les ressources naturelles

6.09 Le manque de traitement et de mise en décharge contrôlée des déchets dangereux peut entraîner la contamination des sols et des cours d'eau. Cet impact est complexe à évaluer, et n'a pu faire l'objet d'une estimation dans le cadre de cette étude. Le seul impact qui a fait l'objet d'une estimation est celui des décharges sauvages sur la pollution des eaux souterraines.

6.10 *Impact des décharges sauvages sur les eaux souterraines.* 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. Dans le cadre de la présente étude, les auteurs ont tenté d'estimer le coût de la dégradation de la ressource eau, due à l'infiltration du lixiviat provenant des décharges sauvages⁴⁴. L'estimation de la quantité d'eau polluée par les déchets, telle que présentée ci-dessous, a fait l'objet de discussions avec des cadres de la Direction Générale de l'Hydraulique au Maroc.

6.11 Afin d'estimer cette quantité, la méthode suivante a été utilisée:

- Un peu moins de la moitié du total des déchets produits a été retenu, soit 10,000 tonnes par jour.
- 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 de lixiviats dans les déchets est de 50%. Cependant, à cause de l'évaporation, un taux d'infiltration de 10% a été retenu.
- 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

⁴⁴ A l'exception de la décharge d'Essaouira, les décharges au Maroc ne disposent pas d'un système de récupération du lixiviat.

celle-ci soit assez restrictive puisque la charge polluante des lixiviats est de loin supérieure à celle des eaux usées.

Tableau 6.3 Estimation de la quantité d'eau polluée par le lixiviats

Quantité de déchets	t/j	10,000
Masse volumique	t/ m ³	0.4
Volume de déchets	m ³ /j	25,000
Taux de lixiviats		0.5
Quantité de lixiviats	m ³ /j	12,500
Taux d'infiltration du lixiviats		0.1
Quantité d'eau polluée /m ³ de lixiviats	m ³	50
Volume d'eau pollué par les lixiviats	m ³ /j	62,500
Volume d'eau pollué par les lixiviats	m ³ /an	22,812,000

6.12 Afin d'estimer la valeur de l'eau polluée, 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 (Sadoff; 1996), le coût moyen de traitement de l'eau polluée dans le bassin de Sebou est estimé à 15 Dh/m³, contre un coût de traitement de 5Dh au niveau national. En supposant que la charge de pollution des lixiviats 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 10 Dh par mètre cube⁴⁵. De ce fait, le coût de la dégradation de la ressource eau s'élèverait à 228 millions Dh par an, soit 0.06% du PIB.

6.2.3 Coût total des dommages

6.13 Bien que les coûts des dommages, tels que présentés dans le tableau 6.4, ne tiennent pas compte de tous les dommages environnementaux, ils demeurent néanmoins élevés. Ces coûts sont estimés à près de Dh 1.7 milliards (soit de 0.5% du PIB) en l'an 2000. Il est fortement à recommander de mener des études plus approfondies pour estimer a) l'impact des déchets industriels, médicaux et hasardeux non traités sur la santé de la population et les ressources naturelles; b)

l'impact des décharges sauvages sur le prix du foncier; et c) l'impact des déchets solides sur la qualité récréative des sites naturels.

Tableau 6.4 Déchets: Coûts annuels des dommages (estimation moyenne, 2000)

	Dh (million)	% PIB
Santé/Qualité de vie		
Déchets municipaux collectés	1,497	0.4
Décharges sauvages	n.d.	
Déchets industriels et hasardeux	n.d.	
Ressources naturelles		
Déchets industriels et hasardeux	n.d.	
Impact des décharges sauvages sur les eaux souterraines	228	0.1
Total	1,725	0.5

⁴⁵ Ce chiffre a été confirmé par les cadres de la Direction Générale de l'Hydraulique.

7. Littoral et Environnement Global

7.1 LE LITTORAL

7.01 Le Maroc dispose d'un littoral riche et varié qui joue un rôle dynamique dans la promotion de l'activité économique et sociale du pays. L'étendue du littoral est de 3,500 km. Le littoral est géré par 13 régions côtières, et il est doté d'environ 174 plages considérées comme des zones de baignade. L'étendue de ces plages varie, allant de quelques dizaines de mètres à plus de 50 km. Ces plages sont particulièrement fréquentées pendant la période estivale par les marocains et les estivants étrangers.

7.02 En 1999, l'activité touristique a connu un essor important, dû surtout à des campagnes publicitaires sur les principaux marchés extérieurs, à la baisse des prix du transport, à l'animation et à l'organisation d'événements divers. Comme le montre le tableau 7.1, le nombre de touristes étrangers ayant visité le Maroc en 1999, (2.6 millions de personnes), représente une augmentation de 58% par rapport à l'année 1995. Les recettes correspondantes se sont, pour leur part, élevées à 18.8 milliards de dirhams et sont ainsi devenues la première source de devises du pays.⁴⁶ Par conséquent, le tourisme a contribué à hauteur de 7.8% du PIB en 1999.

Tableau 7.1 Entrées des touristes au Maroc (000)

	1995	1999	1999/ 1995%
Touristes de nationalités étrangères	1,660	2,620	58
-tourisme de séjour	1,520	2,350	54
-tourisme de croisière	140	270	100
Ressortissants marocains à l'étranger	1,080	1,590	47
Total	2,740	4,210	54

Source : adapté du REEM, 2001.

7.03 Bien que les touristes étrangers et les ressortissants marocains ne

visitent pas le Maroc uniquement à des fins de récréation sur le littoral, ce dernier n'en constitue pas moins une attraction importante. Le littoral occupe de même une place très importante dans la vie du citoyen marocain, non seulement durant ses vacances annuelles mais aussi durant les fins de semaine. C'est plus particulièrement la population des centres urbains côtiers qui profite largement des plages. Lors de la saison 2001/2002, environ 400 mille visiteurs par jour ont visité les plages méditerranéennes, et environ 500 mille visiteurs par jour ont visité les plages atlantiques⁴⁷.

7.04 Le littoral constitue aussi une zone importante pour la pêche au Maroc. Ce secteur représente 15% de la valeur totale des exportations et 55% des valeurs agroalimentaires. Ce secteur offre près de 200,000 emplois directs et occupe une place importante en matière d'exportation (environ 6.4 milliards de dirhams en 1997⁴⁸). En termes de capture, la pêche côtière représentait plus des quatre cinquièmes de la production nationale en 2001 (soit 978 mille tonnes) toutes pêcheries confondues (ONP, 2002).

7.1.1 Littoral et environnement

7.05 Les eaux de mer atlantiques et méditerranéennes, qui se situent à proximité des rejets d'eaux usées des principales villes côtières du Maroc (tels que Rabat-Sale, Mohammedia, Safi, Agadir, Tanger, Al Hoceima et la zone côtière de Tétouan) sont fortement polluées (REEM, 2001). Les principales causes de la pollution des eaux de mers sont ;

- Les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles;
- Les apports telluriques

⁴⁷Ministère de l'Équipement, et Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement, 2002.

⁴⁸PANE, 2002.

⁴⁶ REEM, 2001.

- La pollution offshore dominée par les rejets des bateaux et des ports d'embarcations⁴⁹.

7.06 La pollution marine est aussi aggravée par des accidents dus aux activités industrielles tout le long du littoral. Ce fut le cas en 1994 lorsqu'un déversement de pétrole au large de Mohammedia a provoqué une marée noire de 3 km², qui a atteint les bords de Bouznika. Ce fut aussi le cas en 1997, lorsque 550 tonnes d'acide phosphorique ont été déversées dans le port de Jorf Lasfar, à la suite d'une rupture de la tôle d'un bac de stockage des installations de l'usine Maroc Phosphore (Sbai, 2001).

7.07 La dégradation du littoral entraîne des dommages sur la santé humaine (à travers la pollution des eaux de baignade), sur les écosystèmes marins et sur les captures des pêches. Ainsi par exemple, les ressources en sardines sur tout le littoral de Safi ont baissé de 6% durant la période 1995-2000 (voir tableau 7.2), bien que les activités de pêches aient augmenté durant cette période. D'après des discussions menées avec des experts de pêche maritime au Maroc, il s'avère que 30% des pertes de sardines peuvent être attribués à la pollution des eaux (70% des pertes étant dues à des causes purement biologiques telles que la migration).

Tableau 7.2 Evolution des captures de la pêche côtière entre 1995 et 2000 (tonnes)

Espèce	Captures en tonnes		2000/ 1995 (%)
	1995	2000	
Poissons			
pélagiques	629,000	604,000	-4
-sardines	556,000	523,000	-6
Poissons blancs	48,000	75,000	58
Céphalopodes	12,000	51,000	336
Crustacés	3,000	3,000	0
Coquillages	0	461	461
Total	692,000	734,000	6

Référence: Ministère de la Pêche Maritime, 2000

7.08 En 2002, une campagne annuelle de surveillance, intitulée la *Surveillance de la Qualité des Eaux de Baignades des Plages du*

⁴⁹Ministère de l'Équipement et Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement, 2002.

Royaume du Maroc, a montré que 28% des plages étaient impropres à la baignade⁵⁰.

7.09 En plus de l'érosion naturelle marine et éolienne, la construction non étudiée des habitations d'été et des hôtels tout au long des plages contribue aussi à perturber l'équilibre éolique des rives. C'est le cas de la plage d'Agadir, où l'on a constaté un recul de la mer sur une superficie équivalant à 1.5 hectares au début des années 90⁵¹. Dans le but de limiter l'érosion des plages, le ministère de l'équipement et du transport a procédé à une réorganisation de la gestion du domaine public maritime, avec la mise en application en 1997 d'une loi sur l'extraction des sables. Celle-ci impose une amende de 500 Dh par mètre cube de sable illégalement extrait (Ministère de l'Équipement et du Transport, 2002)⁵².

7.1.2 Coût de la dégradation

7.10 Les coûts des principaux impacts de la dégradation du littoral sont présentés dans le Tableau 7.3. Ces coûts sont calculés pour l'année 2000 et sont exprimés en Dirhams marocains ainsi qu'en pourcentage du PIB. Concernant l'impact sur la santé, bien qu'une corrélation entre la pollution des eaux de baignade et les impacts sur la santé ait été confirmée par des experts marocains, la présente étude n'a pas effectué d'estimations. Il serait souhaitable que des études plus approfondies soient entreprises dans l'avenir pour évaluer l'impact de la pollution marine sur la santé et le cadre de vie des citoyens. Pour le capital naturel, la valeur de la dégradation du littoral a été estimée à travers plusieurs méthodes:

- (a) le CAP des touristes étrangers et des Marocains résidant à l'étranger pour améliorer le littoral

⁵⁰Ministère de l'Équipement, et Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement, 2002.

⁵¹Après rencontre avec un expert de la Direction des Ports et du Domaine Public Maritime au Ministère de l'Équipement et du Transport (Avril, 2003).

⁵²D'après le PANE, 2002, la réhabilitation des baies d'Agadir et de Tanger menacées d'érosion serait estimée à environ Dh 150 millions.

- (b) la valeur récréative perdue pour les résidents marocains (à travers la méthode du coût du transport)
- (c) la perte de pêche côtière (sardines).

A. CAP des touristes étrangers et des Marocains résidant à l'étranger pour améliorer le littoral

7.11 Une étude menée par Huybers et Bennett (2000) sur les touristes britanniques a révélé que les touristes britanniques étaient prêts à payer une plus value de \$70 par jour (soit 35% de leur dépenses touristiques quotidiennes) pour des destinations "non- dégradées", par opposition à des destinations "légèrement dégradées" et "très dégradées". La même proportion a été appliquée aux touristes européens et Nord-américains visitant le littoral marocain. Sachant que (a) sur les 4.2 millions de touristes qui visitent le Maroc chaque année près de 1.3 millions sont Nord-Américains et Nord/Ouest Européens ; (b) que leur séjour moyen sur le littoral varie entre 2 et 4 jours, (c) et que leurs dépenses touristiques moyennes sont d'environ Dh 950/personne/jr, il en résulte un CAP variant entre 870 et 1,735 millions de Dh par an. Plus de détails sont fournis en Annexe II.

7.12 En ce qui concerne les touristes marocains résidant à l'étranger, le même principe a été appliqué. Le nombre total de ressortissants marocains résidant à l'étranger qui visitent chaque année le Maroc s'élève à 1.7 millions de personnes. Seule la part des ressortissants marocains dotés d'un pouvoir d'achat comparable à celui des touristes britanniques a été retenue (soit 20%). Le séjour moyen des ressortissants marocains est par contre bien plus élevé que celui des touristes étrangers. Celui-ci varie entre 7 et 14 jours. Comme les ressortissants marocains ont tendance à visiter le Maroc en famille (plutôt qu'individuellement comme le font les touristes étrangers), le CAP a été appliqué à un ménage entier. Ainsi, l'estimation du CAP pour un environnement côtier plus propre varierait entre Dh 140 et 280 millions. Soit une moyenne de Dh 210 (0.06% du PIB).

B. Estimation de la valeur récréative perdue pour les résidents marocains, en raison de la dégradation des plages.

7.13 Comme on l'a déjà vu, plusieurs plages situées à proximité des villes côtières ont connu une dégradation de leur qualité . Il s'agit par exemple de la plage de Rabat-ville. Cette plage était auparavant très fréquentée en raison de sa proximité de la ville, mais aussi en raison de son environnement agréable (ses eaux, son sable et la forme de la plage). Cependant, cette plage a connu une forte pression environnementale au fil des années et les visiteurs lui préfèrent aujourd'hui des plages plus éloignées telles que Temara Skirate et la plage des nations, pour leur environnement moins dégradé. Ainsi, en raison de la dégradation de certaines plages situées à proximité des villes, les citoyens marocains se retrouvent à devoir traverser de plus grandes distances (en voiture, en bus ou même en taxi) pour visiter des plages « moins dégradées ». La méthode utilisée pour estimer la dégradation des plages situées à proximité des villes est celle du « coût du transport ». Elle consiste à estimer le coût additionnel du transport et du temps requis pour visiter un site plus éloigné pour des raisons environnementales.

7.14 Les villes de Rabat, Tanger et Casablanca ont été prises en compte dans cette étude. Ainsi, l'hypothèse est faite que certaines plages situées à proximité de ces villes ont subi une dégradation de leurs ressources naturelles, et qu'une partie des habitants de ces villes visitent des plages plus éloignées pour bénéficier d'un environnement plus propre. Pour les visiteurs motorisés, un coût de transport additionnel de Dh 67 par visite a été retenu. Ce coût inclut : les coûts du carburant et les coûts de fonctionnement de la voiture (*vehicle operating costs*), ainsi que ceux du temps passé en voiture. Cette estimation est basée sur une enquête entreprise au Liban, qui a été adaptée au Maroc. Pour les personnes qui utilisent le bus comme moyen de transport, un coût additionnel moyen de Dh 10 par visite a été retenu. La valeur totale du coût de transport additionnel s'élève, pour les habitants de ces trois villes, entre Dh 210 et 420 millions par an, soit une valeur moyenne de près de Dh 315 millions (0.09% du PIB).

C. Perte de pêche

7.15 La dégradation totale des écosystèmes marins n'a pu être estimée dans le cadre de cette étude. Seule une fraction marginale, concernant la perte de prises de sardines dans la région de Safi a été retenue. La différence de capture de poissons entre une "bonne" et une "mauvaise" année est estimée à près de 30,000 tonnes. Près de 30% sont dus à la pollution de l'eau du littoral (le reste provient d'un phénomène naturel). Ainsi, on estime à 10,000 tonnes en moyenne la perte de capture de pêche due à la pollution de l'eau de mer. A un prix moyen de Dh1000 pour une tonne de sardine, le coût annuel de la perte de sardines s'élèverait à près de Dh 10 millions.

7.16 Ainsi, les impacts qui ont pu être estimés dans le cadre de la présente étude s'élèvent à un peu moins de 2 milliards de Dh par an (soit 0.52% du PIB). Il est important de noter que plusieurs dommages liés à la dégradation du littoral (tels que l'impact sur la santé, ou encore l'impact sur la biodiversité marine) n'ont pu être estimés.

Tableau 7.3 Littoral: Coûts annuels des dommages (estimation moyenne, 2000)

	Millions de Dh/an	% PIB
Santé et cadre de vie	n.d	n.d
Capital naturel		
Touristes étrangers	1,300	0.37
Touristes marocains résidant à l'étranger	210	0.06
Résidents marocains	315	0.09
Pêche côtière (sardines)	10	0.00
Total	1,835	0.52

7.2. ENVIRONNEMENT GLOBAL

7.17 Les impacts sur l'environnement global sont essentiellement liés aux émissions de gaz à effet de serre (GES), qui provoquent un réchauffement graduel de la planète. Au Maroc, les émissions nettes de GES exprimées en équivalent-CO2 (E-CO2) étaient estimées à près de 54 millions de tonnes en 1999 (MATUHE, 2001).

7.18 Ces émissions correspondent aux GES d'origine anthropique et comprennent le dioxyde de carbone, le méthane et l'oxyde nitreux. Les émissions de dioxyde de carbone sont largement supérieures à celles du méthane et de l'oxyde nitreux. La principale source de CO2 est la combustion des énergies fossiles, suivie de celle du bois de feu, puis de la production de ciment. Les émissions de méthane proviennent principalement de l'agriculture.

7.19 Basé sur les coûts internationaux des dommages de 20\$ par tonne de carbone émise, ceci représenterait près de 0.9% du PIB. Cette estimation est très approximative, car les impacts du changement climatique varient considérablement d'un pays à l'autre. Au Maroc, et d'après la *Communication Nationale Initiale à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques* (MATUHE, 2001), les impacts probables des changements climatiques attendus incluent : « fréquence et intensité des sécheresses, inondations dévastatrices inhabituelles, réduction de la durée d'enneigement des sommets du Rif et de l'Atlas, modification de la répartition spatio-temporelle des pluies, changements des itinéraires et des dates de passage des oiseaux migrateurs, apparition dans la région de Rabat de certaines espèces d'oiseaux qu'on ne voyait qu'au sud de Marrakech, etc. ».

8. Conclusion

8.01 Cette étude montre que les coûts de la dégradation de l'environnement au Maroc en 2000 sont estimés entre 9.7 et 16.5 milliards de Dirhams par an, soit 2.75-4.65% du PIB, avec une estimation moyenne de 13.1 milliards de Dirhams, soit 3.7% du PIB. A cela s'ajoute le coût des dommages sur l'environnement global, estimé à près de 0.9% du PIB. Cette valeur est de presque 1.5 plus élevée que dans les pays développés. Le tableau 8.1 et les figures 8.1 et 8.2 présentent les résultats des études par catégories environnementales et par catégories économiques.

Tableau 8.1 Coûts annuels des dommages, (estimation moyenne, 2000)

Catégorie environnementale	Millions Dh/an	Part du PIB
Eau	4,354	1.23%
Air	3,635	1.03%
Littoral	1,835	0.52%
Déchets	1,725	0.49%
Sols et Forêts	1,560	0.44%
Sous-total	13,109	3.71%
Environnement global	3,166	0.89%
Total	16,275	4.6%

8.02 Les résultats de la présentes études diffèrent des résultats obtenus dans la Stratégie de 1992. La différence de résultats s'explique principalement à travers l'amélioration des méthodologies utilisées pour estimer les coûts de la dégradation de l'environnement. Ainsi les résultats des deux études ne sont pas comparables, puisqu'elles utilisent des méthodes d'évaluations différentes. Une note spéciale à ce sujet se trouve dans l'Encart 1.

8.03 Dans la présente étude, les catégories environnementales qui ont le plus grand impact sur la société sont : (i) la pollution de l'eau, le manque de services adéquats d'eau potable et d'assainissement et leur impact sur la santé (et particulièrement sur les maladies diarrhéiques chez les enfants) ; et (ii) la pollution extérieure de l'air dans les principaux centres urbains

ainsi la pollution intérieure de l'air (et son impact particulièrement sur la santé des femmes et des enfants en bas âges). De plus, la dégradation du littoral et des sols, ainsi qu'une gestion des déchets moins que satisfaisante, ont aussi un impact sur la qualité de vie des citoyens marocains ainsi que sur les ressources naturelles du pays.

Figure 8.1 Coûts annuels des dommages par catégorie environnementale en 2000 (estimation moyenne, % PIB)

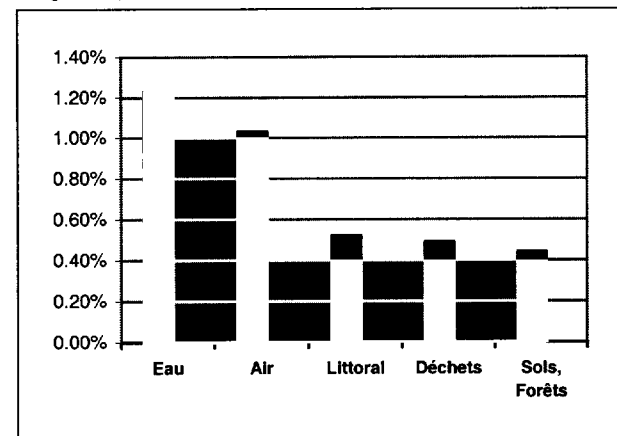
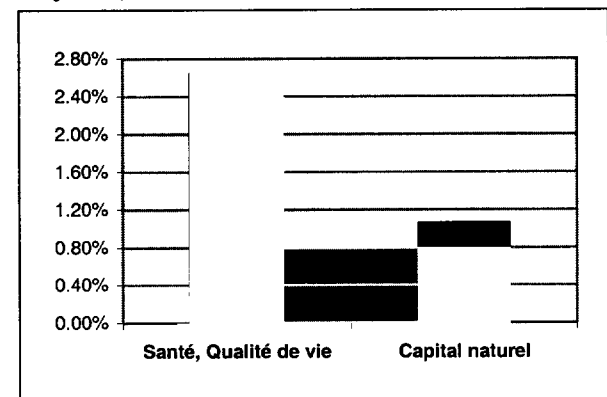


Figure 8.2 Coûts annuels des dommages, par catégorie économique en 2000 (estimation moyenne, % PIB)



8.04 Ce rapport fournit sommairement les coûts de remplacement nécessaires pour une meilleure gestion de l'environnement. Ces coûts proviennent principalement du *Plan d'Action National pour l'Environnement (2002)*. Bien qu'il soit prématuré de faire une comparaison

directe entre les coûts de remplacement et ceux des dommages, il s'avère néanmoins que les bénéfices d'une meilleure gestion de l'environnement seraient largement supérieurs aux coûts d'investissement.

8.05 Ce rapport donne une indication des catégories environnementales qui entraînent les plus grands coûts de dégradation, et qui exigent une intervention prioritaire. Il est à recommander d'entamer des analyses coût/bénéfices pour identifier les investissements susceptibles d'engendrer le plus de bénéfices aux moindres coûts. En procédant à une telle comparaison, quelques précautions sont à prendre:

- i. la dégradation de l'environnement ne peut être totalement éliminée, quelle que soit l'ampleur des mesures de remplacement mises en place;
- ii. la quantification monétaire des dommages environnementaux ne peut être tout à fait précise;

iii. le principe de l'analyse marginale devrait être appliqué afin d'identifier les coûts de remédiation qui entraînent les plus grands bénéfices par unité de coûts investis.

8.06 Il est important de signaler qu'en raison de la complexité liée à l'estimation de certains impacts, ce rapport ne présente aucune estimation de la surexploitation des eaux souterraines, de l'impact des décharges sauvages sur le cadre de vie, de l'impact des déchets industriels et hasardeux non traités sur la santé et les ressources naturelles, de l'impact de la pollution de l'eau sur les écosystèmes naturels et la biodiversité. De même, en raison de la complexité du problème liée à la dégradation des sols et du manque de données systématiques, seule une partie du problème a fait l'objet d'une estimation dans la présente étude. Il est donc vivement recommandé de mener des analyses plus approfondies dans ces domaines pour obtenir une estimation plus précise du coût de la dégradation.

Encart expliquant la différence entre les coûts de la dégradation de l'environnement estimés dans la Stratégie de 1992 et ceux du présent rapport.

Secteurs	Coûts annuels (millions Dh) 1992	% PIB 1992	% PIB 2000
Eau	13 900	5.7%	1.2%
Déchets	575	0.3%	0.5%
Air	4 500	1.9%	1%
Sols et milieu naturel	710	0.3%	0.44%
Littoral	déjà inclus dans eau/air/déchets		0.5%

La différence principale se situe au niveau du secteur de **l'eau**. Dans *la Stratégie de 1992*, seul les décès des enfants dus aux maladies diarrhéiques étaient responsables de 5.6% des coûts totaux. Alors que dans *la présente étude* la mortalité des enfants due aux maladies diarrhéiques est responsable de 0.5% des coûts totaux. La différence se situe à deux niveaux. D'une part, en 1992 les maladies diarrhéiques étaient responsables du décès de près de 10,800 enfants. Ce chiffre a diminué de moitié en l'an 2000 pour atteindre, d'après nos estimations, 5,500 décès. D'autre part, la méthode utilisée pour évaluer la mortalité des enfants est différente. En 1992, la méthode utilisée était celle du consentement à payer. Les données étant ceux d'études aux EU qui concernaient le CAP pour diminuer les risques de mortalités chez les adultes (et non les enfants). Ce chiffre s'élevait à Dh 1,26 millions par décès. Dans la présente étude l'évaluation des risques de mortalité des enfants est basée sur la méthodologie des DALY et l'approche du capital humain. Suivant ces méthodes, l'évaluation des risques de mortalités chez les enfants varient entre Dh 200,000 et 450,000 par décès (soit 4 fois inférieures aux chiffres de 1992). Une note spéciale justifiant l'utilisation de ces méthodes se trouve dans le parag. 2.19.

En ce qui concerne les effets de la pollution de **l'air** : la Stratégie de 1992 se base sur une étude entamée en Malaisie qu'elle ajuste pour le Maroc. Alors que la présente étude se base sur les niveaux de pollutions dus aux matières en suspension dans les principales villes du Maroc (tels que Rabat-Sale et Casablanca), les résultats des récentes études Casa-Airpol, Mohammedia-Airpol, et Safi ainsi que sur des ratios doses- réponses établis et reconnus par la Banque mondiale et l'OMS.

Enfin, en ce qui concerne **les déchets**: la Stratégie de 1992 se base sur les manques à gagner dus au non-recyclage. La présente étude considère que les bénéfices du recyclage relèvent principalement de gain économique (plutôt qu'environnementaux). La présente étude analyse l'impact d'un manque de collecte et de propreté des villes ainsi que l'impact du lixiviat sur les eaux souterraines.

Bibliographie

- Annuaire Statistique du Maroc, Direction de la Statistique, Ministère de la Prévision Economique et du Plan, divers année de 1983 à 2002.
- Banque mondiale, *Middle East and North Africa Environment Strategy*, 1995.
- Banque mondiale, *Morocco Environment Strategy Note*, 1999a.
- Banque mondiale, *Implementation completion report, Kingdom of Morocco, Second forestry development project* », Rapport N°19212, 1999b
- Banque mondiale, *World Development Indicators*, 2001.
- Banque mondiale, *Arab Republic of Egypt: Cost Assessment of Environmental Dégradation*, Sector note no. 25175, 2002.
- Belhaj, M., *The Willingness to pay for better water quality in Morocco*, Gothenburg University, 1995.
- Belhaj, M., *Estimating the Benefits of Clean Air: Contingent Valuation and Hedonic Price Methods*, Journal of Global Environment, 2003.
- Bruner, A.G., R.E. Gullison, R.E. Rice, G.A.B. da Fonseca, *Effectiveness of Parks in Protecting Tropical Biodiversity. Science*, 291,125-8, 2001.
- Casa Airpol, *Etude de la Pollution Atmosphérique et de son Impact sur la Santé des Populations à Casablanca*, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement et Ministère de la Santé, 2000.
- Chomitz, Brenes, et Constantino *Financing Environmental Services: the Costa Rican Experience and its Implications*, 1998
- Commission Européenne, *Mediterranean Wetlands Socioeconomic Aspects*, MedWet, 1998.
- Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat, *La gestion de l'économie de l'eau*, 2001.
- Département du Tourisme, *Le Secteur Touristique : Statistique 2000*, 2000.
- ENSME, *Enquête Nationale sur la Santé de la Mère et de l'Enfant*, PapChild, Ministère de la Santé, Royaume du Maroc, 1997.
- Esrey, J.,B. Potash, L. Roberts et C. Schiff, *Effects of Improved Water Supply and Sanitation on Ascariasis, Diarrhea, Dracunculiasis, Hookworm Infection, Schistosomiasis, and Trachoma*, OMS, 1991.
- FAO *Lutte Contre l'Erosion et Conservation du Sol au Maroc*, Rome, 1975
- FAO *Land Resources Potential and Constraints at Regional and Country Level*, World Soil Resources Report 90, Rome, 2000
- FAO, *Situation des Forêts du Monde*, 2001.
- Georgiu, S., D. Whittington, D. Pearce et D. Moran, *Economic Values and the Environment in the Developing World*, Edward Elgar pour le FNUE, 1997.
- Huybers, T. et Bernnett, *Impact of the Environment on Holiday Destination Choices for Tropical North Queensland*, Tourism Economics, 6(1) 21-46, 2000.
- JICA et Ministère de l'Environnement, *Etude sur les directives Nationales pour la Gestion des Déchets Solides au Royaume du Maroc*, 1997.
- Jorio A., *Modes de consommation, libre échange et environnement, cas du Maroc*, Etude faite pour le Plan Bleu, 2000.
- Kunt et all, *Estimating National Wealth: Methodology and Results*”, Environmental Economics Series, paper N°57, Banque mondiale 1998.
- Lal, R. *Erosion-crop productivity relationships for soils of Africa*. Soil Science Society of America Journal, 59, 661-667, 1995
- Lvovsky, K., G. Hughes, D. Maddison, B. Ostro and D. Pearce. 2000. *Environmental Costs of fossil Fuels*. Environment Department Working Paper No. 78. October Washington, D.C.: The World Bank, 2000.
- MADR: Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, *Prix Payés aux Producteurs des Produits Agricoles*, Statistiques Annuelles, plusieurs années.
- MADREF: Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Eaux et Forêts: « Statistiques Céréalières ».Rabat, 2001.
- MAMVA: Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole, *Plan National d'Aménagement des Bassins Versants* , Phase II, Volume 1, 1994.
- MAMVA: Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole, *Plan National d'Aménagement des Bassins Versants Priorités régionales*, Phase II Rapport de synthèse, 1995.
- MAMVA Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole, *Résultats de l'enquête nationale sur les terres agricoles soumises à l'érosion*, Travail fait par Bouhouch.S, 1996
- Mathers et al, *Global Burden of Disease*, 2002.

- MATEE: Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, Service de l'air et laboratoire national de l'environnement, *Pollution Atmosphérique au Maroc, Situation en 2002*. Rapport en cours de finalisation (2003).
- MATUHE: Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement du Royaume du Maroc, *Surveillance de la Qualité de l'Air de la ville de Rabat*, 1997
- MATUHE: Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement du Royaume du Maroc, *Communication Nationale Initiale à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques*, 2001.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et de la République Algérienne Démocratique et Populaire, *Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD)*, 2002.
- Ministère de l'Environnement, *Stratégie Nationale pour la Protection de l'Environnement et le Développement Durable*, 1995.
- Ministère de l'Équipement et Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement, *Surveillance de la Qualité des Plages*, 2002.
- Ministère de l'Équipement et du Transport, *Réalisation et Stratégies pour la Protection de la Mer, des zones Côtières et la Gestion des Ressources Halieutiques*, Direction des Ports et du Domaine Public Maritime, 2002.
- Ministère de la Pêche Maritime, *La mer en Chiffre*, 2000.
- Ministère de la Santé, *Etude de la pollution atmosphérique et de son impact sur la santé de la population de Safi*, 1998.
- Mohammedia Airpol, *Etude de la Pollution Atmosphérique et de son Impact sur la Santé des Enfants Asthmatiques de Mohammedia*, Ministère de l'Aménagement du Territoire de l'Eau et de l'Environnement et Ministère de la Santé, 2002.
- Murray, J., et A. Lopez. 1996. *The global burden of disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020*. Harvard University Press
- Niederman, M. et al., *Treatment Cost of Acute Exacerbations of Chronic Bronchitis*. *Clinical Therapy*, 21(3): 576-91, 1999.
- Nielsen, J. B., Gyrd-Hansen D., Kristiansen I. S. and Nexøe J., *Impact of Socio-demographic Factors on Willingness to Pay for the Reduction of a Future Health Risk*, *Journal of Environmental Planning & Management*, Vol. 46 Issue 1, 2003.
- OMS/EHG/96.5, *A Methodology for estimating Air Pollution-Health Effects*.
- ONP: Office National des Pêches, *Rapport d'Activité*, 2002
- Ostro B., *Estimating the Health Effects of Air Pollution: A Method with an Application to Jakarta*. Document de travail consacré à la Recherche sur les politiques, Banque mondiale, Washington, D.C., 1994.
- PANE: *Plan d'Action National pour l'Environnement*, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Environnement, 2002
- REEM: *Rapport sur l'Etat de l'Environnement du Maroc*, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement, 2001.
- Santé en Chiffres, Ministère de la Santé, 2001.
- Santé et Environnement ; *Action 30* ; Ministère de l'Environnement et Ministère de la Santé, 1997.
- Sadoff C., *The Price of Dirty Water: Pollution Costs in the Sebou Basin*, World Bank 1996.
- Sbai L., *Pêche Industrielle et Pêche au Maroc*, 1999.
- Sbai L., *Le Droit de l'Environnement Marin et Côtier Marocain : Dichotomie entre l'Etat du Milieu et une Législation Obsolète*, 2001.
- Schulman, Ronca and Bucuvalas, Inc., *Confronting COPD in North America and Europe: A Survey of Patients and Doctors in Eight Countries*, 2001.
- Shyamsundar P., Hamilton K., Segnestam L., Sarraf M., Fankhauser S., *Country Assistance Strategies and the Environment*, Document du Département de l'Environnement no81, Banque mondiale, 2001.
- World Tourism Organization, *Yearbook and Compendium of Tourism Statistics*, Madrid Spain, 2001.
- Young, A., *Land dégradation in South Asia: its severity, causes and effects upon the people*, 1994.
- Young, A., *Land resources: now and for the future*, Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1998
- Les Nations Unies, *Perspective de la population mondiale*, révision Statistique de Population, se trouve sur la page web <http://esa.un.org/unpp/>.

Données économiques 2000		Banque mondiale Maroc						Abréviations				
Population	28,787,000							Dh = Dirham Marocain				
Population urbaine %	55%							t = tonne				
Population rural %	45%							q = quintal qx=quintaux				
Nbre de personnes par ménage	5,6							mén = ménage				
PIB \$ (courant)	33,345,000,000							n d = non disponible				
PIB/ habitant \$	1,160							ha = hectare				
PIB Dh (courant)	354,316,000,000							hab = habitant				
PIB/ habitant Dh	12,300							DALY = Disability-adjusted life year (année de vie corrigée du facteur invalidité)				
Parité Dh/ \$EU	10,63							CAP = Consentement à payer				
Coûts des dommages												
EAU	Méthode	Nombre		Unité	Prix		Unité	Dhv an		% PIB		Explication/ Reference
		Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.	Borne Inf.	Borne Sup.	
Santé/ Qualité de la vie												
-Eau potable, assainissement, hygiène	DALYs (mortalité des enfants due aux maladies diarrhéiques)	196,000		DALYs	6,150	12,300	Dh/DALY	#####	#####	0.34%	0.68%	La mauvaise qualité de l'eau et le manque d'approvisionnement en eau potable et en assainissement entraînent des maladies diarrhéiques. Ces dernières peuvent être fatales surtout chez les enfants en bas âges. Au Maroc, il est estimé que près de 20% des décès des enfants de moins de cinq ans sont dus aux diarrhées. Ceci correspond à près de 5.500 décès chaque année (Annexe II). Chaque décès correspond à 35 DALYs perdus, suivant la méthodologie développée par l'OMS et la Banque mondiale et détaillée dans Murray et Lopez (1996). La valeur du DALY est estimée au PIB/hab. (borne supérieure) et 0.5*PIB/hab. (borne inférieure).
-Eau potable, assainissement, hygiène	DALYs (morbidité des enfants due aux maladies diarrhéiques)	55,000		DALYs	6,150	12,300	Dh/DALY	338,000,000	677,000,000	0.10%	0.19%	D'après l'Enquête Nationale sur la Santé de la Mère et de l'Enfant (ENSME, 1997) près de 9% des enfants de moins de cinq ans ont la diarrhée chaque 24 heures. Le nombre total des enfants de moins de cinq ans étant de 3 millions d'enfants, il est donc estimé qu'il y a près de 100 millions de journées où les enfants sont atteints de diarrhées (soit l'équivalent de 270,000 années). En utilisant un taux de sévérité de 0.2 DALY par an, l'estimation du nombre total de DALY perdus chaque année s'élève ainsi à près de 55,000. La valeur du DALY est estimée au PIB/hab. (borne supérieure) et 0.5*PIB/hab. (borne inférieure).
-Eau potable, assainissement, hygiène	Coût de traitement (diarrhées légères)	5,988,000		nbre de cas traités	60		Dh/cas	359,000,000		0.10%		D'après l'ENSME (1997) il est reporté que 30% des enfants ayant eu la diarrhée ont bénéficié d'un traitement par Thérapie de Réhydratation Orale (TRO). Basée sur le nombre de journées où les enfants sont atteints de diarrhée, et la durée moyenne d'une attaque de diarrhées (5 jours), le nombre total de cas de diarrhées est estimé à 19 millions. Ainsi près de 6 millions de ces cas sont traités par TRO à un coût moyen par traitement de 60 Dh (pour plus de détail voir Annexe II).
-Eau potable, assainissement, hygiène	Coût de traitement (diarrhées sévères)	5,549,000		nbre de cas traités	230		Dh/cas	1,276,000,000		0.36%		Les maladies diarrhéiques varient en degré de sévérité. Les plus sévères ont besoin d'attention médicale. Toujours après l'ENSME (1997) près de 20% des enfants diarrhéiques consultent un établissement publics, et 7% un établissement privé. Il est estimé que chaque cas de diarrhées aiguë a un coût économique de près 230 Dh. Ceci inclut le prix d'une visite médical, le coût des médicaments, ainsi que le temps passé par l'un des parents à s'occuper de l'enfant malade (pour plus de détails voir Annexe II).
-Qualité de vie - valeur récréative	CAP	2,839,000		nbre de ménages urbains	99		Dh/mén/an	281,000,000		0.08%		Les cours d'eau ont une valeur récréative (beauté de paysage et d'esthétique) aux citoyens. Leurs pollutions résultent en une diminution du bien être de ces derniers. Une étude sur la valeur récréative de la zone humide de Merja Zerga au Maroc a permis d'estimer le CAP des ménages pour conserver les qualités attractives et récréatives du site (Commission Européenne, 1998). Le CAP était estimé à Dh187/mén./an. La moitié de ce CAP a été retenu dans le cadre de cette étude pour tenir compte de la valeur récréation des cours aux citoyens marocains. Le CAP a été ajusté pour tenir compte de l'inflation entre 1997-2000 (soit 1.9% en moyenne).
Capital naturel										0.98%	1.41%	
-Impacts des eaux usées dom. et industrielles sur les écosystèmes										n.d.	n.d.	L'impact des eaux usées domestiques et industrielles non-traitées sur les ressources naturelles et l'équilibre des écosystèmes n'a pas pu être estimé dans le cadre de cette étude.
-Envasement des barrages	Pertes de capacités de retenue	50,000,000		m ³ /an	0.7		Dh/kwh	42,000,000		0.03%		L'envasement des retenues des barrages contribue à réduire leur capacité de stockage à cause des sédiments qui s'y accumulent. Au Maroc, on estime à 50 millions de m ³ la capacité perdue chaque année par envasement. Cet envasement se traduit par des pertes de 60 millions de kwh d'électricité (à près Dh 0.7/kwh) et 40 millions m ³ d'eau potable et industrielle (à un prix variant entre 3 et 5 Dh/le m ³ d'après l'ONEP).
	 Sous Total									1.01%	1.45%	

AIR	Méthode	Nombre		Unité	Prix		Unité	Dht/an		% PIB		Explication/ Référence
		Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.	Borne Inf.	Borne Sup.	
Santé/ Qualité de la vie												
-Santé: pollution intérieure	DALYs enfants	42,500	66,600	DALYs	6,150	12,300	Dh/DALY	335,000,000	671,000,000	0.19%	0.69%	Nombre de DALYs perdus à cause de la pollution intérieure de l'air (Annexe II) Pour les enfants, la valeur du DALY est estimée au PIB/hab. (borne supérieure) et 0.5*PIB/hab. (borne inférieure) pour refléter la différence de revenu de la population la plus démunie, qui est amenée à utiliser une grande part de la biomasse. Pour les femmes, la valeur du DALY est estimée au PIB/hab. (borne inférieure) et au CAP (borne supérieure). L'estimation du CAP pour diminuer les risques de mortalité chez les adultes est basée sur un CAP américain ajusté au PIB Marocain.
	DALYs femme adultes	16,300	40,000	DALYs	12,300	63,400	Dh/DALY	346,000,000	#####			
-Santé: pollution extérieure	DALY mortalité	16,200	29,400	DALYs	12,300	63,400	Dh/DALY	280,000,000	#####	0.24%	0.60%	Nombre de DALYs perdus à cause de la pollution extérieure de l'air dans les principaux centres urbains (pour plus de détails, voir l'Annexe II). Pour la mortalité, la valeur du DALY est estimée au PIB/hab. (borne inférieure) et à la DAP pour réduire le risque de mortalité (borne supérieure). Pour la morbidité, la valeur du DALY est estimée au PIB/hab.
	DALY morbidité	46,800	54,400	DALYs	12,300		PIB/hab.	576,000,000	669,000,000			
-Santé: pollution extérieure	Coût du traitement des maladies	26,710,000		Nombre de cas	16		Coût moyen/cas	433,000,000		0.12%		L'impact de la pollution de l'air sur la morbidité (principalement la bronchite chronique, ainsi que l'hospitalisation, les consultations d'urgences et les journées d'activités restreintes dues aux maladies respiratoires) ont été estimés dans l'Annexe II. Les dépenses médicales ainsi que les journées de travail perdues associées aux maladies respiratoires sont estimées dans l'Annexe II.
-Qualité de la vie: dsaménités	DAP	1,536,000		Nbrs de ménages urbains dans 9 villes	7	9	Dh/mén/mois	133,000,000	163,000,000	0.04%	0.05%	Une étude (Belhaj, 2003) sur le Consentement à Payer (CAP) des ménages marocains pour réduire la pollution de l'air de 50% dans la région de Rabat-Salé a révélé un CAP variant entre 67 et 82 Dh/mén/mois en 1995. Ce CAP a été ajusté pour tenir compte de l'inflation (moyenne de 1.9% de 1996-2000). Seule 10% du CAP a été retenu pour refléter l'amélioration de la qualité de vie (hors impact sur la santé, puisque ce dernier a déjà été estimé plus haut). Ainsi un CAP variant entre 7-9 Dh/mén/mois a été appliqué à la population de 9 villes Marocaines qui subissent des problèmes de pollution atmosphérique comparables à Rabat-Salé. Il s'agit du Grand Casablanca, Rabat-Salé, Marrakech, Mekhnes, Fés, Grand Agadir, Tanger, Oujda et Safi.
-Dommages aux Immeubles	n.d.									n.d.	n.d.	La dépréciation des immeubles peut être approchée au moyen d'un coefficient de dégradation des biens immobiliers calculé par point de pourcentage d'augmentation de la pollution (OCDE, 1996) Il a été convenu que cette dépréciation était déjà contenue dans la disponibilité à payer pour une meilleure qualité de l'air retenue (ci-dessus).
Sous Total										0.59%	1.46%	
SOLS et FORÊTS												
Capital naturel												
Dégradation des sols												
-Terres de culture	Pertes productives	3,262,500	6,525,000	qx/an	258		Dh/qx	842,000,000	#####	0.24%	0.47%	Au Maroc, la dégradation des sols est assez sévère. Cette section se limite à la surface des sols dégradés due aux pratiques agricoles. La méthodologie utilisée est celle développée par la FAO (2000), qui consiste à combiner des degrés et des étendues de dégradation pour déterminer des classes de sévérité. En appliquant cette méthode au Maroc, deux scénarios ont été retenus: celui où 25 à 50% des terres de cultures connaîtraient une dégradation modérée (cad 20% de baisse de rendement agricole), et celui où 50 à 100% des terres de cultures connaîtraient une dégradation légère (cad 5% de baisse du rendement agricole). Les détails des calculs sont expliqués dans le Chapitre 5 et sont repris en Annexe II.
-Terres de parcours	Pertes productives	58,900,000	98,166,000	UF/an	2.27		Dh/UF	134,000,000	223,000,000	0.04%	0.06%	La dégradation des terres de parcours a été estimée à travers la perte potentielle d'unités fourragères (qui correspond à près d'un kilogramme d'orge). Des explications détaillées se trouvent dans le Chapitre 5 et dans l'Annexe II.
Déboisement												
-Pertes de produits ligneux	Perte de production	121,500		m ³ /an	675		Dh/m ³	82,000,000		0.02%		Le déboisement est estimé à 31,000 ha par an (MADREF 1996). Cependant, 4,500 ha sont incendiés et donc sont estimés avoir perdu la valeur du stock de bois d'œuvre. La production de bois d'œuvre est estimée à 27 m ³ /ha et la valeur du bois d'œuvre est estimée à Dh 675/m ³ .
-Pertes de bénéfices non ligneux	Perte de valeur	31,000		ha/an	1,190		Dh/ha	37,000,000		0.01%		La valeur des bénéfices non ligneux de la forêt est basée sur une étude (Kunt et al, 1998).
Sous Total										0.31%	0.57%	

DÉCHETS		Nombre		Unité	Prix		Unité	Dhs/an		% PIB		Explication/ Référence	
Santé/ Qualité de la vie		Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.	Borne Inf.	Borne Sup.		
Déchets ménagers													
-Santé et Disaménités: manque de collecte		CAP	2,839,000	nbre de ménages urbains	44		Dh/mén/mois	1,497,000,000		0.42%		DAF de 40 Dh/men./mois (base sur l'étude Belhaj en 1995) ajustée pour l'inflation. La valeur comprend une amélioration de la collecte et de la propreté du milieu urbain en général	
-Cadre de vie: décharges sauvages		Méthode des prix hédoniques								n.d.	n.d.	L'impact des décharges sauvages sur l'environnement (par le danger qu'elles représentent pour les récupérateurs qui travaillent sur le site, les odeurs, la prolifération de rongeurs et d'insectes) peut être estimé par la méthode des prix hédoniques (cad la dévaluation de la valeur foncière des terrains avoisinants). Cependant, dans le cadre de cette étude, une telle analyse n'a pas pu être effectuée	
Capital naturel													
-Décharges sauvages		Pollution des ressources en eau par lexiaviat	22,813,000	m3 d'eau pollué par lexiaviat/an	10		Dh/m3 coût additionnel de traitement	228,000,000		0.06%		Une explication détaillée sur l'estimation de la pollution de l'eau par l'infiltration du lexiaviat est présentée dans le Chapitre 6.	
-Déchets dangereux										n.d.	n.d.	L'impact sur la santé des déchets dangereux non-traités, la pollution hydrique, olfactive, et sur les écosystèmes n'a pas pu être estimé dans le cadre de cette étude.	
Sous Total										0.49%	0.49%		
LITTORAL		Nombre		Unité	Prix		Unité	Dhs/an		% PIB		Explication/ Référence	
Capital naturel		Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.	Borne Inf.	Borne Sup.		
-Dégradation du littoral		Perte de revenu touristique étrangers	2,565,000	5,130,000	Nbre de jours passés sur le littoral par pers.	338		Dh/per./j	867,000,000	#####	0.24%	0.49%	Le littoral Marocain est une des attractions touristiques les plus importantes. Les touristes étrangers y passent au moins la moitié de leur séjour. En 2000, le nombre de nuits d'hôtels occupées par les étrangers a atteint plus de 13 millions (Département du Tourisme, Statistique, 2000). Près de 55% de ces nuits étaient occupées par des Européens (du Nord et de l'Ouest) et des Nord-américains (World Tourism Organisation, 2001). La concentration de 50% de la population, des activités industrielles et touristiques, ainsi que les rejets d'eaux usées domestiques non traitées sur la côte ont contribué à la dégradation d'une partie de cette dernière. Une étude par Huybers et Bennett (2000) sur les touristes Britanniques a révélé que les touristes sont prêts à payer une plus-value de \$70 par jour (soit 35% de leur dépenses touristiques journalières) pour les destinations "non-dégradées" par opposition à "légèrement dégradée", et "légèrement dégradée" par opposition à "très dégradée". La même proportion a été appliquée aux touristes européens et nord-américains visitant le littoral marocain. Plus de détails sont fournis dans l'Annexe II.
-Dégradation du littoral		Perte de revenu Marocains résidents à l'étranger	413,000	825,000	Nbre de jours passés sur le littoral par ménage	338		Dh/men/j	140,000,000	279,000,000	0.04%	0.08%	La même méthodologie que ci-dessus a été appliquée pour les Marocains résidant à l'étranger. Près de 1.6 millions de ressortissants visitent le Maroc chaque année. Une fraction est estimée avoir des conditions économiques semblables aux touristes Britanniques mentionnées dans l'étude Huybers et Bennett. Plus de détails sont fournis dans l'Annexe II.
-Dégradation du littoral		Valeur récréation, tourisme interne			Nbre de visite des plages par an			Dh/visite	210,000,000	420,000,000	0.06%	0.12%	Les plages se trouvant à proximité des grandes villes (telle que Casablanca, Rabat et Tanger) ont subi une importante dégradation au cours de ces dernières années. Les résidents de ces villes se retrouvent aujourd'hui à devoir se déplacer plus loin pour trouver des plages d'une "meilleure" qualité environnementale. La méthode du coût du transport a été utilisée pour estimer la valeur récréative perdue des plages situées à proximité des villes. Plus d'explication sont fournis dans l'Annexe II
-Impacts sur les écosystèmes		Perte de pêche	10,000		tonnes/an	1,000		Dh/tonne	10,000,000		0.00%		La dégradation totale des écosystèmes marins n'a pas pu être estimée dans le cadre de cette étude. Seule une fraction marginale, concernant la perte de sardines, a été retenue. La différence de capture de poissons entre une "bonne" et une "mauvaise" année est estimée à près de 30,000 tonnes. Près de 30% sont dus à la pollution de l'eau du littoral (le reste provenant d'un phénomène naturel).
Sous Total										0.35%	0.69%		
ENVIRONNEMENT GLOBAL		Nombre		Unité	Prix		Unité	Dhs/an		% PIB		Explication/ Référence	
Environnement global													
-Biodiversité Global										n.d.	n.d.		
-Émissions de CO2		Coût des dommages	54,631,000		tonnes CO2/an	20		\$/tonne de carbone	3,166,000,000		0.89%	Au Maroc, les émissions nettes de gaz à effet de serre (GES) exprimées en équivalent-CO2 (E-CO2) s'élevaient à 54,631 kilotonnes en 1999 (<i>Communication Nationale Initiale à la Convention cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, MATUHE, 2001</i>). Les dommages des émissions de CO2 sont estimés à \$20 par tonne de carbone émis. Chaque tonne de CO2 émise contient 12/44 tonnes de carbone (<i>Genuine Savings, WDI, Banque mondiale M172001</i>)	
Coût des dommages										2.75%	4.85%		
Coût des dommages (Moyenne)										3.70%			
Coût des dommages et de l'Environnement Global (Moyenne)										4.50%			

Données économiques 2000		Banque mondiale Maroc				Abréviations		
Population	28,787,000							Dh = Dirham Marocain
Population urbaine %	55%							t = tonne
Population rural %	45%							ql = quintal qx=quintaux
Nbre de personnes par ménage	5.6							mén = ménage
PIB \$ (courant)	33,345,000,000							n.d. = non disponible
PIB/ habitant \$	1,160							ha = hectare
PIB Dh (courant)	354,316,000,000							hab. = habitant
PIB/ habitant Dh	12,300							DALY = Disability-adjusted life year (année de vie corrigée du facteur invalidité)
Parité Dh/\$EU	10.63							CAP = Consentement à payer
Coûts de remplacement								
EAU	Méthode	Nombre	Unité	Prix	Unité	Dh/ an	% PIB	Explication/ Référence
Santé/ Qualité de la vie								
-Protection et gestion durable des ressources en eau				1,120,000,000	Dh sur 10 ans	182,000,000	0.05%	Programme d'ajustement structurel du secteur de l'eau (PASE)
-Améliorer la desserte en eau potable	Coût d'investissement			10,000,000,000	Dh sur 10 ans	1,627,000,000	0.46%	Amélioration la desserte d'eau potable en milieu rural (PANE, 2002)
-Améliorer la santé dans le milieu rural	Renforcement de capacité et sensibilisation			6,000,000	Dh sur 5 ans	1,583,000	0.00%	Mise en place de programmes de sensibilisation; renforcement de la capacité du Ministère de la santé; et mise en œuvre d'un programme d'assainissement de base et d'hygiène alimentaire (PANE, 2001).
Capital naturel								
-Eaux usées domestiques et industrielles	Coût de traitement			9,810,000,000	Dh sur 20 ans	1,152,000,000	0.33%	Investissement nécessaire pour améliorer le traitement des eaux usées (REEM, 2001)
-Eaux usées domestiques et industrielles	Assistance technique et juridique			4,500,000	Dh sur 5 ans	1,187,000	0.00%	Mettre en place des normes de rejets dans le domaine de l'eau (PANE, 2002)
-Eau agricole	Études techniques			10,000,000	Dh sur 10 ans	1,627,000	0.00%	Mise en œuvre et réalisation du programme de l'ONEP concernant l'assainissement des petits centres urbains (PANE, 2002)
-Conservation des zones humides	Études et programmes			4,000,000	Dh sur 10 ans	651,000	0.00%	Réalisation d'études et établissement de programmes pour contrôler l'impact de la pollution agricole (pesticide et engrais) sur les ressources en eau et en sols, et lutter contre la salinisation des sols (PANE 2002).
	Assistance technique			60,000,000	Dh sur 10 ans	9,765,000	0.00%	Entreprendre des mesures techniques, économiques, foncières, législatives et réglementaires, institutionnelles, d'information et de sensibilisation et de recherche pour la meilleure conservation des zones humides et écosystèmes côtiers en Méditerranée (PANE, 2002)
AIR	Méthode	Nombre	Unité	Prix	Unité	Dh/ an	% PIB	Explication/ Référence
Santé/Qualité de vie								
-Protection de l'air				4,000,000,000	Dh sur 20 ans	470,000,000	0.13%	Stratégie de développement des énergies renouvelables (CDER). 20% du coût du programme susceptible de contribuer à réduire la pollution de l'air a été retenu
-Amélioration de l'environnement urbain et péri-urbain				20,000,000,000	Dh sur 20 ans	2,349,000,000	0.66%	SDNAL 20% du coût total du programme
-Secteur transport	Assistance technique			20,000,000	Dh sur 10 ans	3,255,000	0.00%	Mise en œuvre d'un programme de prévention et de lutte contre la pollution due à la circulation automobile
- Secteur énergie	Assistance technique			8,000,000	Dh sur 5 ans	2,110,000	0.00%	Élaboration et mise en œuvre d'un programme de lutte contre la pollution due au secteur de l'énergie (PANE, 2002)
-Pollution intérieur de l'air	Assistance technique			3,000,000	Dh sur 5 ans	791,000	0.00%	Généralisation de la butanisation au monde rural (PANE, 2002)
-Énergies renouvelables	Assistance technique			40,000,000	Dh sur 10 ans	6,510,000	0.00%	Sensibilisation à l'utilisation des énergies renouvelables (PANE, 2002)

SOLS, FORETS		Nombre	Unité	Prix	Unité	Dh/ an	% PIB	Explication/ Référence
Capital naturel								
-Lutte contre l'érosion des sols	Coût d'investissement			150,000,000	Dh	150,000,000	0.04%	Mise en place des mesures prévues par le Plan National d'Aménagement des Bassins Versants pour lutter contre l'érosion des sols (MAMVA, 1995). Celles-ci nécessitent des dépenses annuelles de Dh 150 millions pour 20 ans.
-Pollution agricole	Assistance technique			4,000,000	Dh sur 5 ans	1,055,000	0.00%	Contrôle de l'impact de la pollution agricole sur les ressources en eau et en sol et lutte contre la salinisation des sols à travers des études, des enquêtes et la formation (PANE, 2002)
-Gestion des stocks de produits phytosanitaires obsolètes	Études et programmes			10,000,000	Dh sur 10 ans	1,627,000	0.00%	Évaluer l'état actuel des quantités, qualités et zones de stockages des stocks de produits phytosanitaires obsolètes, et établir des modalités d'élimination de manière écologiquement rationnelle (PANE, 2002)
-Phénomène de désertification	Assistance technique			30,000,000	Dh sur 10 ans	4,882,000	0.00%	Élaboration d'un système d'information géographique sur les vulnérabilités des sols aux phénomènes de la désertification et mise en place d'un observatoire de la sécheresse et de la désertification (PANE, 2002)
-Reboisement	Coût d'investissement	31,000	ha	12,262		380,122,000	0.11%	Estimation du coût de reboisement des 31,000 ha de forêts détruites chaque année (Banque mondiale, 1999b)
-Sauvegarde des écosystèmes	Assistance technique			15,000,000	Dh sur 10 ans	2,441,000	0.00%	Mobilisation pour la sauvegarde des écosystèmes fragiles (PANE, 2002)
-Substitution d'énergie	Coût d'investissement/ Assistance technique			20,000,000	Dh sur 10 ans	3,255,000	0.00%	Promouvoir les programmes de substitution de l'énergie (PANE, 2002)
DÉCHETS		Nombre	Unité	Prix	Unité	Dh/ an	% PIB	Explication/ Référence
Santé/ Qualité de la vie								
-Amélioration de l'environnement urbain et péri-urbain	Coût d'investissement			12,000,000,000	Dh sur 20 ans	1,410,000,000	0.40%	SDNAL 20% du coût total du programme
-Gestion des déchets	Assistance technique			15,500,000	Dh sur 10 ans	2,523,000	0.00%	Renforcement du cadre juridique et institutionnel, réalisation d'inventaire des déchets dangereux, réalisation d'études sur l'impact socio-économique et environnemental, et élaboration de plans de gestions des déchets municipaux et dangereux (PANE, 2002).
-Promotion du recyclage	Assistance technique			12,000,000	Dh sur 10 ans	1,953,000	0.00%	Divers actions pour promouvoir le recyclage des déchets ménagers, et introduction des industries écologiques (PANE, 2002)
-Substances chimiques	Assistance technique			20,000,000	Dh sur 10 ans	3,255,000	0.00%	Élaboration et mise en oeuvre d'un plan de gestion des substances chimiques (PANE, 2002)
LITTORAL		Nombre	Unité	Prix	Unité	Dh/ an	% PIB	Explication/ Référence
Capital naturel								
-Amélioration de l'environnement urbain et péri-urbain	Coût d'investissement			12,000,000,000	Dh sur 20 ans	1,410,000,000	0.40%	SDNAL 20% du coût total du programme
-Érosion des plages	Investissement et Assistance technique			150,000,000	Dh sur 10 ans	24,412,000	0.01%	Réhabilitation des plages et des baies d'Agadir et de Tanger menacées d'érosion (PANE, 2002).
-Aménagement du littoral	Assistance technique			25,000,000	Dh sur 10 ans	4,069,000	0.00%	Établissement de directives pour la protection intégrée du littoral et mise en place d'un observatoire du littoral (PANE, 2002).
-Pollution industrielle	Assistance technique			341,000,000	Dh sur 10 ans	55,496,000	0.02%	Programme d'appui à la lutte contre la pollution industrielle surtout au niveau de Casablanca-Mohammedia et El Jadida et Safi (ce programme vise aussi la pollution de l'air d'origine industrielle) (PANE, 2002).
-Milieu marin	Assistance technique			67,000,000	Dh sur 10 ans	10,904,000	0.00%	Contrôle et surveillance de la qualité chimique et biologique du milieu marin et de la qualité hygiénique des plages (PANE, 2002).
-Biodiversité marine	Assistance technique			17,500,000	Dh sur 10 ans	2,848,000	0.00%	Recherche et surveillance sur les espèces marines menacées (PANE, 2002)
-Accidents marins	Assistance technique			28,000,000	Dh sur 10 ans	4,557,000	0.00%	Encadrement et prévention pour la lutte contre les accidents marins (PANE, 2002).
ENVIRONNEMENT GLOBAL		Nombre	Unité	Prix	Unité	Dh/ an	% PIB	Explication/ Référence
Environnement global								
-Biodiversité Global							n.d.	
-Programme de réduction CO2	Coût de réduction						n.d.	Les coûts de réduction du CO2 apparaissent pour une part dans les programmes d'économie d'énergie et de la contribution des énergies alternatives au contrôle de la pollution de l'air.

DALY - Eau potable & Assainissement (2000)			
Mortalité	Source	Quantité	Unité
Population d' enfants (< 5 ans) ¹	Santé en chiffre, 2001	3,038,182	
Taux de mortalité chez les enfants (< 5 ans)	Banque mondiale, 2001	46	pour 1,000
Décès -toutes causes- annuels chez les enfants (<5 ans)		27,951	par an
Décès dus aux maladies diarrhéiques chez les enfants (<5 ans) ²	Avis d'experts	20%	du taux de mortalité
Taux de mortalité due aux maladies diarrhéiques chez les enfants (<5 ans)		9.2	pour ,1000
Décès annuels dus aux maladies diarrhéiques chez les enfants (<5 ans)		5,590	par an
DALY par décès d'enfant (< 5 ans) ³		35	année de vie corrigée du facteur invalidité (approx)
DALY décès des enfants dus aux maladies diarrhéiques		195,659	par an
Morbidité			
Population enfants (< 5 ans)	Santé en chiffre, 2001	3,038,182	
Fréquence de la diarrhée durant les dernières 24 heures ⁴	ENSME, 1997	9%	
Nombre total de jour de diarrhée par an		99,804,279	
DALY par an d'épisodes diarrhéiques ⁵		0.2	
DALY morbidité des enfants d+A11s aux maladies diarrhéiques		54,687	
TOTAL DALY (mortalité et morbidité)		250,346	par an
Coût de traitement: cas de diarrhée non sévère			
Nombre total de jours de diarrhée par an chez les enfants < 5 ans (tel que calculé ci-dessus)		99,804,279	
Durée moyenne d'un cas de diarrhée ⁴	ENSME, 1997	5	jours
Nombre total de cas de diarrhée par an		19,960,856	
Pourcentage des cas traités par TRO (Thérapie de Réhydratation Orale) ⁴	ENSME, 1997	30%	pourcentage
Nombre de cas traités par TRO		5,988,257	
Coût du traitement ⁶		60	Dh/cas
Coût total pour traiter les cas de diarrhée non sévère chez les <5ans		359,295.403	Dh an
Coût de traitement: cas de diarrhée aiguë			
Cas de diarrhée traités dans des établissements publics (20% des cas) ⁴	ENSME, 1997	4,191,780	
Cas de diarrhée traités dans des établissements privés (7% des cas) ⁴	ENSME, 1997	1,357,338	
Nombre total des cas de diarrhée signalés dans des établissements médicaux		5,549,118	
Coût du traitement (Dh 70 visite docteur, Dh 100 médicaments) ⁶		170	Dh/cas
Coût total pour traiter les cas de diarrhée aiguë chez les <5ans		943,350.042	Dh an
Coût du temps passé à s'occuper des enfants malades de diarrhée aiguë			
Nombre total de cas de diarrhée aiguë (tel qu'estimé ci-dessus)		5,549,118	
Valeur d'une journée de travail perdu (en milieu rural) ⁷		60	Dh/jour
Coût total du temps passé à s'occuper des enfants malades		332,947.074	Dh an
Explications:			
1. L'estimation de la mortalité et de la morbidité dues aux maladies diarrhéiques est basée uniquement sur les enfants de moins de 5 ans, car l'incidence des maladies diarrhéiques est nettement supérieure chez cette tranche de la population.			
2. Les maladies diarrhéiques étaient responsables de 40% de la mortalité des enfants < 5 ans au début des années 90. Il n'existe pas d'étude récente sur la mortalité infantile due aux diarrhées. Cependant l'avis d'experts au Ministère de la Santé suggère que ce taux a diminué de moitié en 2000.			
3. Estimation suivant la formule développée par Murray et Lopez, 1996.			
4. Les données proviennent de l'Enquête Nationale sur la Santé de la Mère et de l'Enfant (ENSME) entreprise en 1997 par la Direction de la Planification et des Ressources Financières au Ministère de la Santé. Enquête souvent connue sous le nom de PAPCHILD.			
5. La sévérité de 0.2 est considérée à une échelle où 0 représente un enfant en bonne santé et 1 représente un décès.			
6. Les coûts de visites médicales (en milieu rural) ainsi que le traitement des cas de diarrhée légère et aiguë proviennent de médecins Marocains consultés au courant de la préparation de la présente étude.			
Même si les consultations dans des établissements publics sont gratuites, le coût économique est pris en compte dans l'étude.			
7. La valeur d'une journée de travail en milieu rural est basée sur un salaire moyen de Dh1500/ mois.			

Estimations du CAP des touristes étrangers & Marocains résidents à l'étranger pour améliorer le littoral		
Données de base	2000	Source
Touristes total (Étrangers et Marocains résidents à l'étranger)	4,113,037	Département du Tourisme, Statistiques, 2000
Touristes de nationalités étrangères	2,462,894	Département du Tourisme, Statistiques, 2000
dont Nord-Américains	155,388	Département du Tourisme, Statistiques, 2000
dont Nord et Ouest Européens (représentent 55% des touristes Européens, WTO, 1999)	1,127,211	
Total touristes Nord Américains et Nord/Ouest Européens	1,282,599	
Ressortissants marocains	1,650,143	Département du Tourisme, Statistiques, 2000
Nombre de nuitées occupées par les touristes étrangers dans des hôtels classés	13,539,586	Hypothèse: tous les touristes étrangers résident dans des hôtels classés
Séjour moyen des touristes étrangers	5.5	
Dépenses touristiques totales (Dh)	21,644,000,000	Département du Tourisme, Statistiques, 2000
Dépenses touristiques moyennes (Dh/pers./jr)	957	
Dépenses des touristes Britanniques dans des destinations touristiques (moyenne en \$EU)	2,775	Huybert & Benette
Moyenne des séjours Britanniques	14	Huybert & Benette
Dépenses touristes Britannique (\$EU/jour)	198	
CAP pour "améliorer" l'environnement	70	Huybert & Benette
CAP comme % dépenses total	35%	
CAP pour protéger le littoral par les touristes Américains et Européens	Borne inf.	Borne sup.
Séjour moyen des touristes A&E sur le littoral (1/3 et 2/3 séjours total)	2	4
CAP pour améliorer le littoral (35% des dépenses touristiques) Dh/pers./jr.		338
CAP total pour améliorer l'environnement du littoral (Dh)	867,000,000	1,735,000,000
CAP pour protéger le littoral par les Marocains résidents à l'étranger		
Ménages Marocains avec conditions économiques comparables aux touristes A&E (20% des ressortissants)		58,934
Séjour moyen des ressortissants Marocains sur le littoral (jours)	7	14
CAP par ménage / jour		338
CAP total pour améliorer l'environnement du littoral Dh	139,482,005	278,964,010

Estimation de la valeur récréative perdue pour les résidents Marocains due à la dégradation des plages		
	Borne inf.	Borne Sup.
Visite de la plage en voiture		
Population urbaine Rabat-Tanger-Casablanca		5,248,000
Nombre de ménages urbains à Rabat-Tanger-Casablanca		937,143
Pourcentage des ménages avec voitures (20%)		187,400
Pourcentage des ménages avec voitures qui visitent des plages plus éloignées pour des raisons environnementales (hypothèse 50%)		93,700
Nombre de visites des plages en voiture (visite/ménage/an)	10	20
Nombre de visites des plages en voiture (total/an)	937,000	1,874,000
Coût additionnel de voyage en voiture* (Dh/visite)		168
Coût total	157,416,000	314,832,000
Visite de la plage par bus et taxi		
Nombre de personnes de Rabat-Tanger-Casa visitant les plages par bus ou taxi (20%)		1,049,600
Nb de personnes visitant des plages plus éloignées pour des raisons environnementales (hypothèse 50%)		524,800
Nombre de visites moyennes par personne par an	10	20
Coût moyen additionnel pour visiter une plage plus éloignée (Dh 10/pers/jour)		10
Coût total additionnel	52,480,000	104,960,000
* Le coût additionnel de voyage est basé sur un coût de fonctionnement des véhicules (de \$0.45/km soit Dh 4.6/km d'après une enquête menée au Liban par Sarraf M. Larsen E and Owaygen M. "Cost Assessment of Environmental Degradation in Lebanon" non publiée); une distance additionnelle de 30km (aller-retour); un temps additionnel de 2h évalué à Dh15/hr.		

DALYs Pollution intérieure de l'air (2000)

Paramètres clés	Maroc	Référence
Population (million)	28,787,000	Santé en chiffres, 2001
Taux de mortalité infantile <5 ans (pour 1,000 naissances vivantes)	46	Banque mondiale, 2001
Population rurale (%)	45%	
Population rurale	12,890,000	
Taux brut de natalité (pour 1,000 habitants)	22	Santé en chiffres, 2001
Utilisation de l'énergie commerciale (koe/hab./an)	337	REEM, 2001
Utilisation de la Biomasse en milieu rural (toe/an)*	3,700,000	
Population exposée (% pop totale)**	38%	Basé: 85% de la pop. rural utilise la biomasse

Estimation "Borne Inférieure"	NBD morts	Pop exposée (PP)	Odds ratio (OR)	PAR	Décès	DALYs
Infections respiratoires aiguës (enfant < 5 ans)	4,400	38%	2	0.276	1213	42,455
Maladies pulmonaires obstructives chroniques (femmes adultes > 15 ans)	2,050	38%	2	0.276	565	11,303
Maladies de cœur (femmes adultes >15 ans)	13,700	38%	1.1	0.037	502	5,023
						58,781

Estimation "Borne Supérieure"	NBD morts	Pop exposée (PP)	Odds ratio (OR)	PAR	Décès	DALYs
Infections respiratoires aiguës (enfant < 5 ans)	4,400	38%	3	0.432	1902	66,560
Maladies pulmonaires obstructives chroniques (femmes adultes > 15 ans)	2,050	38%	4	0.533	1093	21,857
Maladies de cœur (femmes adultes >15 ans)	13,700	38%	1.4	0.132	1810	18,101
						106,519

DATA:

Le National Burden of Disease (NBD) pour le Maroc est estimé par l'extrapolation de données provenant de l'OMS (Burden of Disease) et de la Banque mondiale pour des pays ayant une espérance de vie et un taux de mortalité similaires au Maroc. L'utilisation de la biomasse en pourcentage de la consommation totale d'énergie provient du REEM, 2001. Les Odds Ratios (OR) proviennent de l'étude de Smith (2000) et reflètent une révision de plusieurs études internationales.

Infections respiratoires aiguës (enfant < 5 ans): Les maladies de l'appareil respiratoire sont responsables pour 15.7% des décès des enfants âgés entre 1-4 ans (Santé en Chiffres, 2001).
 Maladies pulmonaires obstructives chroniques (femmes adultes > 15 ans): près de 3% des décès des femmes adultes sont dus aux maladies pulmonaires obstructives chronique d'après des données de la BM et de l'OMS.
 Maladies de cœur (femmes adultes >15 ans): près de 20% des décès des femmes adultes sont dus aux maladies cardiaques ischémiques d'après les données du GBD de la BM et de OMS

MÉTHODOLOGIE:

$$PAR=PP*(OR-1)/(PP*(OR-1)+1)$$

La méthodologie utilisée provient de Smith (2000). Elle est basée sur les statistiques du National Burden of Disease (NBD) pour les maladies et la morbidité associées à la pollution intérieure de l'air. Les odds ratios (OR) sont basés sur des études internationales qui reflètent l'augmentation des risques de maladies associées à l'utilisation intérieure de la biomasse. Les DALYs sont basés sur l'actualisation du nombre d'années perdues pour chaque maladie. Seule la mortalité est prise en compte, car l'étude de Smith démontre que les DALYs perdus à cause de la morbidité sont négligeables en comparaison avec ceux perdus à cause de la mortalité. Les DALYs sont uniquement estimés pour les enfants < 5 ans et les femmes adultes, qui passent une plus grande partie de leur temps à l'intérieur du foyer.

Explication

* Consommation totale d'énergie commerciale en 1999 (toe)	9,700,000 REEM, 2001
Consommation totale biomasse en 1999 (toe)	4,157,100 REEM: Énergie traditionnelle = 30% de l'énergie global
Consommation globale d'énergie en 1999 (toe)	13,857,000
Consommation biomasse en milieu rural en 1999 (toe)	3,699,819 Ministère de Énergie, Consommation biomasse en milieu rural = 89% consommation totale

**Utilisation de la biomasse en milieu rural par habitant (koe/hab./an)	287
Part de la population rurale consommant la biomasse	85% Basé sur une consommation de 340 koe/hab./an

Calcul des terres de parcours dégradés						
Bassins versants	Superficie totale	Superficie Parcours	Production Fourragère	Production unitaire	Parcours Dégradés	Superficie dégradée
	ha	ha	000 UF	UF/ha/an	(%)	ha
Dominante steppique						
M Dahbi; Y Ben Tachafine; Al Massira; t	5,168,400	2,220,139	193,838	87	59%	1,309,882
Md V;	4,992,000	3,269,912	238,377	73	38%	1,242,567
Ibn Battouta; Nakhla	28,500	25,366	4,080	161	38%	9,639
Total	10,188,900	5,515,417	436,295	79	46%	2,562,088
Dominante forestière						
Kansara	454,000	112,362	11,832	105	18%	20,225
Hassl, My Youssef; Bine el ouidane; Lc	1,121,800	440,204	52,194	119	3%	13,206
O Makhazine; Idrissi; Al Khattabi; Oueh	1,243,300	432,468	76,333	177	36%	155,688
SMBA	980,000	425,859	67,073	158	18%	76,655
Total	3,799,100	1,410,893	207,432	558	19%	265,774

Calcul des terres de cultures dégradées		
	Borne Inférieure	Borne Supérieure
Érosion modérée		
Part des terres dégradées	25%	50%
Terres agricoles dégradées (ha)	2,175,000	4,350,000
Taux de baisse	20%	20%
Rendement céréalier (qx/ha)	10	10
Baisse du rendement (qx/ha)	2	2
Production perdue (qx)	4,350,000	8,700,000
Prix de vente (équivalent blé) (Dh/q)	258	258
Valeur perdue (Dh)	1,122,300,000	2,244,600,000
Érosion légère		
Part des terres dégradées	50%	100%
Terres agricoles dégradées (ha)	4,350,000	8,700,000
Taux de baisse	5%	5%
Baisse du rendement (qx/ha)	0.5	0.5
Production perdue (qx)	2,175,000	4,350,000
Prix de vente (équivalent blé) (Dh/q)	258	258
Valeur perdue (Dh)	561,150,000	1,122,300,000
Moyenne	841,725,000	1,683,450,000
Moyenne	1,262,587,500	