

ENVIRONMENTAL ECONOMICS SERIES

Cost of Environmental Degradation — The Case of Lebanon and Tunisia

**Maria Sarraf
Bjorn Larsen
Marwan Owaygen**

June 2004



THE WORLD BANK ENVIRONMENT DEPARTMENT

Cost of Environmental Degradation — The Case of Lebanon and Tunisia

Maria Sarraf
Bjorn Larsen
Marwan Owaygen

June 2004

The International Bank for Reconstruction
and Development/THE WORLD BANK
1818 H Street, N.W.
Washington, D.C. 20433, U.S.A.

Manufactured in the United States of America
First printing June 2004

The authors can be contacted at:

Maria Sarraf
Environmental Economist
World Bank
Washington, DC, United States
Msarraf@worldbank.org

Bjorn Larsen
Environmental Economist
Consultant
Reston, VA, United States
Bj_La@hotmail.com

Marwan Owaygen
Assistant Professor of Economics
University of Balamand
Lebanon
Marwan.owaygen@balamand.edu.lb

Contents

ACKNOWLEDGMENTS	vii
ACRONYMS	ix
INTRODUCTORY NOTE	xi
Case Study: Lebanon — Executive Summary	1
<i>Chapter 1</i>	
Introduction	5
Background	5
Cost of Environmental Degradation	5
Rationale and Objectives	6
The Preparation Process	7
<i>Chapter 2</i>	
Methodological Framework	9
Definition	9
Methodological Processes	9
Categories of Analysis	10
Consequences of Degradation	10
Monetary Valuation	11
Damage and Remediation Costs	12
Marginal Analysis	12
<i>Chapter 3</i>	
Cost Assessment of Environmental Degradation	15
Introduction	15
Total Cost of Degradation	15
Water	16
Air	18
Land and Wildlife	19
Waste	21
Coastal Zones	21
Global Environment	23

Chapter 4

Cost of Remediation	25
Introduction	25
Policy Context	25
Water	25
Air	26
Land and Wildlife	27
Waste	27
Coastal Zones	27
Global Environment	27

Chapter 5

A Comparison between Damage and Remediation Costs and Conclusion	29
Introduction	29
A Comparison by Environmental Category	29
Conclusion	31

APPENDIXES

A Pilot Surveys in Lebanon	33
B Damage and Remediation Costs Calculation	41
C Detailed Estimates of Damage Costs	47

NOTES 55

REFERENCES 57

FIGURES

1. Annual cost of environmental degradation by environmental category	16
2. Annual cost of environmental degradation by economic category	16

TABLES

1. Annual cost of environmental degradation, mean estimate, 2000	15
2. Water — Annual damage cost, mean estimate, 2000	17
3. Air — Annual damage cost, mean estimate, 2000	19
4. Land and Wildlife — Annual damage cost, mean estimate, 2000	20
5. Waste — Annual damage cost, mean estimate, 2000	21
6. Coastal zones — Annual damage cost, mean estimate, 2000	23
7. Water — Cost of remediation	26
8. Air — Cost of remediation	26
9. Land and wildlife — Cost of remediation	27
10. Waste — Cost of remediation	27

LES COÛTS DE LA DÉGRADATION DE L'ENVIRONNEMENT — CAS DU LIBAN ET DE LA TUNISIE 61**ÉTUDE DE CAS: TUNISIE — RÉSUMÉ 63*****Chapitre 1*****Introduction 67**

- Contexte général 67
- Contexte politique et institutionnel 67
- Objectifs de l'étude 69
- Préparation de l'étude 69

Chapitre 2**Cadre méthodologique 71**

- Introduction 71
- Approche méthodologique générale 71
- Catégorisation 72
- Hypothèses 73
- Evaluation Monétaire 74
- Coûts des Dommages et de Remplacement 75
- Analyse Marginale 75

Chapitre 3**Coûts des dommages 77**

- Introduction 77
- Coûts Totaux de la Dégradation 77
- Eau 78
- Air 79
- Sols et Forêts 80
- Déchets 81
- Littoral 81
- Environnement global 82

Chapitre 4**Coûts de remplacement 83**

- Introduction 83
- Contexte Politique 83
- Eau 84
- Air 84
- Sols, forêts et Biodiversité 85
- Déchets 85
- Littoral 86
- Environnement global 86

Chapitre 5

Conclusion 87

APPENDICES

- A Estimations des coûts des dommages et des coûts de remplacement 89
- B Estimations détaillées des coûts des dommages 95

NOTES 101

BIBLIOGRAPHIE 103

FIGURES

- 1. Coûts annuels des dommages par catégorie environnementale 77
- 2. Coûts annuels des dommages, par catégorie économique 78

TABLEAUX

- 1. Quelques indicateurs de performance 67
- 2. Données économiques, 19995 74
- 3. Coûts annuels des dommages, estimation moyenne, 1999 77
- 4. Eau : Coûts annuels des dommages, estimation moyenne, 1999 79
- 5. Air : Coûts annuels des dommages, estimation moyenne, 1999 81
- 6. Sols et forêts : Coûts annuels des dommages, estimation moyenne, 1999 81
- 7. Déchets : Coûts annuels des dommages, estimation moyenne, 1999 81
- 8. Littoral : Coûts annuels des dommages, estimation moyenne, 1999 82
- 9. Eau : Coûts de remplacement 84
- 10. Air : Coûts de remplacement 85
- 11. Sols, forêts et biodiversité : Coûts de remplacement 85
- 12. Déchets : Coûts de remplacement 85

Acknowledgments

This report was prepared by a team consisting of Maria Sarraf (Environmental Economist, World Bank), Bjorn Larsen (Environmental Economist, Consultant), and Marwan Owaygen (Natural Resources Economist, Consultant). It was prepared in collaboration with the Ministry of Environment in Lebanon and the Ministry of Agriculture, Environment and Water Resources in Tunisia. The authors would like to thank Sherif Arif (Regional Environmental Advisor, World Bank) for his

support and constructive feedback. They gratefully acknowledge the financial support provided by the Swiss Agency for Development and Cooperation through a grant to the Mediterranean Environmental Technical Assistance Program. They would also like to thank Gonzague Pillet (Consultant, Ecosys) who contributed to an initial draft of the Tunisia case study and Jim Cantrell who was responsible for printing report.

Acronyms

English Acronyms

CAS	Central Administration of Statistics, Lebanon
CBS	Central Bureau of Statistics, Lebanon
DALY	Disability Adjusted Life Year
DC	Damage Cost
GDP	Gross Domestic Product
Koe	Kilo of oil equivalent
LBP	Lebanese Pound
LEDO	Lebanese Environment and Development Observatory
METAP	Mediterranean Environmental Technical Assistance Program
MoE	Ministry of Environment, Lebanon
PM10	Particulate Matter
ORT	Oral rehydration therapy
RC	Remediation Cost
SOER	State Of the Environment Report, Lebanon
UNDP	United Nations Development Program
UNICEF	United Nations Children’s Fund
USAID	United States Agency for International Development
US\$	US dollar
WHO	World Health Organization
WTP	Willingness-to-Pay

French Acronyms

ANER	Agence nationale de l’énergie renouvelable
ANPE	Agence nationale de protection de l’environnement
APAL	Agence de protection et de l’aménagement du littoral
DALY	Disability adjusted life years (Année de vie corrigée du facteur invalidité)
CDR	Coûts de remplacement
CDUIR	Coûts des dommages et de l’utilisation inefficace des ressources
EIE	Etude d’impact sur l’environnement
FAO	Organisation des Nations Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture

n.d.	Non disponible
MAERH	Ministère de L'Agriculture, de l'Environnement et des Ressources hydrauliques
MEAT	Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire
METAP	Programme d'assistance technique pour l'environnement pour la région méditerranéenne
MNA	Région Moyen-Orient et Afrique du nord
OCDE	Organisation de coopération et de développement économique
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONAS	Office national tunisien de l'assainissement
ONTT	Office national tunisien du tourisme
OTEDD	Observatoire tunisien de l'environnement et du développement durable
PIB	Produit intérieur brut
TEP	Tonne équivalent pétrole
TRO	Thérapie de réhydratation oral
DT	Dinar tunisien
\$EU	Dollars des Etats Unis

Introductory Note

This report was prepared under the METAP program as a 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 in the Middle East and North Africa region. Cost of environmental degradation reports were also prepared for Algeria, Egypt, Jordan, Morocco and Syria during the period 2001-2004. Based on the reports, regional training programs were conducted in Egypt (December 2002), Lebanon (August 2003) and Morocco (January 2004) with participants from the ministries of environment, sector ministries, research institutes, and the private sector.

The reports commenced with Algeria in 2001 as an input to the NEAP. This was followed by reports for Tunisia and Egypt during 2001 and 2002. Preparation work was then initiated for Lebanon and Jordan in the spring of 2002, followed by Syria and Morocco later in 2002. As the reports were part of a regional program, it was decided to harmonize the methodological approaches as much as possible in order to facilitate comparison of similarities and differences across countries. Such a harmonization also provided opportunities to better understand differences in relative rankings of environmental issues in terms of their overall socio-economic cost. To a large extent methodological harmonization was done for estimating and valuing the health

effects of urban air pollution, indoor air pollution, and inadequate water, sanitation and hygiene. The productivity method was applied to agricultural land degradation, but the approaches to provide quantitative estimates varied depending on the specificity of issues and data availability in each of the countries. A combination of methodologies was applied to assess costs associated with coastal degradation, inadequate waste management, and natural resource degradation (other than agricultural land). These methodologies included techniques such as contingent valuation, hedonic property pricing, the recreational travel cost method, as well as economic impacts associated with possible international tourism losses. Cost of avertive behavior was also exemplified in the case of drinking water quality concerns in two of the countries.

The reports represent one of the first attempts in the region to quantify and monetize the cost of degradation across a wide range of environmental issues. The assessments therefore had in some cases to rely on health impact studies from other countries, and in other cases were not able to provide quantitative estimates of health effects. In this context, it should be said that several important developments have taken place since the preparation of these reports started in 2001. First, urban air pollution dose response coefficients from international studies

reflecting acute mortality of particulates (PM) have been applied in all the seven country reports, including Lebanon and Tunisia. In 2002, however, Pope et al published a new study of long-term mortality effects of fine particulates that confirmed the findings of Pope et al (1995) of much larger mortality effects than the findings from acute mortality studies. The long term coefficients from the 2002 study is now increasingly becoming the convention for estimating the mortality effects of particulate pollution in developing countries that lack such studies, and was for instance applied in the World Health Report 2002. It is therefore very possible that the mortality estimates presented in this report on Lebanon and Tunisia represent underestimates. However, the number of life years lost per premature death from particulate pollution presented in this report is consistent with years lost on average to cardiopulmonary mortality, which Pope et al finds to be the most significant mortality impact of fine particulates.

Second, the estimated health effects of indoor air pollution from biomass fuel presented in this report include increased adult female heart disease mortality in addition to increased respiratory mortality in children and adult female chronic obstructive pulmonary disease mortality. Other studies do not consider there is enough evidence regarding indoor air pollution and heart disease. The estimates presented in this report for Lebanon and Tunisia may therefore represent an overestimate of mortality effects. On the other hand, increased respiratory morbidity from indoor biomass smoke has not been estimated in this report due to insufficient baseline data. Third, estimates in this report of diarrheal illness associated with inadequate water, sanitation and hygiene are limited to children. Sufficient data are not available for the two

countries to provide a reasonably precise estimate of adult diarrheal illness. It should be noted, however, that recent evidence from a household survey in a governorate (province) in Egypt in 2003 indicates that total annual cases of diarrheal illness in the population above five years of age tend to be as many as among children under five years (although incidence is higher in the latter group).

The Lebanon and Tunisia reports have been combined in this report to provide some perspectives of similarities and differences of the magnitudes of environmental degradation found in the region, and the type of methodologies applied in the country reports. Lebanon, at twice the income level of Tunisia, has suffered severe coastal and natural resource degradation in the past three decades, associated in particular with uncontrolled construction. There is for instance now very limited potential for international beach tourism due to this degradation in Lebanon, in contrast to Tunisia with millions of beach tourists along relatively well preserved coastal areas. Tunisia, viewed as the country in the region with highest environmental quality and management, is however not free from problems. Water and land issues are significant, and vehicle dieselization has for instance contributed to deteriorated air quality in Tunis.

As to the specifics of the estimates presented in this report, the annual damage cost of environmental degradation in 2000 in Lebanon was estimated at 2.8 - 4.0 percent of GDP with a mean estimate of 3.4 percent of GDP, or close to US\$565 million per year. The estimates should be considered orders of magnitude and a range is provided to indicate the level of uncertainty. The cost of inadequate potable water, sanitation and hygiene is assessed at 1.0-1.2 percent of GDP, followed by air pollution

(urban outdoor and rural indoor) at 0.7-1.3 percent. The cost of coastal zone degradation is estimated at close to 0.6-0.75 percent of GDP and degradation of land resources and wildlife at 0.5-0.7 percent of GDP. Damage costs associated with solid waste management is assessed at 0.05 percent of GDP. Of total damage costs about 62 percent is from damage to health and quality of life, and 38 percent from natural resource degradation.

In Tunisia, the annual damage cost of environmental degradation in 1999 was estimated at 1.5 –2.7 percent of GDP with a mean estimate of 2.1 percent of GDP, or close to US\$440 million per year. The cost of inadequate potable water, sanitation and hygiene is assessed at 0.5-0.7 percent of GDP, followed by air pollution at 0.4-0.8 percent of GDP, and by land degradation at 0.4-0.7 percent of GDP. The cost of coastal zone degradation is estimated at around 0.25 percent of GDP. Damage costs associated with solid waste management are assessed at 0.15 percent of GDP.

In comparing the cost estimates for the two countries, it can be seen that as a percentage of

GDP the costs in Tunisia are lower than in Lebanon for every environmental category. It can also be noted that the rank order of cost estimates is the same, except for coastal degradation. The magnitude of land degradation cost is quite similar, but is of different origin and cause. The main difference in the estimated cost of inadequate water, sanitation and hygiene is estimated averted expenditures on bottled water in Lebanon.

At last, it should be noted that the results of the two case studies are likely to underestimate the total damage costs from environmental degradation, since no cost estimate is provided for degradation associated with industrial, hazardous and hospital waste, losses of most forest cover, biodiversity and natural ecosystems, rangeland degradation and desertification as sufficient data were unavailable. Similarly, the cost assessment of degradation associated with inadequately treated or untreated industrial and municipal wastewater is limited to coastal recreational and tourism losses due to data constraints.

Case Study: Lebanon — Executive Summary

Introduction

Lebanon's accomplishments in environmental management and protection in the last decade include: (i) establishing an environment ministry in 1993; (ii) giving protected status to seven areas (about 2 percent of total surface area), ten forests and several river basins and high mountains; (iii) improving solid waste collection and disposal in several parts of the country; (iv) establishing standards for industrial stack emissions and wastewater discharge; (v) preparing its first environment strategic framework with METAP assistance in 1996; (vi) undertaking a series of actions to decrease air pollution such as banning the use of light diesel vehicles; and (vii) enacting an Environment Code in 2002. However, challenges from several decades of past and continuing degradation remain.

This report is the first step in a process supported by the Mediterranean Environmental Technical Assistance Program (METAP) toward using environmental damage cost assessments as an instrument for integrating environmental issues into economic and social development. The specific objectives of this report are three-fold:

- i. Provide an estimate of the cost of environmental degradation in Lebanon using the most recent data available
- ii. Provide an analytical framework that can be applied periodically by professionals in Lebanon to assess the cost of environmental degradation over time
- iii. Provide a basis for a training program for ministries, agencies, institutes and other interested parties to incorporate assessments of environmental degradation costs into policymaking and environmental management.

A training manual that builds on the analytical framework, environmental categories, and results and conclusions of this report has been developed. The manual was used in a training program that concentrated on in-depth analysis of environmental damage assessments, and benefits and costs of environmental action in priority areas.

The report also provides cost estimates of select remedial actions that may be necessary to protect and restore the environment. It also presents a discussion comparing damage and remediation costs, and the potential benefits of remedial action for some environmental issues.

Estimates of environmental damage and remediation costs should be considered orders of magnitude. As priority areas are identified, further analysis will be required for more accurate estimates. Nevertheless, the estimates presented in this study indicate the severity and

magnitude of environmental degradation and provide a rationale for continued environmental management and priority setting for environmental action.

Cost of Environmental Degradation

In 2000, the cost of environmental degradation in Lebanon was estimated at 2.8-4.0 percent of GDP per year, with a mean estimate of close to US\$565 million per year, or 3.4 percent of GDP. In addition the cost to the global environment is estimated at about 0.5 percent of GDP per year.

Estimated costs of damage have been organized by environmental category, and are presented as such in Table 1 and Figure 1 (not including the global environment). Figure 2 presents the same mean estimates by economic category, indicating that the cost to health and quality of life (including avertive expenditures) is about 2.1 percent of GDP, followed by 1.3 percent for natural resources.

The most significant negative impacts on health are caused by urban air pollution (particulates and Pb) in Greater Beirut and Greater Tripoli at an estimated cost of 0.6-1.0 percent of GDP per year, with a mean of about 0.8 percent. Negative impacts on health from indoor air pollution in

Table ES-1. Annual cost of environmental degradation, mean estimate, 2000

	US \$ millions per year	Percent of GDP
Air	170	1.02
Water	175	1.07
Land and wildlife	100	0.60
Coastal zones and cultural heritage	110	0.68
Waste	10	0.05
Sub-Total	565	3.4
Global environment	90	0.5
Total	655	3.9

Figure ES-1. Annual cost of environmental degradation by environmental category

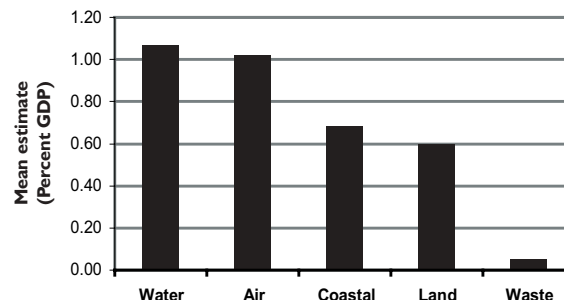
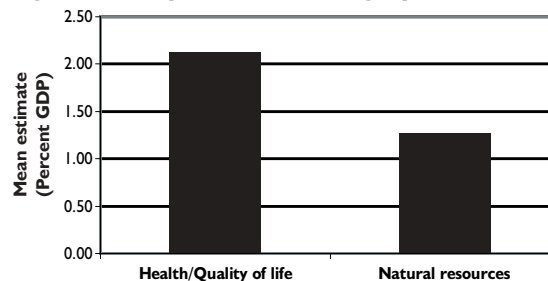


Figure ES-2. Annual cost of environmental degradation by economic category



rural areas from biomass fuel use is estimated at 0.1-0.3 percent of GDP. The cost of diarrheal illness and mortality is estimated at 0.5-0.6 percent of GDP, caused by a lack of access to safe potable water and sanitation, and inadequate domestic, personal and food hygiene. Most of those impacted are children. The lack of safe potable water, or perception thereof, has an additional cost in terms of avertive expenditure on bottled water, estimated at 0.5 percent of GDP per year. The last category is waste management with potential impacts on health from uncollected and unsafe disposal of municipal and industrial waste, hazardous waste and health sector waste.

The cost of natural resource degradation is predominantly from losses in recreational, tourism, ecological and non-use values associated with coastal zone degradation (0.6-

0.75 percent of GDP per year), and agricultural soil/terrace degradation (0.4 - 0.5 percent of GDP). The assessed cost of degradation of the inland natural environment is estimated at 0.1-0.2 percent of GDP. However, the analysis is mainly limited to areas in Mount Lebanon due to data limitations (see Chapter 3 and Appendixes).

Cost of Remediation

The cost of remediation has been estimated for a limited number of actions for each environmental category and presented in Chapter 4. While the focus of this chapter is the cost of remediation, and mainly of investments and programs, a discussion of the policy context is warranted. Reducing degradation and protecting the environment should be viewed in the context of economic and sector policies and development, and in the broader framework of environmental management.

Much can be gained from preventing degradation through analyzing the environmental impacts of policies and development plans. Eliminating price, tax and economic regulatory distortions can also benefit the environment if such distortions favor inefficient use of “dirty” resources or “dirty” industries.

Reducing degradation and protecting the environment also require strict enforcement of environmental legislation, public/private partnerships, environmental awareness raising, and local participation. Sound environmental management also requires that the roles of the public and the private sectors be clarified. It should be said that the remedial actions discussed in this report should not necessarily be undertaken by the public sector. The private sector should bear the cost of remedying the

pollution and degradation it causes, and the private sector can provide a significant contribution to the delivery of environmental services.

Comparison of Damage and Remediation Costs

A comparison of benefits (reductions in damage) and costs (remedial actions) can be useful to point to environmental issues for which benefits of remediation are likely to exceed the cost of remedial actions.

Chapter 5 points to some areas for which a comparison of costs and benefits are made. However, in making such comparisons, a note of caution is warranted:

- i. Environmental damage is unlikely to be completely eliminated no matter how stringent and comprehensive the remedial action.
- ii. The remedial action discussed in Chapter 4 is in most cases insufficient to adequately address the damage.
- iii. Quantification of environmental damage and its monetary valuation can never be completely accurate (Chapter 2), and the costs of remedial action are most often only estimates.
- iv. The principle of marginal analysis needs to be applied to obtain remedial action that is likely to provide the greatest benefits per unit of cost.

Conclusion

This study indicates that the cost of environmental degradation in Lebanon is in the range of 2.8-4.0 percent of GDP, with a mean

estimate of 3.4 percent. This is substantial and on the order of 1.5 times higher than in high-income countries. The main reasons for this are: (i) a significant disease burden and averted expenditures associated with the lack of safe water and sanitation facilities and inadequate hygiene; (ii) substantial negative impacts on health from air pollution; (iii) environmental degradation and productivity losses associated with soil degradation; and (iv) significant coastal zone degradation.

This report also indicates that Lebanon would benefit significantly from remedial action to protect and restore the environment, although estimates of the cost to do so are tentative. Further analysis of the costs and benefits of select environmental issues that are considered priority areas by the Government of Lebanon would facilitate priority setting and improved environmental management, as well as promote inter-sectoral support for action. Future cost analysis should include more in-depth assessment of the impacts of environmental quality on tourism and recreation, and on soil and water resources management.

1 Introduction

Background

Like other countries in the region and around the world, Lebanon has long faced environmental degradation and threats that impinge on the health of the population and economic development.

Lebanon, an upper middle-income country according to World Bank classifications, has a per capita GDP of about US\$4,000. Ninety percent of its population live in urban areas. The country has a population density of about 430 people per square kilometer. More than one-fourth of the population live in Greater Beirut and more than half live in the coastal areas. Forested area, as a percentage of total land area, is around 3.5 percent, compared to 1.5 percent for the Middle East and North Africa region and close to 30 percent worldwide. Freshwater resources amount to about 1,100 cubic meters per capita per year which is similar to Egypt, 7-8 times more than Jordan, and less than half that of Syria. Agricultural land constitutes close to 32 percent of the total land area, comparable in the region though somewhat less than the rest of the world (World Bank, WDI 2001). Agricultural land per capita, however, is only about 0.074 hectares (0.74 dunums), one of the lowest in the world.

The 2001 Lebanon State of the Environment Report (SOER), published by the MoE and LEDO and prepared in collaboration with ECODIT Liban, provides a comprehensive

assessment of Lebanon's environment, recent accomplishments and remaining challenges. It also identifies specific actions for environmental protection and the restoration of environmental quality.

Accomplishments in environmental protection in the past decade include: (i) establishing an environment ministry in 1993; (ii) giving protected status to seven areas (about 2 percent of total surface area), ten forests and several river basins and high mountains; (iii) improving solid waste collection and disposal in several parts of the country; (iv) establishing standards for industrial stack emissions and wastewater discharge; (v) preparing its first environment strategic framework with METAP assistance in 1996; (vi) undertaking a series of actions to decrease air pollution such as banning the use of light diesel vehicle; and (vii) enacting an Environment Code in 2002. With respect to other environmental challenges, the SOER stresses the need to reduce air pollution from vehicle emissions, strive for balanced development and urbanization, protect beaches and assure public access, and continue to improve industrial pollution control and waste management.

Cost of Environmental Degradation

In 1995, the World Bank published the "Middle East and North Africa Environmental Strategy." The strategy provided an order of magnitude

for the regional cost of environmental degradation as a percentage of regional GDP. The main areas for which the strategy provided estimates for the cost of degradation were the detrimental impacts on health from the lack of safe water and sanitation facilities and urban air pollution, and the cost of natural resource degradation (soil erosion and salinisation as well as rangeland and forest degradation).

The strategy was based on 1990 data and was a first attempt to quantify the impacts of environmental degradation on health and economic activity. In addition, the strategy identified areas of resource inefficiencies (such as energy and water) that had high economic costs and contributed to environmental degradation.

During the 1990's, several country-specific studies were also undertaken in the region. They provided estimates of the cost of environmental degradation for specific environmental issues and subsets of issues. These include studies commissioned by METAP, UNDP, USAID, the World Bank and others in Algeria, Egypt, Iran, Lebanon, Morocco, and Syria.

More recently the World Bank prepared a Corporate Environment Strategy and updated the Middle East and North Africa regional strategy.¹ The updated regional strategy highlighted the economic importance of a clean environment by assessing the damage costs of environmental degradation. This type of assessment also represents an analytical tool to assess environmental sustainability, as called for in the Millennium Development Goal number seven.

Estimating the cost of environmental degradation is not a new topic in Lebanon. Several studies have been undertaken that

provide quantitative estimates of the cost of air pollution (e.g. El-Fadel and Massoud, 2000; Hashisho and El-Fadel, 2001(b); and METAP/HIID, 2000) and the value of nature conservation and protection (e.g. Owaygen, 1999; and Zurayk and Moubayed, 1994). The SOER also provides quantitative estimates for the cost of degradation in select areas. These studies represent important contributions to the understanding of the cost of environmental degradation and the value of protection and improving environmental quality.

Rationale and Objectives

No previous study has attempted to provide a perspective on the overall cost of environmental degradation in Lebanon, although several studies, as discussed above, provide valuable contributions in select areas. Local capacity is to a significant extent available in Lebanon to undertake an overall quantification. A further increase in such capacity could provide a better understanding of the magnitude of the cost to society of environmental degradation in various sectors. This in turn could help improve the continuing process of environmental priority setting to achieve reductions in the overall cost of environmental degradation with less public and private sector resources.

This report is the first step in a process supported by METAP to use environmental damage cost assessments as an instrument in environmental management. The specific objectives of the report are three-fold:

- i. provide an estimate of the cost of environmental degradation in Lebanon using the most recent data available.
- ii. provide an analytical framework that can be applied periodically by professionals in

Lebanon to assess the cost of environmental degradation over time.

- iii. provide a basis for a training program for ministries, agencies, institutes and other interested parties to incorporate assessments of the cost of environmental degradation into policymaking and environmental management.

A training manual, based on the analytical framework and the results of this report, has been developed. A training course has been delivered in Lebanon in August 2003.

The Preparation Process

The study commenced in January 2002 with discussions at the Ministry of Environment, other ministries, institutes and universities, and with Lebanese experts. Initial data were collected and a local expert was included on the study team.

During the preparation of the study, a review of relevant literature and documents was carried

out. Data from various government documents, statistical analysis, economic and sector work by the World Bank, and reports from various international agencies were utilized. For environmental issues for which sufficient data and analysis were not available, the team's local expert carried out primary research and data collection. In addition, analysis from other countries was utilized to supplement the estimates for the cost of environmental degradation included in this report.

Chapter 2 provides an overview of the methodologies applied in this report. Chapter 3 presents estimates of the degradation costs. Remedial actions with select cost estimates are discussed in Chapter 4. A comparison and discussion of the costs and benefits are provided in Chapter 5. Appendixes A and B present degradation and remediation costs, as well as further details of degradation cost estimates. Appendix I provides research by a local expert on forests and woodland degradation, quarries, and inland tourism and recreation.

2 Methodological Framework

Definition

This report provides first order estimates on the cost of environmental degradation in Lebanon, as well as the cost of remediation of environmental degradation for select actions.

An attempt has been made to capture what may be expected to be the most significant costs of degradation. However, data limitations have been a constraint, which implies that estimates in some environmental areas are not included. Hence, the total estimate of environmental degradation, as presented in this study, is likely to underestimate the true costs of degradation.

As the main objective of the report is to quantify degradation, assessment of remediation is limited and in most cases insufficient to provide a comparison of the costs and benefits of remediation.

The cost of environmental degradation can be understood as a measure of the lost welfare of a nation due to environmental degradation. Such a loss in welfare from environmental degradation includes (but is not necessarily limited to):

- i. loss of healthy life and well-being of the population (e.g.: premature death, pain and suffering from illness, absence of a clean environment, discomfort).

- ii. economic losses (e.g.: reduced soil productivity and reduced value of other natural resources, lower international tourism).
- iii. loss of environmental opportunities (e.g.: reduced recreational value for lakes, rivers, beaches, forests).

In this report the cost of environmental degradation is expressed as a percentage of GDP in order to provide an order of magnitude. It is also useful to compare the cost of degradation to GDP to assess the relative magnitude over time.

If the cost of degradation as a percentage of GDP grows over time, it suggests that the welfare loss from environmental degradation is growing faster than GDP, i.e. that economic and human activity is having increasingly negative (environmental) impacts on the nation relative to their economic affluence. If the contrary is the case, it suggests that environmental impacts are decreasing relative to the nation's economic affluence.

Methodological Processes

The process of estimating the cost of environmental degradation involves placing a monetary value on the consequences of such degradation. This often implies a three-step process:

- i. quantification of environmental degradation (e.g. monitoring of ambient air quality, river/lake/sea water quality, soil pollution).
- ii. quantification of the consequences of degradation (e.g. negative impacts on health from air pollution, changes in soil productivity, changes in forest density/growth, reduced natural resource based recreational activities, reduced tourism demand).
- iii. a monetary valuation of the consequences (e.g. estimating the cost of ill health, soil productivity losses, reduced recreational values).

Environmental science, natural resource science, health science and epidemiology, economics and frequently other sciences are applied to quantify environmental degradation/conditions and its consequences. For valuation of the consequences, and sometimes to quantify the consequences of degradation, environmental economics and natural resource economics are applied.

This report has utilized available information on the quantification of environmental degradation in Lebanon and the consequences of degradation. In limited cases for which no information on the consequences of degradation was available, primary research was conducted during the course of the study and expert opinions were utilized as to the likely consequences and their magnitudes.

Categories of Analysis

To estimate the cost of environmental degradation for various aspects of the

environment, the analysis and estimates have been organized into these categories:

- i. Water
- ii. Air
- iii. Land and wildlife
- iv. Waste
- v. Coastal zones and cultural heritage
- vi. The global environment.

For each of these categories there are separate analysis and cost estimates for:

- i. health/quality of life
- ii. natural resources.

Consequences of Degradation

Several methodologies and approaches have been applied to provide a quantitative estimate of the consequences of environmental degradation. Explanations of the estimates are provided in Appendixes A, B, and C at the end of the report for each area in which cost of degradation has been estimated. An overview of the main principles is provided here.

Health and Quality of Life. Impacts on health from environmental degradation are expressed as Disability Adjusted Life Years (DALYs). This is a methodology that has been developed and applied by WHO and the World Bank in collaboration with international experts to provide a common measure of disease burden for various illnesses and premature mortality.² Illnesses are weighted by severity so that a relatively mild illness or disability represents a small fraction of a DALY, while a severe illness represents a larger fraction of a DALY. A year lost to premature mortality represents one DALY and future years lost are discounted at a fixed rate of 3 percent.

For waterborne illnesses – associated with inadequate water and sanitation services and hygiene - the loss of DALYs presented in this report are due predominantly to mortality and morbidity caused by diarrheal illnesses in children under five. Each child death represents the loss of 35 DALYs.

For air pollution, impacts on health are estimated based on ambient air quality data in Beirut and Tripoli and international studies on the negative impacts on health from air pollution. In this report, each premature death due to air pollution represents 10 DALYs.

For inadequate solid waste collection no estimate of potential health impacts is provided in the report. The social cost of inadequate collection is estimated directly by the willingness-to-pay (WTP) approach.

Natural Resources. The main areas of natural resource degradation quantified in this report are agricultural land degradation, coastal zone degradation, quarries, unplanned construction, deforestation, and disruption of wildlife in parts of Mount Lebanon.

The consequences of agricultural land degradation are quantified in terms of productivity declines in crop cultivation. The cost of coastal zone degradation is based on estimated losses in recreational opportunities, tourism and ecological values. The cost of degradation in Mount Lebanon is based on estimated losses in land and property values, recreation and tourism, and opportunities for birdwatching.

For some issues (wastewater pollution and inadequate industrial waste management), the consequences of environmental degradation have only been quantified for the recreational

and international tourism value of the coastal zone and to some extent on potable water and coastal ecosystems. No assessment or quantification is provided for possible losses in fisheries or impacts on agriculture due to data limitations.

Monetary Valuation

To arrive at a monetary valuation of the consequences of environmental degradation (i.e. the cost of environmental degradation), various methodologies of environmental and natural resource economics have been applied.

Appendixes A and B at the end of the report provide brief explanations of the estimated cost of degradation. A range has been used for most estimates to reflect uncertainties. An elaboration of some of the issues follows here.

Morbidity. The cost of negative impacts on health is estimated by applying a combination of valuation techniques. For morbidity the cost-of-illness (COI) approach has been used. This approach estimates treatment costs and the cost of lost work days or time provided by care givers. In addition, DALYs lost to morbidity have been valued in relation to GDP per capita to account for the cost of pain and suffering of illness which is not included in the COI approach.

Adult Mortality. The cost of adult mortality from air pollution is estimated based on WTP for mortality risk reduction. As such studies are not available for Lebanon, WTP estimated in Europe and North America has been applied by adjusting for GDP per capita differentials for Lebanon. Since it has been found that the elderly are most at risk of mortality from air pollution (WHO 1994), the WTP estimates have been adjusted for differences in life years lost

between mortality from air pollution and the overall mortality risks for which the WTP estimate was originally calculated.

The WTP estimates are used as an upper bound for the cost of mortality. As a lower bound, DALYs lost to mortality have been valued at GDP per capita. This valuation has similarities to the human capital approach (HCA), which estimates the cost of mortality as lost future income from the time of death.

It should be noted that the WTP approach provides a cost of mortality in this report that is about six times higher than the approach of DALYs valued at GDP per capita. Thus the lower bound estimate of the cost of a DALY lost due to adult mortality would be a gross understatement of the cost of environmental degradation if WTP provides a better representation of welfare cost.

Child Mortality. Worldwide, most WTP studies assessing mortality risk are for adult mortality risk valuations. Almost no such studies are available for children. The human capital approach has therefore been applied to child mortality in this study by estimating the present value of lifetime income, approximated by GDP per capita, for income during the ages of 20 to 65 years, at a discount rate of 3 percent.³ At a real income growth of zero and two percent per year, this corresponds to a valuation of DALYs at 50 and 100 percent of GDP per capita.

A last point is that all estimates of the cost of environmental degradation and remedial action are annual costs. Whenever necessary, costs have been annualized over its relevant time period and discounted at an annual rate of 10 percent.

Damage and Remediation Costs

The following chapters present estimates of the cost of environmental degradation (DC for damage cost) and (RC for remediation cost).

As previously stated, damage costs express the national welfare loss associated with environmental degradation. Damage costs also provide a perspective on the extent of the potential benefits that would occur with good environmental management and remedial actions.

The assessment of remediation costs provides an indication of the resources needed to at least partially avoid current environmental degradation. Only a limited number of remedial actions, and their costs, are presented in this report. It therefore remains uncertain to what extent these actions would restore environmental quality. Thus any comparison of degradation costs and remediation costs (i.e. potential benefits compared to costs of environmental improvements) should be undertaken with great care and undergo a more detailed assessment before utilization as a policy tool.

Marginal Analysis

A marginal (incremental) analysis should be applied to assess the benefits (reductions in the cost of environmental degradation) and costs of remedial action. Only in specific and limited cases can it be expected that incremental benefits from an additional remedial action will be the same as for a previous action. In most cases, incremental benefits are declining and it becomes increasingly costly to improve environmental quality. Thus the costs and benefits of each action should be assessed to the

extent possible and actions with the highest benefits per unit of cost should be implemented first. This process should be continued up to the point where benefits of an action equal the cost. Implementing action to improve the environment beyond this point would result in a net welfare loss.

In practice, however, it may prove very difficult (if not impossible) to assess benefits and costs sufficiently accurate to apply the principle of marginal analysis. In such cases, other

principles should be applied that may be based on precautionary concerns, irreversibility of environmental damage, intergenerational concerns, and gender, poverty alleviation and equity objectives. These principles may also be combined with marginal analysis for cases in which benefits and costs can be quantified. The issue of marginal analysis regarding remediation costs and the comparison of damage costs and remediation costs will be addressed later in the report.

3 Cost Assessment of Environmental Degradation

Introduction

This chapter presents estimates for the cost of environmental degradation (damage cost: DC) based on the methodologies outlined in Chapter 2. Damage cost is presented for each of the following environmental categories:

- i. Water
- ii. Air
- iii. Land and wildlife
- iv. Waste
- v. Coastal zones and cultural heritage
- vi. The global environment.

For each of these categories cost estimates are presented for:

- i. Health/quality of life
- ii. Natural resources.

It should be noted that these estimates are orders of magnitude and therefore only an indication of actual costs. The main reasons for not being able to provide precise estimates are that available data are often aggregates that do not reflect important geographic variations across Lebanon, precise data or estimates on the consequences of environmental degradation are unavailable or incomplete, and the valuation of these consequences are very rough estimates.

Calculations of each damage cost estimate as percentages of GDP in 2000 and as total U.S.

dollar figures can be found in the appendixes. Summaries of these estimates are presented here.

Total Cost of Degradation

The cost of environmental degradation in Lebanon in 2000 is estimated at 2.8 - 4.0 percent of GDP, with a mean estimate of US\$565 million, or 3.4 percent of GDP. The damage cost to the global environment is estimated at 0.5 percent of GDP. Mean estimates of these costs are presented in Table 1 and Figure 1, (exclusive of the global environment) for each environmental category.

By economic category, the cost to health and quality of life is about 2.1 percent of GDP and 1.3 percent for natural resources as seen in Figure 2.

Table 1. Annual cost of environmental degradation, mean estimate, 2000

	US \$ millions per year	Percent of GDP
Air	170	1.02
Water	175	1.07
Land and wildlife	100	0.60
Coastal zones and cultural heritage	110	0.68
Waste	10	0.05
Sub-Total	565	3.4
Global environment	90	0.5
Total	655	3.9

Figure 1. Annual cost of environmental degradation by environmental category

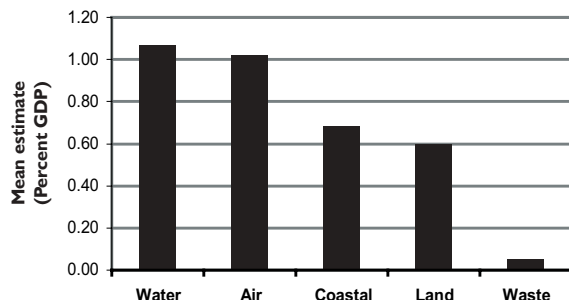
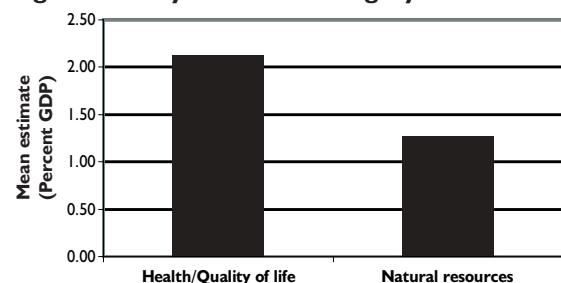


Figure 2. Annual cost of environmental degradation by economic category



Water

Health and quality of life. Sub-standard quality and an inadequate quantity of potable water for drinking and hygiene purposes, inadequate sanitation facilities and sanitary practices, and inadequate personal, food and domestic hygiene have a cost to society. This cost arises primarily on two fronts. First, it is well known that inadequate water, sanitation and hygiene are associated with waterborne illnesses and mortality (Esrey et al, 1991). Second, individuals and communities at risk from waterborne illnesses and mortality may incur costs associated with protective measures (avertive expenditures such as purchases of bottled water). Estimates of both types of cost are presented in this study.

Mortality. Based on data from a Ministry of Health report (1996), a CBS/UNICEF report

(2001), and estimates in this study, it is estimated that about 260 children die (10 percent of all child deaths) every year in Lebanon from diarrheal diseases associated with inadequate potable water, sanitation and hygiene.

Using the formula and assumptions in the Global Burden of Disease (Murray and Lopez, 1996) it is calculated that the death of a child under five represents the loss of 35 DALYs (disability adjusted life years). Thus diarrheal deaths represent an annual loss of more than 9,000 DALYs.⁴

Morbidity. The same factors are also responsible for the burden of infectious disease morbidity among children and adults and include intestinal worm infections and non-fatal diarrheal episodes. While no data are available on the prevalence of intestinal worm infections, non-fatal diarrheal episodes among children are estimated at 4,400 DALYs per year.

Valuation. More than 13,000 DALYs are lost each year. A DALY valued in a range of 50 - 100 percent of GDP per capita⁵ implies a damage cost of US\$27-53 million per year, or 0.16-0.32 percent of GDP (see Appendixes B and C).

Cost of treatment and care giving. The DALYs presented above represent a loss of life-years and provides an indication of the pain and suffering associated with illness. In addition there is the cost of treatment of diarrheal illness. The Ministry of Health (1996) reports that 48 percent of diarrheal cases in children under 5 years of age are treated by a doctor or other medical facilities and 9 percent are treated by a pharmacy. CBS/UNICEF (2001) reports that 44 percent of all cases are treated with oral rehydration therapy. The total costs of treating diarrhea cases is estimated at US\$ 44 million.

In addition, when a child is seriously ill, time is taken from the caregiver, often a mother or relative, to look after the child. This time has an opportunity cost, either in terms of leisure or other activities. For each case of severe diarrhea it is assumed that one day is taken by a caregiver to look after a child. This time is valued at the daily wage of an unskilled worker of US\$10. The total cost of lost time due to care giving is estimated to be US\$ 8 million (Appendix C).

Bottled water. Lebanon's population consumes a large quantity of bottled water mostly due to the perception that municipal water is of a low quality. Water pollution and possible contamination of municipal water in the distribution system has a cost to society. Data on bottled water consumption is reported in the State of the Environment Report (ECODIT, 2001). According to the report, bottled water consumption is about 115 liters per capita per year. Some consumption is due to taste and lifestyle preferences. This estimate is based on bottled water consumption in Europe and the United States in the 1970s (prior to the large increase in bottled water consumption in the 1980s and 1990s, widely believed to be due to perceptions of inferior municipal water quality).

The cost of municipal water of inferior quality (in terms of bottled water consumption) is the difference between actual bottled water consumption and the estimated consumption associated with taste and lifestyle preferences. The cost is estimated at US\$82 -89 million per year, or around 0.5 percent of GDP (see Appendixes B and C).

In addition to bottled water consumption to protect against inferior (real or perceived) municipal water quality, many households and

residential buildings have installed water purification equipment. There are no readily available data on the use of such equipment, but most new buildings in Beirut install purification equipment. Data from one residential building in Beirut indicates that the operation and maintenance cost for UV and carbon filters are US\$2,000 for a building with nine households. This translates into US\$45 per resident per year (if there are 5 members per household), which is equivalent to the cost of almost 200 liters of bottled water per resident. In addition, the pollution of rivers and lakes by industry, sewerage, and agriculture is reducing the recreational value and quality of life in Lebanon. No estimate is provided in this report due to lack of data. The cost of pollution in the coastal areas is presented in the coastal zones section.

Natural resources. River and lake pollution may also be impairing ecological functions, fishery resources, groundwater quality, etc. No estimate is presented in this report due to a lack of data.

Table 2. Water — Annual damage cost, mean estimate, 2000

<i>Water</i>	<i>Percent of GDP</i>
Health/Quality of life	
Health impacts (DALYs)	0.25
Treatment cost of illness	0.31
Avertive expenditures (bottled water)	0.51
Quality of life (recreation)	n.a.
Natural resources (damage to ecosystems from municipal and industrial wastewater)	n.a.
Total	1.07

Air

Health and quality of life. There is substantial research evidence from around the world that both indoor air pollution and outdoor/urban air pollution have significant negative impacts on public health and result in premature deaths, chronic bronchitis, respiratory disorders, and even cancer. Indoor air pollution, especially in rural areas, can be even higher than outdoor/urban air pollution due to the indoor use of biomass fuels for cooking and heating. The most significant air pollutant in terms of impacts on health is most commonly found to be particulate matter, especially fine particulates (PM10 or smaller). Estimates of impacts on health from both urban and indoor air pollution are presented below.

No study that statistically links urban air pollution and health, based on local health and ambient air monitoring data, has been carried out in Lebanon. However, applying findings from international studies to the local air pollution situation in Lebanon can produce an estimate. Based on average concentration levels of PM10 monitored in Greater Beirut and estimated for Greater Tripoli, calculations show that more than 350 people die prematurely every year due to urban air pollution. Combined with illnesses (morbidity) from air pollution, an estimated 9,000 DALYs are lost each year. This corresponds to US\$35-98 million, or about 0.2-0.6 percent of GDP per year, based on the valuation of a DALY equal to GDP per capita as the lower bound and WTP as the upper bound. WTP is based on studies from the United States and Europe adjusted by GDP per capita differentials to Lebanon (see Chapter 2, Table 3, and Appendixes B and C). It should be noted that the PM 10 concentration levels applied here are based on monitoring data

collected after the implementation of the diesel vehicle ban. El-Fadel and others (2002) provide data that indicate that PM 10 declined to about 55 ug/m³ in Beirut. Levels of PM 10 prior to the ban were reported at around 100 ug/m³ (ECODIT, 2001 and Team International, 2000).

It should also be noted that pollutants other than particulates (PM 10) are likely to be impairing health in Lebanon. These pollutants include ground level ozone, sulfur dioxide, nitrogen oxides and lead (Pb). No or limited monitoring data are available for most of these pollutants. However, based on available information on lead concentrations in the air of Greater Beirut, the cost of lead pollution is estimated at US\$28-40 million per year, or 0.17 - 0.24 percent of GDP, associated mainly with impaired neurological development in children (e.g. reduction in intelligence). See Table 3 and Appendixes B and C for further details.

Biomass fuel use for cooking and heating causes health-threatening indoor air pollution in developing countries, especially for women and young children who spend disproportionately more time indoors than men and older children. According to the United Nations (see WDI, World Bank, 2001), biomass fuel use in Lebanon is on the order of 3 percent of total energy consumption. Assuming this is concentrated in the rural areas, this figure corresponds to about 360 koe (kilo of oil equivalent) per capita in rural areas. In the absence of indoor air quality monitoring data, methodology and risk assessments from other countries presented in Smith (2000), in combination with data on biomass use, have been applied to Lebanon. On this basis, it is estimated that health damage from indoor air pollution is 2,200-5,100 DALYs per year or US\$10-46 million (0.07-0.28 percent

of GDP). This estimate is provided as an order of magnitude, and more detailed data on household consumption of biomass fuel and respiratory illnesses are needed to provide better estimates (see Chapter 2 for valuation methodology, and Appendixes B and C for details).

As in the case of waterborne illnesses and diarrheal child mortality, the estimated DALYs associated with air pollution provide an indication of the loss of life and pain and suffering of illness. In addition, respiratory illnesses often require treatment and cause the loss of work days. Based on estimated cases of chronic bronchitis, emergency room visits, respiratory hospital visits, and restricted activity days caused by urban PM 10 pollution in Greater Beirut and Tripoli, the total cost of illness is estimated at US\$26 million per year, or 0.16 percent of GDP (see Appendixes B and C).

In addition to detectable health effects from air pollution, the affected population is also suffering from general discomfort. Based on a study from Rabat, Morocco, the cost of such discomfort may be estimated at 0.07-0.10 percent of GDP per year in Greater Beirut and Tripoli (Appendix B). In total, the damage cost of urban and rural indoor air pollution on health and the quality of life is estimated at US\$112 - 225 million per year with a mean estimate of US\$170 million (about 0.7-1.3 percent of GDP per year with a mean estimate of 1.0 percent (see Table 3).

Natural resources. It is well known that some air pollutants, such as sulfur dioxide and sulfur compounds, can harm natural resources (agricultural production, forests and lakes). The cost of such damage has not been estimated for Lebanon, but it may be expected to be

Table 3. Air — Annual damage cost, mean estimate, 2000

<i>Air</i>	<i>Percent of GDP</i>
Health/Quality of life	
Urban air pollution – particulates	0.56
Urban air pollution – lead (Pb)	0.20
Indoor air pollution	0.18
Quality of life	0.08
Natural resources (impacts on agricultural productivity)	n.a
Total	1.02

substantially less than the damage cost to health.

Land and Wildlife

Natural Resources. A high population density of 420 people per square kilometer (almost as high as in the Netherlands and twice as high as in Germany), decades of uncontrolled and unplanned development and construction, more than 700 quarries, degradation of forests and woodland from fuel wood collection and charcoal production, rangeland degradation, desertification, and abandonment and the neglect of terraced agricultural land have placed Lebanon’s relatively limited land and wildlife resources under pressure. According to El-Haber (1991), Lebanon lost some 75 percent of forest and woodland cover from 1968 to 1991, with continued losses in the past decade.

It is very difficult to provide a comprehensive estimate of the cost of degradation for all of these issues. An attempt, however, is made in this study to quantify some of the costs associated with these issues.

Agricultural land per capita in Lebanon is only 0.074 hectares (0.74 dunums), one of the lowest

in the world. The country has a long agricultural history, spanning millennia, as evidenced by mountainous stone-walled terraced land on the order of 100,000 hectares. However, as much as 40,000-60,000 hectares of this land is at various stages of degradation and in need of rehabilitation (Zurayk, 1992; 1994; World Bank, 1996). The Government of Lebanon's Green Plan has done much to rehabilitate terraced land over several decades, but much remains to be done. Zurayk and Moubayed (1994) estimated the productivity cost of terraced land degradation in Kfarselwan in terms of lost revenue. While comprehensive data are limited for degraded terraced land as a whole, the cost of degradation of the 40,000-60,000 hectares in need of rehabilitation is estimated here at US\$60 - 90 million per year, or 0.36-0.54 percent of GDP, based on an approximate return on land for irrigated fruit trees and vegetables (see Table 4 and Appendix B).

Quarries can cause various environmental impacts, including destruction of natural vegetation and habitats, air pollution from dust, and a reduction in aesthetic value in and around such localities. There are more than 700 quarries in Lebanon, of which more than half are in Mount Lebanon province. Many of the quarries are abandoned with minimal or no rehabilitation and many have been established with little consideration for the environment and surrounding human settlements.

While it would be a significant undertaking to assess the damage cost of all the quarries, the impact of four quarries on surrounding settlements in Mount Lebanon was assessed in this study. Measured as loss in land and apartment values (associated with a reduction in aesthetic value), the damage cost of three of

the quarries that continues to affect surrounding settlements is estimated at US\$90 million. As an annual damage cost, this corresponds to about US\$9-10 million per year (see Appendix A). While this assessment indicates a very high damage cost associated with the quarries surveyed, caution is warranted before extrapolating these costs to other quarries in Lebanon due to differentials in property prices and location. As a conservative estimate, the cost of degradation associated with the more than 700 other quarries is calculated as the value of the land that the quarries occupy. This is estimated at US\$48 million. As an annual damage cost, this corresponds to US\$5-6 million per year (see Table 4 and Appendix B). In total, the annual damage cost of quarries is conservatively estimated at US\$14-16 million, or about 0.1 percent of GDP.

In addition to quarries, uncontrolled construction and forest and rangeland degradation are also causes of land and environmental degradation in Lebanon. An attempt has been made in this study to capture some of the costs of this degradation in limited areas of Mount Lebanon. Based on estimates of the value that domestic and international tourists in Lebanon place on recreational opportunities and bird watching (Owaygen and Salame, 2002 in progress), the cost of

Table 4. Land and Wildlife — Annual damage cost, mean estimate, 2000

<i>Soil</i>	<i>Percent of GDP</i>
Natural resources	
Soil erosion/terrace degradation	0.45
Mount Lebanon quarries	0.10
Mount Lebanon nature degradation	0.05
Total	0.60

degradation in the districts of Aaley, Kesrouan, and Maten in Mount Lebanon is conservatively estimated at US\$4-14 million per year (see Table 4 and Appendix B).

Waste

Health and Quality of Life. Uncollected municipal and household waste that may accumulate for shorter or longer periods in urban and rural areas pose a risk to health and impinge on the quality of life. Waste attracts rodents, flies and insects that may be vectors of infectious diseases and cause various allergies. Children in particular are a vulnerable group. In the absence of any studies in Lebanon on health effects, estimated damage cost is WTP for improved waste management, based on studies in other countries. Damage cost is estimated at US\$8 million per year, or 0.05 percent of GDP (see Table 5 and Appendix B).

Untreated industrial, hazardous, and health sector waste also pose a risk to health through water resources and land. No study in Lebanon has quantified the risk and damage. No damage cost estimate is therefore provided in this report.

Table 5. Waste — Annual damage cost, mean estimate, 2000

Waste	<i>Parts au PIB (percent)</i>
Health/Quality of life	
Municipal/household waste collection	0.05
Municipal/household waste disposal	n.a.
Risks associated with industrial, hazardous and health sector waste	n.a.
Total	0.05

Natural resources. Improperly disposed or stored waste may contaminate soil and water resources, reducing their value to society. While in some cases it may be significant, no study exists for Lebanon and given the complexity of the issue no estimate is provided in this study.

Coastal Zones

Natural resources. The coastal zones and cultural heritage of Lebanon represent unique cultural, ecological, economic and recreational assets. Estimates of the annual cost of coastal zone degradation are presented in this report in terms of domestic recreation and international tourism and losses in ecological and non-use value. For cultural heritage, no systematic assessment has been undertaken regarding the condition and degradation, if any, of cultural sites.

Lebanon has a coastline of more than 240 kilometers and more than 50 percent of the population is concentrated along the coast (ECODIT, 1997). Unfortunately, much of the coastal zone, including beach areas, is degraded by pollution (untreated municipal wastewater, seafront solid waste dumps, etc.) and uncontrolled development of resorts and vacation homes all the way to the shoreline. This has severely reduced its recreational and tourism value. The degradation is particularly severe in the areas around Beirut and Jounieh, but also other areas north of Beirut and around Tripoli. The only significant stretch of beaches and coastline that remains relatively unspoiled is in the southernmost part of Lebanon.

The cost of coastal degradation in terms of domestic recreation is estimated based on the additional cost of recreation associated with increased travel costs (time and vehicle cost) to

areas with less or insignificant degradation. In particular, the population in and around Beirut, Jounieh, and Tripoli are traveling north and/or south for beach recreation because the coastal areas closest to them are polluted and uncontrolled development is limiting public access.

As part of this report, Owaygen (2002) conducted a survey on beach recreation in eight beach areas from Tripoli in the north to Tyre in the south. Based on the results of the survey, it is estimated that the additional costs for recreation associated with coastal degradation around Beirut, Jounieh and Tripoli amounts to US\$9-12 million per year, or 0.05-0.07 percent of GDP (see Appendix B). This is estimated from the number of seasonal visitors from Beirut, Jounieh and Tripoli to the eight beach areas in the survey, estimated travel time, average vehicle occupancy, vehicle operating cost (including depreciation, operation and maintenance), and an estimate of the value of time (about 50 percent of average daily salary). It is likely that the estimated cost of degradation in terms of recreation is underestimated. First, the travel cost method provides a lower bound because it reveals only the minimum expenditure that visitors are willing to incur for recreational opportunities. Second, there are likely to be many individuals who would have valued beach recreation around Beirut-Jounieh and Tripoli (if the areas were non-degraded), but do not travel to beach areas further away. The cost of the loss of recreational opportunity for these individuals is not reflected by the travel cost method. Third, those who travel to other beach areas, as observed by the beach survey, are likely to travel and enjoy beach recreation less frequently than if beaches in their vicinity were non-degraded and available. Thus the cost of recreational losses is understated.

Most international tourism in Lebanon is concentrated around a relatively limited number of inland cultural and natural sites as well as entertainment and nightlife centers. Beach tourism for international visitors is limited and estimating the magnitude of beach tourism that might have been today if the coastal areas had been preserved and not degraded is difficult.

International studies that quantify the impact of environmental degradation on international tourist visits are also limited. Huybers and Bennett (2000) find that tourists may be willing to pay US\$70 more per day for an unspoiled rather than a spoiled destination. However, the study does not assess nor quantify the number of tourist visits lost due to environmental degradation.

An indication of the losses in international beach tourism due to coastal degradation in Lebanon may be provided by a comparison with tourism in Tunisia. Tunisia receives around 5 million tourists annually, most from Western Europe and to a limited extent from North America. Ninety percent of tourists go for coastal tourism. Adjusting for differences in price between Lebanon and Tunisia, the length of their coastlines, and their natural beaches, it is estimated that Lebanon may be losing US\$70 million annually in international tourism revenue due to coastal degradation. This is more than 0.4 percent of GDP, and represents 6-7 percent of Lebanon's international tourism revenues (see Appendixes B and C).

To assess some of the losses in ecological and non-use values of the coast associated with pollution and uncontrolled development, a survey was undertaken as part of this report to estimate the value the Lebanese would place on restoration of Jounieh beach to ensure the

Table 6. Coastal zones — Annual damage cost, mean estimate, 2000

<i>Coastal zones, cultural heritage</i>	<i>Percent of GDP</i>
Natural resources	
Domestic recreational losses	0.06
International tourism losses	0.42
Losses of ecological and non-use value	0.20
Fishery losses due to pollution	n.a.
Total	0.68

survival of sea turtles facing extinction (Owaygen, 2003). The estimate value is US\$27 - 40 million per year for the population of Lebanon, or about 0.2 percent of GDP (see Appendix B). This figure also includes the cost of degradation at Jounieh beach.

Global Environment

Biodiversity. Biodiversity losses are even more difficult to value. Estimates therefore differ greatly. In Madagascar, for example, a company developed two drugs from the rosy periwinkle of Madagascar’s rainforest. These drugs have

annual sales of US\$100 million. Other estimates have put the value of an untested species at anywhere from US\$44 - \$23.7 million. On a per-hectare basis, however, one estimate suggests that the value to drug companies is only about US\$20 per hectare.⁶ Because of the difficulty of arriving at a meaningful estimate, no estimate for the cost of biodiversity degradation in Lebanon has been included in this study.

Climate change. The international community has become increasingly concerned that certain gases released into the atmosphere – of which carbon dioxide is the biggest in many countries – are causing an increase in global temperatures that adversely impact local climates and cause polar ice meltdowns. In Lebanon, carbon dioxide emissions were about 16.3 million tons in 2000 (World Bank, 2001). At an international damage cost of US\$20 per ton of carbon, this represents 0.5 percent of GDP per year (see Appendix B). This figure is highly tentative and the impacts of climate change will vary greatly from country to country. In the case of Lebanon, impacts may include coastal zone damage due to sea-level rise and adverse effects on agriculture and vegetation.

4 Cost of Remediation

Introduction

This chapter presents cost estimates for a limited number of remedial actions for much of the environmental category discussed in Chapter 3. The extent to which these remedial actions would restore environmental quality, however, remains uncertain. The following clarifications are warranted regarding the remedial action suggested and cost estimates presented in this chapter: (i) the cost estimates are not necessarily based on the most cost-effective or least-cost remedial actions or technologies; they represent overall cost estimates of actions that are likely to be necessary to reduce environmental degradation; (ii) the remedial action and cost estimates only partially correspond to environmental damage categories and further analysis is needed for a more accurate assessment of optimal remedial action (see Chapter 5 for further discussion) and (iii) the cost estimates of remedial action are annualized—at a 10 percent discount rate over the useful lifetime of the investments.

Policy Context

While the focus of this chapter is on the cost of remediation, mainly on investments and programs, a discussion of policy context is warranted. Reducing degradation and protecting the environment should be viewed in the context of economic and sector policies,

socioeconomic development and in the broader framework of environmental management.

Much can be gained from preventing degradation by evaluating the environmental impacts of policies and development plans. Eliminating price, tax and economic regulatory distortions can also benefit the environment if Reducing degradation and protecting the environment also require strict enforcement of environmental legislation, public/private partnerships, environmental awareness raising, and local participation. Sound environmental management also requires that the roles of the public and the private sectors be clarified. The remedial actions discussed in this report should not necessarily be undertaken by the public sector. The private sector should not only bear the cost of remedying the pollution and degradation it causes but also provide a significant contribution to the delivery of environmental services.

Water

Health and quality of life. The damage cost to health (DALYs lost and treatment cost of illness) estimated in Chapter 3 is associated with inadequate clean water, sanitation, and hygiene. In addition, avertive expenditures were estimated (bottled water consumption) that are likely to reflect perceptions of inadequate potable water quality.

It is difficult to estimate the cost of actions required to mitigate the estimated negative impacts on health and provide potable water of a satisfactory quality. However, if the necessary improvement in potable water quality would cost an additional US\$0.2 per cubic meter, the total annual cost would be 0.28 percent of GDP (see Table 7 and Appendix B).

Table 7. Water — Cost of remediation

<i>Water</i>	<i>Percent of GDP</i>
Health/Quality of life	
Potable water quality improvements	0.28
Water network loss reductions	n.a.

Air

Health and quality of life. The remediation cost of indoor air pollution in rural areas is based on the substitution of 50 percent of biomass energy with cleaner commercial energy at a cost of 0.12 percent of GDP (Appendix B). Lower cost options might be available, such as improved ventilation and improved stoves and cooking arrangements, to reduce the need to switch to commercial energy.

Combating urban air pollution requires a comprehensive inventory of emissions and a careful assessment of mitigation options and costs. Only a few options are discussed in this study. Estimates of the overall cost of industrial air pollution control to comply with Lebanese standards are not readily available. Such actions are particularly important for industrial plants in the proximity of population centers. Remedial action to reduce urban air pollution from vehicles include cleaner diesel (0.05 percent sulfur) to reduce PM10 from diesel vehicles and facilitate the effectiveness of

emission control technology that is available on newer vehicles. The cost of this option is estimated at about 0.02 percent of GDP per year (see Table 8 and Appendix B). While Lebanon recently banned the use of light diesel vehicles, minibuses and pick-ups, there may still be significant benefits to using low-sulfur diesel for heavy trucks and large buses.

As the estimates provided in Chapter 3 indicate, lead pollution from leaded gasoline has significant negative impacts on health. The cost of switching to lead-free gasoline (for all remaining leaded gasoline vehicles used in Lebanon) is estimated at 0.17 percent of GDP per year. There is abundant evidence from other countries that older vehicles can be successfully modified to use lead-free gasoline.

Additional action that is necessary to reduce mobile source pollution include installation of catalytic converters on gasoline vehicles, at least on all new cars, and vehicle inspection and maintenance programs, especially for high-use vehicles. It is also likely that a scrappage program for old and highly polluting vehicles is necessary to improve urban air quality and traffic management.

Table 8. Air — Cost of remediation

<i>Air</i>	<i>Percent of GDP</i>
Health/Quality of life	
-substitution of biomass to commercial energy	0.12
-industrial depollution	n.a.
-low sulfur diesel (for heavy vehicles)	0.02
-low sulfur heavy fuel oil	n.a.
-lead free gasoline	0.17
-catalytic converters	n.a.
-vehicle inspection/maintenance	n.a.

Land and Wildlife

Natural resources. Zurayk (1992 and 1994) has provided estimates of US\$3,000-10,000 per hectare for the cost of agricultural terrace rehabilitation. Applying the mean cost of this range to the number of hectares estimated to be in need of rehabilitation (40,000-60,0000 hectares), the annualized cost of rehabilitation is estimated at some US\$35 million per year, with a mean estimate of 0.2 percent of GDP. This is based on annualizing rehabilitation investments over 30 years at a 10 percent discount rate.

For quarries, the SOER provides an estimate of the cost of mitigation measures and rehabilitation for a medium-sized quarry. However, further assessment would be required to estimate the cost of mitigating the impact on property prices of the quarries surveyed as part of this study. Therefore no estimate is provided here.

Table 9. Land and wildlife — Cost of remediation

<i>Soil</i>	<i>Percent of GDP</i>
Natural resources	
-terrace rehabilitation/soil erosion control	0.2
-quarries (rehabilitation and mitigation)	n.a.

Waste

Health and quality of life. The remediation cost of waste management includes improvements in municipal waste collection and disposal, industrial waste, hazardous waste, and health sector waste. No estimate of these costs is presented in this study.

Table 10. Waste — Cost of remediation

<i>Waste</i>	<i>Percent of GDP</i>
Health/Quality of life	
-municipal waste	n.a.
-industrial waste	n.a.
-hazardous waste	n.a.
-health sector waste	n.a.

Coastal Zones

Natural resources. The protection and preservation of coastal zones and cultural heritage involve multidimensional actions. In this study, only the cost of wastewater treatment has been assessed. Based on estimates that a population of 2.3 million live in Lebanon's coastal zone, the cost of wastewater treatment would amount to about US\$34 million per year, or 0.2 percent of GDP, if the cost of treatment is around US\$0.4 per cubic meter (see Appendix B). However, this does not include the cost of industrial wastewater treatment or other sources of coastal pollution.

Global Environment

The cost of protecting the global environment, in terms of climate change and biodiversity, has not been estimated. The cost of such action depends largely on the willingness and cooperative agreements of the international community.

5 A Comparison between Damage and Remediation Costs and Conclusion

Introduction

This chapter provides a discussion and comparison of the benefits of reducing environmental damage and the cost of achieving such reductions (remediation cost).

In making such comparisons, a note of caution is warranted:

- i. Environmental damage is unlikely to be completely eliminated no matter how stringent and comprehensive the remedial actions are.
- ii. The remedial actions discussed in Chapter 4 are in most cases insufficient to adequately address the damage.
- iii. Quantification of environmental damage and their monetary valuation can never be completely accurate (Chapter 2) and the cost of remedial action is most often only an estimate.
- iv. The principle of marginal analysis needs to be applied in order to arrive at remedial action that is likely to provide the greatest benefits per unit of cost.

Nevertheless a comparison of benefits (reductions in damage) and costs (remedial action) can be useful to point out the environmental categories in which the benefits of remediation are likely to substantially exceed

the cost of remedial action. However, for a more accurate assessment, further analysis of any particular area or category would be necessary.

A Comparison by Environmental Category

Water. Evidence from international literature indicates that remedial action to address the negative impacts on health from unclean water, sanitation and hygiene are likely to reduce negative impacts on health by 50-60 percent (Esrey et al., 1991) and cost-effective interventions are generally available. However, a more detailed assessment of specific action would be helpful in identifying the most cost-effective measures in Lebanon, given that child mortality and diarrheal mortality is relatively low.

In the case of avertive expenditures on bottled water associated with the perception of poor municipal water quality, the estimated expenditures (about 0.5 percent of GDP) are equivalent to about US\$0.3 per cubic meter of municipal water supply (at 150 liters per capita per day). While the cost of improving municipal water quality may not be insignificant, it would not be surprising if sufficient improvements could be made at substantially less than US\$0.3 per cubic meter.

Air. This is the environmental category with the highest estimated damage cost in this report. To

address the impacts on health from indoor air pollution in rural areas, the only remediation action for which a cost estimate is provided in this report is replacement of 50 percent of biomass fuel use with commercial energies. If such fuel substitution reduces indoor air pollution by 50 percent, it is not clear from the estimates in Appendix A that health benefits will generally outweigh the cost. However, the damage cost estimate is tentative and deserves an in-depth analysis with more detailed household data on biomass use, indoor air quality, and health conditions. Moreover, remedial action such as improved ventilation and stoves should be evaluated.

An assessment of the benefits and costs of urban air pollution remediation is as complex as for indoor pollution. It involves a careful assessment of pollution loads across various sectors and activities, and assessment of a whole menu of actions for each sector and activity. While the negative impacts on health of air pollution concentrations are often found to be relatively linear (i.e., the marginal benefits from reductions are relatively constant), the cost per unit of pollution reduction varies substantially across potential remedial actions (rising marginal costs).

The first step in an assessment is a pollution load inventory (emission inventory) followed by an estimate of contributions to air pollution concentrations of loads from different sources. The next step is the cost assessment of a menu of potential emission-reduction actions to derive marginal costs that can be compared to the estimated marginal benefits of emission reductions. In practice, this is far from an exact science. However, a careful assessment is likely to reveal those actions for which benefits most likely outweigh costs.

In this report, costs have been estimated only for a few air pollution remedial actions (see Chapter 4). For instance, the health benefits of clean diesel (low sulfur) for heavy diesel road vehicles can outweigh the costs if combined with standards for emission control technology for new diesel vehicles. The health benefits per unit of cost would also be higher if the markets for diesel fuel can be effectively separated (which may allow for higher sulfur diesel in geographic areas with limited air pollution or in certain sectors). Lvovsky et al. (2000) provides estimates of the health damage cost from diesel fuels whereas the Morocco Environment Review by the World Bank provides a benefit-cost analysis of clean diesel for Casablanca (see Larsen 1997).

In terms of lead pollution from leaded gasoline, a comparison of benefits and costs can be made based on estimates in this report. The damage cost of lead pollution from transport in Beirut is estimated at 0.17 - 24 percent of GDP, while the cost of switching to lead-free gasoline is estimated at 0.17 percent for all of Lebanon. These estimates indicate that the health benefits of lead-free gasoline outweigh its higher cost, especially if the increased use of lead-free gasoline is targeted in the larger urban areas. Estimates provided by Hoshisho and El-Fadel (2001b) indicate significantly higher benefits relative to costs.

Land and wildlife. The damage cost of agricultural terrace degradation is estimated at 0.36-0.54 percent of GDP, while the cost of rehabilitation is estimated at around 0.2 percent of GDP. This indicates that the benefits of rehabilitation outweigh the cost of rehabilitation by a significant margin. Differences, however, across geographic areas in Lebanon necessitate that cost-benefit analysis be undertaken for specific areas.

Waste. Sufficient estimates to compare the costs and benefits of improved waste management are not provided in this report due to data limitations.

Coastal zone and cultural heritage. The damage cost and remediation cost analysis for coastal zones and cultural heritage undertaken in this report is insufficient for a comparison of costs and benefits of remediation and protection. It should be noted, however, that coastal zones and cultural heritage in Lebanon are unique assets that provide recreation for local people and income from international tourism. However, the analysis does suggest that the damage cost of coastal zone degradation is significant and it highlights the importance of protecting the remaining coastal areas that are not overdeveloped and degraded.

Conclusion

This study indicates that the cost of environmental degradation in Lebanon is in the range of 2.8-4.0 percent of GDP with a mean estimate of 3.4 percent. This is substantial and about 1.5 times higher than in high-income

countries. The main reasons for this are: (i) a significant disease burden (mortality and morbidity) and avertive expenditures associated with a lack of safe water and sanitation and inadequate hygiene; (ii) substantial negative impacts on health from severe air pollution; and (iii) the significant cost of land and coastal resources degradation.

This report also suggests that Lebanon would benefit significantly from remedial action to protect and restore the quality of the environment, although estimates are tentative. Further analysis of costs and benefits of select environmental issues considered priority areas by the Government of Lebanon would facilitate the process of priority setting and improved environmental management as well

as promote intersectoral support for action. Future cost analyses of importance should include a more in-depth assessment of the impacts of environmental quality on tourism and recreation (coastal and inland), a cost-benefit analysis of urban air pollution, and the cost of land resources degradation (agriculture, quarries and construction, and deforestation).

Appendix A — Pilot Surveys in Lebanon

Forest and Woodland Degradation Costs in Lebanon

The percentage of forest and woodland cover in Lebanon decreased from 8 percent in 1968 to around 2 percent in 1991 (El-Haber, 1991). In the last decade, a further decrease in this cover took place. Numerous factors are responsible for this degradation. The major ones are:

- i. **Massive tree cutting** for fuel wood collection and charcoal production. Often, those with licenses to prune oak forests cut trees. The lack of efficient control by the authorities responsible for natural resource management aggravates this problem.
- ii. **Unplanned and uncontrolled housing construction countrywide** over the past twenty years has led to significant, irreversible losses of forest and woodland. These losses are most obvious in Mount-Lebanon province.
- iii. **Wood fires in the dry season** (descriptive data from the Ministry of Environment still to be collected).
- iv. **Quarries:** at least, 710 quarries are spread across the country. Half are located in Mount-Lebanon province.
- v. **Irrational road construction** in rural areas.

The economic cost of forest and woodland degradation in Lebanon encompasses the cost of the loss of their:

- i. Existence value
- ii. Indirect use value: ecological functions
- iii. Direct use value: recreational value, for example.

In this report, the degradation cost of forests and woodlands will be limited to the loss of recreational value (through quarries and unplanned construction) in Aaley, Kesrouan and Maten districts in Mount-Lebanon province. The cost should be considered a minimum estimate because it does not cover the recreational value of the remaining 21 districts in the country nor the loss of existence value and indirect use value of the degraded forests and woodlands.

Mount-Lebanon province shows the highest density of quarries in the country with an average of 1.87 quarries per 1,000 hectares (see Table below). The districts of Aaley, Kesrouan and Maten have the highest densities (3.03, 2.38 and 2.20 quarries per 1,000 hectares, respectively) compared to other districts in the province. The high potential of these three districts for nature-based tourism, due to their diverse landscapes, special topography and unique rock formations, has been largely destroyed, mainly by massive, unplanned construction and quarries.

The preliminary results of on-going research work (Owaygen and Salamé, 2002) reveal the interest of visitors to Jeita Cave in nature-based tourism in the Ftouh-Kesrouan region (Kesrouan district). This region has potential since its environment is relatively undisturbed compared to the three districts mentioned earlier. Based on a 2002 tourism survey, the recreational value of the Ftouh-Kesrouan region is estimated to be almost US\$3.4 million annually, assuming the current visitors' pattern to Jeita Cave continues (see below for more

details). If it is assumed that other regions in these three districts have the same recreational value as the Ftouh-Kesrouan region, then the cost of environmental degradation (through quarries and construction) to these regions is US\$3.4 million annually.

These figures should be considered minimum estimates because:

- i. The Ftouh-Kesrouan region represents less than 5 percent of the total area of the three

Density of quarries (number per 1,000 hectares) in Lebanon's provinces

Provinces	Districts	Total area (hectares)	Number of Quarries	Density of quarries (per 1,000 hectares)
Bekaa	Baalbek	235,287	36	0.15
	Rashaya	53,710	15	0.28
	Western Bekaa	41,424	29	0.70
	Hermel	56,716	0	0.00
	Zahle	41,960	58	1.38
	Total		429,097	138
Mount Lebanon	Aaley	26,730	81	3.03
	Baabda	19,843	20	1.01
	Chouf	47,615	38	0.80
	Jbail	41,185	87	2.11
	Kesrouan	34,447	82	2.38
	Maten	26,829	59	2.20
	Total		196,649	367
North Lebanon	Akkar	79,787	28	0.35
	Batroun	27,580	59	2.14
	Besharri	16,068	19	1.18
	Koura	18,103	14	0.77
	Tripoli	2,676	21	7.85
	Zgorta	17,457	13	0.74
	Total		161,671	154
South Lebanon	Jizzine	24,521	11	0.45
	Saida	26,856	3	0.11
	Sour	39,797	18	0.45
	Total		91,174	32
Nabatieh	Bint Jbeil	27,164	6	0.22
	Hasbaya	21,615	2	0.09
	Marjayoun	25,738	1	0.04
	Nabatieh	30,296	10	0.33
	Total		104,813	19

districts. Therefore the recreational value (before degradation) of the other regions is expected to be much higher.

- ii. The aggregation is only based on the visitors to Jeita Cave, which represents a very conservative estimate.

If the average willingness for international tourists to pay to visit Jeita Cave and other sites in the Ftouh-Kesrouan region is aggregated with the total number of international tourists to Lebanon in 2001, then the degradation cost of the three districts would be some US\$12.3 million per year, assuming the same trends in international visitors continues.

Quarries Survey in Mount-Lebanon Province

A quarries survey was conducted during November 2002. The survey aimed to assess the impact of quarries on land and housing prices. Five study areas were selected in Mount-Lebanon province. It is important to note that all functioning quarries in Lebanon ceased operation in November 2002 due to a governmental decree issued September 26, 2002.

Study area 1: The Nahr Ibrahim quarry is located at the entry of the Nahr Ibrahim valley. There are two villages in this valley. One is relatively close to the quarry (Bizhol) and the second (Yahchouch) is farther away. The following information is based on an interview with a real estate agent from Bizhol village:

- Work in the quarry started in 1985-1987 and stopped in 1998.
- The quarry negatively affected Bizhol village because works at the quarry produced dust and “overdose” explosions caused structural cracks in houses.

- There has been a negative impact on land prices.

Currently, the price of land overlooking the quarry seems to be unaffected. However, in the past the quarry reduced the price of land behind it and along the valley by around 32 percent (a decrease from \$22 to \$15 per square meter). Since the quarry is located at the entrance to the valley, the trucks transporting stones caused traffic jams and made the valley unattractive as a residential area. Valley residents suffered daily traffic jams when commuting to work and traveling outside the valley. The affected land area (marketable for housing) totals some 2 million square meters.

Impact on land prices: The decrease in land prices (at the time when the quarry was functioning) and resulting loss is: $2,000,000 \text{ m}^2 \times (\$22 - \$15) = \text{US\$}14,000,000$.

Study area 2: The quarry of Shnanaayer is located in the hills facing the bay of Jounieh. These hills are the most expensive places in the country for housing given their special overlook on the bay of Jounieh. The following information is based on an interview with the vice president of the municipality of Shnanaayer:

- The Shnanaayer quarry functioned in two periods: between 1972 and 1979 and in 1998. In 1998, the work was very intensive and the main damage occurred during this year. “Overdose” explosions were used to intensify the extraction of stones. As result, the sewage system (sewage pits) in the village was damaged. Reparation costs are estimated at US\$180,000. Of this amount, US\$80,000 has already been paid by households.

Impact on land prices: The average land price is \$175 per square meter. Land overlooking the

quarry is priced at an average of \$50 per square meter. The total area affected by the quarry is estimated to be 600,000 square meters. The decrease in land prices and resulting loss is: $600,000 \text{ m}^2 \times (\$175 - \$50) = \text{US}\$75,000,000$.

Impact on apartment prices: The average price for apartment space is \$500 per square meter. Some 180 apartments (with an average of 200 square meters per apartment) in the region overlook the quarry. Prices dropped from \$500 to \$275 per square meter on average. The decrease in apartment prices and resulting loss is: $180 \text{ apartments} \times 200 \text{ m}^2 \times (\$500 - \$275) = \text{US}\$8,100,000$.

Study area 3: The quarry of Abou-Mizan is located in a deep valley relatively far from Beirut and its surrounding urban coastal zones. No villages are located near the quarry. However, several villages are located on top of the surrounding mountains and they overlook the quarry. Before the civil war, people from Beirut spent summer holidays here since it was cooler. The following information is based on interviews with the mayors of Chirin and Bteghrine villages:

- Work in the quarry started in 1981 and ended in 2001. The average land price near the quarry is \$40 per square meter.
- “Overdose” explosions cracked 200 houses and increased dust in the villages. Reparation costs for 20 years of damage is estimated to be US\$100,000 (200 x \$500 per house).

Impact on land prices: The average land price is \$40 per square meter. 175,000 square meters (in four villages) overlook the quarry. The price of this land dropped from \$40 to \$32.5 per square meter.

The decrease in land prices and resulting loss is: $175,000 \text{ m}^2 \times (\$40 - \$32.5) = \text{US}\$1,312,500$.

Study area 4: Antelias quarry is in the hills overlooking Beirut. Due to its proximity to the capital, the region is highly attractive for housing. The following information is based on interviews with a real estate agent (from Raboueh, a village facing the quarry) and a member of the municipality of Kornet Chahwan.

- The average price of apartments is \$625 per square meter. Around 50 apartments (with an average of 150 square meters per apartment) in the region overlook the quarry. Prices dropped from \$625 to \$525 per square meter on average.
- The average price of land is \$150 per square meter. Land overlooking the quarry is priced at an average of \$100 per square meter. The total area affected by the quarry is estimated to be 100,000 square meters.

Impact on apartment prices: The decrease in apartment prices and resulting loss is: $50 \text{ apartments} \times 150 \text{ m}^2 (\$625 - \$525) = \text{US}\$750,000$.

Impact on land prices: The decrease in land prices and resulting loss is: $100,000 \text{ m}^2 \times (\$150 - \$100) = \text{US}\$5,000,000$.

Study area 5: Nahr El Mawt quarry is the closest to Beirut. The following information is based on an interview with the head of the municipality of Jdaide:

- The quarry of Nahr El Mawt is one of the oldest quarries in Lebanon. The work in this quarry started in the 1940s.
- The area near the quarry is classified as an industrial zone. The long existence of the

quarry (with no formal housing activities nearby) has probably enhanced this classification. Unlike study areas 2 and 3 there is no official demand for housing, however, there are numerous buildings at the edge of the quarry. They belong to low income groups migrating from Bekaa province.

- Since this is an industrial zone, land prices are relatively high (an average of \$300 per square meter).
- The existence of the quarry has no negative impact on land prices.

Conclusion: Based on this survey, the cost of environmental degradation resulting from these five quarries, in terms of a decrease in land and apartment prices exceeds US\$90 million. This cost covers only the decrease in real estate prices as a result of the deterioration of the aesthetic value of the landscape in 5 selected regions. This price decreases range from 16 percent to 71 percent for land and 16 percent to 45 percent for apartments overlooking quarries. The impact of quarries on real estate prices (land and apartments) seems to be high in regions located close to urban coastal zones between Jounieh and Beirut as well as in mountainous regions, relatively far away from the coastal zone, but well known as summer residential centers.

The quarries surveyed could be considered among the most important in the country (in terms of deterioration of landscape) bordering the high-density urban coastal zone (study areas 2, 4 and 5) and a popular inland location (study area 3). Therefore, the impact of these quarries on real estate prices in other areas with quarries should not be generalized countrywide where the demand for housing and land may be less.

Cost Assessment of Bird Hunting in Lebanon

Geographically, Lebanon lies on the great migration routes of three continents and is bounded to the west by the sea and to the east by arid land. Thus, it constitutes a bridge where most migrating birds tend to concentrate (Khairallah, 1985). This migration takes place twice a year from the north to the south and vice-versa. This section will focus on predatory birds for their aesthetic importance, especially during migration. At least five million raptors are estimated to fly above Lebanon annually (Serhal and Bruun, 1988). When soaring over the country from the north, the birds span 45 kilometers before spreading over the whole country. Such a number of birds, with a tremendous degree of diversity over a relatively small area, gives Lebanon high potential for bird watching tourism (Owaygen, 1999). This potential could have an international dimension since bird watching is one of the fastest growing wildlife recreational activities.

The preliminary results of on-going research work (Owaygen, 2002) estimated the recreational value of migratory bird watching in the Shouf Cedar Reserve to be US\$43,500 annually assuming the current number of visitors continues. This figure should be considered a minimum estimate since the average willingness to pay of tourists interviewed for bird watching was aggregated by the total number of visitors to the reserve in the survey year, 2001. The preliminary results of additional on-going research work (Owaygen and Salamé, 2002) assessed the recreational value of migratory birds in the Ftouh-Kesrouan region to be US\$428,800 annually, assuming the current number of visitors to the Jeita Cave remains the same. This figure should be also considered a minimum since the average

willingness to pay for bird watching by tourists interviewed was only aggregated by the total number of visitors to the Jeita Cave in the survey year.

If the average willingness to pay of international tourists to Jeita Cave for a bird watching day in the Ftouh-Kesrouan region is aggregated with the total number of international tourists to Lebanon in 2001, then the recreational value of bird watching would be US\$1,645,700 per year, assuming the same number of international visits for bird watching continues in the future. Bird hunting is prohibited in Lebanon, however, this has not stopped people from killing hundreds of thousands of birds – raptors, storks, and protected species - each year during the migration season. This illegal and massive hunting, spread over the whole country, reflects negatively on the recreational value of natural sites in general and on the bird watching potential in particular. Depending on the aggregation level, the cost of bird hunting ranges, as mentioned above, from US\$43,500 to US\$1,645,700 annually. This cost includes only losses in the recreational value of bird watching and does not cover the loss of the existence value of birds, especially endangered species, nor the loss of their ecological value. Therefore, both figures should be considered as minimum estimates, also taking into consideration the conservative approach of the aggregation.

Willingness to Pay to Rehabilitate Jounieh's Sandy Beaches: A Rapid Assessment Survey

Lebanon's beaches have degraded significantly over the past thirty years. Unregulated resort and port construction have been the main cause. The fifteen or so resorts that clutter the sandy beaches of the Gulf of Jounieh present an example of such degradation.

In order to assess the ecological value of the sandy beaches of the Gulf of Jounieh, a survey was conducted from January 13 – 24, 2003. The survey targeted 392 students at the University of Balamand (UOB) and the American University of Technology (AUT) and their parents. In addition, students of environmental economics at UOB were asked to survey their neighborhood and survey results from respondents with children at university were selected. A total of 134 and 111 questionnaires were collected from the student survey and the family survey, respectively.

The following scenario was presented in the survey: Suppose the Ministry of the Interior orders the removal of resorts built illegally in the Gulf of Jounieh and the Ministry of Environment agrees to rehabilitate the gulf's sandy beaches. Suppose also that the rehabilitation will be carried out in close cooperation between the Ministry of Environment and the University of Balamand that will provide scientific support, raise funds and establish a trust fund. The only source of funding for rehabilitation will be the trust fund whose use will be strictly controlled by the university. If this fund is inadequate, rehabilitation will not take place. The goal of the project will be to rehabilitate the sandy beaches as a protected area and natural habitat for the sea turtles. It is hoped that sea turtles will be able to lay and hatch their eggs, thereby increasing this endangered species' chances of survival. Designation of the beaches as protected areas will result in the prohibition of recreational beach activities including swimming and sunbathing.

Based on this scenario, the survey asked, "How much are you (students) or is the family (collectively) willing to pay as a maximum per year (for a period of 10 years) to the trust fund

in the form of a donation in order to help rehabilitate the sandy beaches of the Gulf of Jounieh to ensure the survival of sea turtles facing the danger of extinction?" Other questions were related to the district of residence; usual sunbathing locations; gender; major field of study and academic year (for students); and level of education, monthly income, number of family members, and age (for families).

Survey Results — Families

Seventy-four percent of families resided in North Lebanon and the other 26 percent in Mount Lebanon. Typically, 50 percent went to resorts, 30 percent to beaches, and 20 percent did not go to either. Some 28 percent of respondents had secondary level education and 59 percent had university level education.

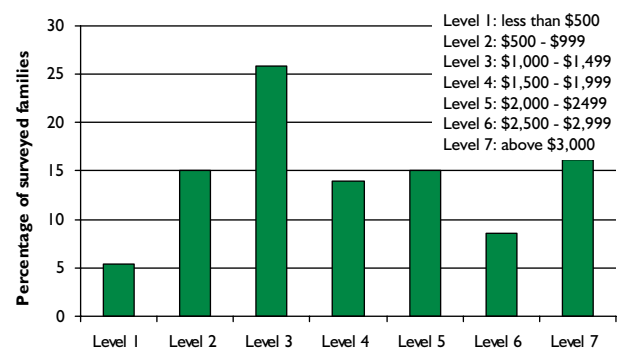
After eliminating 17 outliers ranging from \$500 to \$4,000, the results from the remaining 94 questionnaires showed an average willingness to pay (WTP) of \$80 annually per family. The average family size was 4.88 people. This resulted in a willingness to pay of \$16.40 per capita for families with a child attending university.

The Ministry of Culture and Education estimates the number of students in Lebanon to be 115,000. With an average of 4.88 persons per student family and the assumption of one student per family, the size of the targeted population (students plus families) is 561,200 people ($115,000 \times 4.88$) representing some 13 percent of Lebanon's 4.3 million people. If the families of the 115,000 students each paid the \$80 average, there would be \$9,200,000 annually for the trust fund. This figure represents the ecological value of Jounieh's sandy beaches and reflects their degradation costs in terms of loss

of their ecological function. If the 17 outliers are included, the average WTP becomes \$211 annually per family resulting in a total of \$24,265,000 annually.

The WTP of the surveyed families was regressed against a set of variables: family size, monthly income, education level and age. At the 95 percent significance level, only 8.6 percent of the variation in WTP is explained by the variation of the independent variables set. Based on p-values, age and income have the greatest influence on WTP. Based on the signs of coefficients, WTP and income are positively correlated whereas WTP and age are negatively correlated.

Distribution of surveyed families (n=93) according to their monthly income level

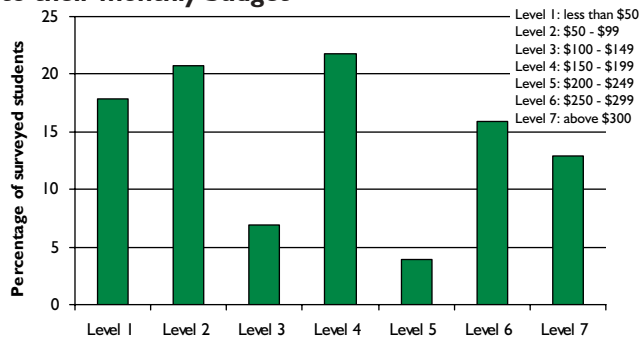


Survey Results — Students

Regarding the WTP question, fourteen questionnaires with missing data and thirteen outliers were identified. These outliers were at the extremes of \$250 and \$10,000. The average WTP of the remaining 107 questionnaires was calculated to be \$63.77 annually. Multiplying this figure by the total number of students in Lebanon totals \$7,333,550 annually. These findings seem less reliable than those of the families. Of the students surveyed, 1 percent were freshmen, 29 percent sophomores, 36 percent juniors, 28 percent seniors, and 6

percent graduate students. Of these, 55 percent go to resorts, 29 percent to beaches, 8 percent to both, and 8 percent do not go to beaches or resorts.

Distribution of surveyed students (n= 101) according to their monthly budget



References for Appendix A

El-Haber, R. 1991. *Nature of Lebanon Its Environment: Resources on the Verge of Depletion*. Beirut, Lebanon.

Khairallah, N. 1985. *Lebanese Bird Book*. ICBP Migratory Birds Program. Jounieh, Lebanon: St. Paul Press.

Owaygen, M. 1999. "Protecting Nature and Rural Agricultural Development: the Integration of Ecotourism in Northern Lebanon." In: W. Doppler, ed, *Farming Systems and Resource Economics in the Tropics*. Vol. 34 Wissenschaftsverlag Vauk Kiel KG.

Owaygen, M. 2002. "Sustainable Use of Natural Resources and Rural Development Along a Transect Comprising Mount Barouk-Bekaa West-Mount Hermom." Work in progress.

Owaygen, M. and N. Salamé. 2002. *Ecotourism Potential and Recreational Value of the Ftouh-Kesrouan Region in the Mount-Lebanon Province*. Work in progress.

Serhal, A., and B. Bruun. 1988. *A Guide to Birds of Prey in the Middle East*. Beirut, Lebanon: SPNI.

Appendix B —
Damage and Remediation
Costs Calculation

Economic Data 2000 (The World Bank)												ABREVIATIONS
Population	4,300,000											LBP = Lebanese Pound hslid = household inhab = inhabitant ca = per capita
GDP LBP(current)	24,992,088,000,000											q = quintal t = metric ton ha = hectare n.a. = non available
GDP \$ (current)	16,584,000,000											DALY = Disability Adjusted Life Year
GDP/CAPITA \$	3,857											WTP = Willingness-to-pay
L/USD Exchange Rate 2000	1,507											
Damage Costs												
WATER	Method	Quantity		Unit	Price		Unit	Thousand US \$/yr		% of GDP		Notes / Sources
Health/Quality of life		Low	High		Low	High		Low	High	Low	High	
- Inadequate Water, Sanitation, Hygiene	DALYs	13,640		DALYs	1,950	3,900	US \$/ DALY	26,598	53,196	0.16%	0.32%	DALYs are lost each year in Lebanon due to poor water quality, insufficient water quantity, and inadequate sanitation and hygiene. DALYs are estimated based on a (under 5 year) child mortality rate of 30 per 1000 live births in 2000 (WDI, World Bank 2001) and an estimated diarrheal child mortality equivalent to 10% of child mortality and diarrheal prevalence of 5% in preceeding 24 hrs among children 0-4 years of age (See Ministry of Health 1996, and CBS/Unicef 2001). Valuation (price) per DALY is GDP per capita (high), and 0.5*GDP per capita (low). See Annex II for more details.
- Inadequate Water, Sanitation, Hygiene	Cost of Illness	1140,000		Treated cases per year	45		Treatment cost per case (US \$)	51,593	51,593	0.31%	0.31%	According to the Lebanese Mother and Child Health Census 1996 (Ministry of Public Health), 5% of children under 5 yrs of age had diarrhea in the preceeding 24 hrs. The preliminary report on Multiple Cluster Survey (CBS/UNICEF 2001) indicate that about 19% of children under-5 had diarrhea in the preceeding 2 weeks. The Mother and Child Health Census reported that 48% of diarrheal cases are treated by doctors or medical facilities, and 9% by pharmacies. The Multiple Cluster Survey repored that ORT is used in 44% of all diarrheal cases. Based on these figures, cost of treatment and caregivers time, the total treatment cost of illness is estimated at US \$51 million per year (see Annex II).
- Inadequate Water, Sanitation, Hygiene	Avertive Expenditures	350,000,000	380,000,000	liters of bottled water per year	0.23		US\$/ltr	81,667	88,667	0.49%	0.53%	Bottled water consumption is estimated at 115 ltr per capita per year in Lebanon at an average price of LBP 350 per ltr, according to The State of the Environment Report 2001 (SOER 2001). Bottled water consumption is in large part likely to be avertive behavior to avoid risk of illness from inferior quality tap water and in part is also a preference (taste, etc). The quantity associated with choice of preference is estimated by adjusting for GDP per capita differentials and price differentials between several European countries (in the 1970s) and Lebanon (using income elasticities of demand of 0.25 to 0.40 and price elasticities of demand of -1.5 to -2.0). The difference between the actual quantity of consumption and the estimated quantity associated with preferences is the estimated quantity associated with avertive behavior to reduce the risk of waterborne illnesses. It should be noted that the estimated quantity associated with avertive behavior would be higher if some bottled water consumption in the European countries in the 1970s already then was due to avertive behavior. See Annex II.
								159,857	193,455	0.96%	1.17%	
Natural Resources												
- River Pollution	Loss of Recreational Value									n.a.	n.a.	Clean rivers have a recreational value to the population of a country. Estimates are not provided here due to lack of data.
- Impacts on Ecosystems										n.a.	n.a.	The impacts on ecosystems of water pollution has not been estimated due to lack of data.
	Damage Costs							159,857	193,455	0.96%	1.17%	
	Damage Costs (mean estimate)							176,656		1.07%		

AIR		Method		Quantity		Unit	Price		Unit	Thousand US \$/yr		% of GDP		Notes / Sources	
Health/Quality of life		Low	High		Low	High		Low	High	Low	High				
	DALYs children	1,300	2,400	DALYs	1,950	3,900	US \$/ DALY	3,608	7,215			0.07%	0.28%	Indoor air pollution, especially from biomass fuel, is known to cause significant health damage. A methodology presented in Smith (2000) is applied to Lebanon (see Annex II). The total rural population (10.7% of total population) has been used as the exposed population based on data on biomass fuel use of 3% of total energy consumption. For children, valuation (price) per DALY is GDP per capita (high), and 0.5*GDP per capita (low) to reflect income differentials between low and high income quintiles. Also lower income segments of the population generally use biomass more intensively. For women, valuation (price) per DALY is GDP per capita (low), and WTP (high) to reduce the risk of adult death (US/Europe estimates adjusted by GDP per capita differentials to Lebanon). See Annex II.	
- Health - Indoor Pollution	DALYs adult women	940	2,760	DALYs	3,900	21,000	US \$/ DALY	7,215	38,850						
	DALYs mortality		3,650	DALYs	3,900	21,000	US \$/ DALY	14,235	76,650			0.21%	0.59%	DALYs are based on air pollution of PM10 in Greater Beirut and Greater Tripoli using available dose response functions from worldwide studies of the health impacts of air pollution. Annual average PM10 in Greater Beirut is about 55 ug/m3 (based on available monitoring data after the ban and phase-out of vehicle diesel fuel). PM10 monitoring data for Greater Tripoli is not available for periods after the ban and phase-out of vehicle diesel fuel, and 55 ug/m3 has been applied by taking into account monitoring data for Tripoli prior to the diesel phase-out and reductions in Beirut after the phase-out (total DALYs is not substantially influenced by the level of PM10 in Tripoli, because about 80% of total DALYs are in Greater Beirut due to the significantly larger population in Beirut). Estimated DALYs, or health impacts, assumes no lower threshold of PM10 (below which there are no health impacts) consistent with the findings by many international studies. Valuation (price) per DALY is GDP per capita for morbidity and a lower bound for mortality. As a higher bound for mortality, WTP to reduce the risk of death of adults is used (US/Eur	
- Health-Urban Air Pollution (PM10 particulates)	DALYs morbidity		5,480	DALYs	3,900	3,900	US \$/ DALY	21,372	21,372						
- Health-Urban Air Pollution (PM 10 particulates)	Cost of Illness		2,880,000	Respiratory Cases		9.1	US \$/case	26,135	26,135			0.16%	0.16%	The morbidity impacts of air pollution are estimated in Annex III. The cost-of-illness (COI) approach has been applied to estimate the cost of these impacts based on medical treatment costs and lost work days (Annex II). The impacts for which cost is estimated are chronic bronchitis, hospital admissions, emergency room visits, and restricted activity days.	
	IQ losses in children		37,000	IQ point		670	800	US\$/IQ point	24,790	29,600				The health impacts of lead (Pb) air pollution is estimated for Greater Beirut, using available dose response functions from international studies (Ostro 1994). Tripoli is not included because of a lack of monitoring data (the damage cost might be on the order of 10-30 percent higher if Tripoli were included). IQ points are valued at estimated lifetime losses in income/earnings potential based on US studies, adjusted for GDP per capita differentials to Lebanon. Mortality and morbidity is valued the same way as for PM10 (Annex II).	
-Health Urban Air Pollution (Pb Lead)	DALYs mortality		400	DALYs	3,900	21,000	US \$/ DALY	1,560	8,400			0.17%	0.24%		
	DALYs morbidity		400	DALYs	3,900	3,900	US \$/ DALY	1,560	1,560						
- Quality of life - Discomfort from Urban Air Pollution	WTP		400,000	Greater Beirut and Tripoli Households		30	40	US\$/ household/ yr	12,000	16,000			0.07%	0.10%	According to a contingent valuation study of urban households in Rabat-Salé, Morocco (Belhaj 2003) the average WTP per household per month for a 50 percent reduction in air pollution is estimated at 67 to 82 Dhirams in 1995. This WTP reflects concerns about health impacts as well as discomfort from pollution. While health impacts are estimated above, 10% of the WTP is retained to reflect the cost of discomfort. This figure is adjusted by GDP per capita differentials between Morocco and Lebanon and applied to households in Greater Beirut and Greater Tripoli (average household size of 4 people according to CBS/UNICEF 2001).
- Quality of life-Real Estate Depreciation	Depreciation costs											n.a.	n.a.	Urban air pollution is known to degrade physical structures, such as buildings. No estimate is provided here due to a lack of data.	
Natural Resources															
- Productivity Losses	Value lost											n.a.	n.a.	Estimates of losses associated with degradation of land quality and vegetation are not available.	
	Damage Costs											112,475	225,782	0.68%	1.36%
	Damage Costs (mean estimate)											169,128		1.02%	

LAND, WILDLIFE		Method	Quantity		Unit	Price		Unit	Thousand US \$/yr		% of GDP		Notes / Sources
			Low	High		Low	High		Low	High	Low	High	
Natural Resources	- Soil Erosion/Terrace Degradation	Productivity Losses	40,000	60,000	Hectares	1,000	2,000	US\$/hectare	60,000	90,000	0.36%	0.54%	Terraced agricultural land in Lebanon is around 100,000 hectares of which 60,000 hectares are at various stages of degradation (Zurayk, 1992 and 1994). According to World Bank documents for the Agriculture Infrastructure Development Project, it is reported that about 40,000 hectares of terraced land are in need of assistance to reverse degradation. The estimated cost of degradation is based on an approximation of the annual return on land (gross value less operating, capital, and infrastructure cost at 12% return) of irrigated fruit trees and vegetable cultivation if terraced land is fully restored and non-degraded versus continuation of degradation and land abandonment. The calculations of approximate return on land are based on the project analysis documents of the World Bank (1999).
		Loss in Residential Land Values	875		000 m2	93		US\$/m2	8,138	9,558	0.05%	0.06%	
	- Mount Lebanon Quarries	Loss in Apartment Values	44		000 m2	202		US\$/m2	889	1,044			This study has not assessed the impact on surrounding land areas of the about 710 quarries in Lebanon. The approach here is to estimate the annual degradation cost based on the value of land occupied by the quarries. Estimated land value is about \$3.5 per m2, and the average size of the quarries is about 15,000-20,000 m2 per quarry. Annual degradation cost is calculated by multiplying by the total number of quarries (710) and annualizing the total land value at a 10% discount rate over a period of 20 and 100 years.
		Land Value of Quarries	15,000	20,000	m2 per quarry	3	5	US\$/m2	4,970	5,838	0.03%	0.04%	
		Losses in Opportunities for Bird Watching	180,000	575,000	Domestic & International tourists per year	2.3	2.9	US\$/tourist	414	1,668			Quarries, unplanned construction, deforestation, and disruption of wildlife in Mount Lebanon have substantially impacted the recreational and tourism value of the area. Based on a survey of domestic and international visitors to the Jelta Cave, the WTP for nature-based recreational opportunities in the Ffour-Kesrouen region was estimated, and is used here as an indication of the cost of degradation of some of the areas in the districts of Aaley, Kesrouen and Mliten. The lower-bound is based on the percentage of visitors to the Jelta Cave that expressed interest in nature-based recreation in the area (and their stated WTP for such recreation). The upper bound is based on the percentage of international tourists visiting Jelta Cave that expressed interest (and their WTP), extrapolated to total international visitors to Lebanon in 2001 (see Oweygen and Salame 2002, in progress). While not all international tourists may be interested in nature-based tourism, the estimated range of the cost of degradation does not include the value lost to Lebanese not visiting Jelta Cave and the value lost associated with other degraded areas in Mount
	- Mount Lebanon: Quarries/Construction/Deforestation/Wildlife Disruptions	Tourism/Recreational Losses	240,000	770,000	Domestic & International tourists per year	14	16	US\$/tourist	3,360	12,320			
		Damage Costs (mean estimate)							77,771	120,428	0.47%	0.73%	
									99,099			0.60%	

WASTE		Method		Quantity		Unit	Price		Unit	Thousand US \$/yr		% of GDP		Notes / Sources
Health/Quality of life		Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	
Municipal Waste														
-Waste Collection	WTP for Improved Waste Collection	130,000	170,000	households	4.00	4.70	US\$/ household/ month	7,200	8,460	0.04%	0.05%			While municipal household waste collection has improved significantly in the past decade in Lebanon, an estimated 15-20% would benefit from improved waste management collection. Altaf and Deshazo (1996) estimate households' WTP for improved waste collection in Pakistan, and Blore and Nunan (1996) estimate households' WTP for eliminating the drawbacks of living near a solid waste landfill in Bangkok, Thailand. The results of these studies are applied to Lebanon by adjusting for GDP per capita differentials (see price), and indicate the social cost of inadequate waste collection.
-Waste Disposal and Treatment	Impact on surrounding land prices; groundwater contamination									n.a.	n.a.			The population density in Lebanon is around 420 per square kilometer (almost as high as in the Netherlands and almost twice as high as in Germany). In addition to potential impacts on groundwater resources, improperly managed and uncontrolled solid waste landfills and dumpsites throughout Lebanon are therefore in many cases likely to have a negative effect on surrounding land prices and nearby residents (smoke, smell etc.). However, this has not been estimated in this report.
Untreated Industrial Waste										n.a.	n.a.			Inappropriate storage and disposal of untreated industrial, hazardous and hospital waste pose risks to human health, water resources and land. There is no estimate of the environmental cost of such untreated waste in Lebanon.
- Industrial Waste								n.a.	n.a.	n.a.	n.a.			
- Hazardous Waste								n.a.	n.a.	n.a.	n.a.			
- Health Care Waste								n.a.	n.a.	n.a.	n.a.			
Damage Costs								7,200	8,460	0.04%	0.05%			
Damage Costs (mean estimate)								7,830		0.05%				
COASTAL ZONES, CULTURAL HERITAGE														
Natural Resources		Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	
- Mediterranean	International Tourism Losses	725,000	850,000	Tourists nights per year from high income countries	75	100	US\$/ tourist/nigh t	63,438	74,375	0.38%	0.45%			Based on the experience of other Mediterranean countries, Lebanon would likely have attracted a significant number of beach tourists especially from Western Europe if the coast was not degraded by pollution and uncontrolled shore development. An estimate of such tourism losses is provided here by extrapolation of Western European tourism in Tunisia for 1999 (adjusting for length of shore line and sandy beaches). A price elasticity of demand in the range of -2 to -2.25 (see Papatheodorou (1999), and Syriopoulos and Sinclair (1993)) has been applied to account for generally higher prices in Lebanon. Average tourist expenditure in Tunisia was about US \$50 per day in 1999. A range of US \$75-100 is used for Lebanon for beach package tourism (although average tourist expenditure in Lebanon is higher than this range).
- Mediterranean	Domestic Recreation - Travel Cost	415,000	580,000	Recreational visitor days per year	21	21	US\$/day	8,715	12,180	0.05%	0.07%			Coastal zone degradation and pollution is reducing the recreational value for the Lebanese population. This is particularly the case for the coastal areas around Beirut and Jounieh, whose populations travel to other beach areas that are not or are less degraded and polluted. Travel costs (vehicle operating cost and value of time) to these areas has been estimated and serves as a proxy for the cost of reduced recreational value of the degraded coastal areas around Beirut and Jounieh. Estimated recreational visitor days is based on a survey of beaches (number of visitors and their origin during the summer months) along the coast by Owaygen (2002), which was undertaken as part of the preparation of this report. US \$21 per day per visitor in travel costs is estimated based on travel distances to beaches frequented by visitors from Beirut/Jounieh, a vehicle operating cost (VOC) of US \$0.45/km, a time value of US \$3.7 per hour of travel time per person, and observed vehicle occupancy. VOC and time value is from Beirut transport sector documents.
- Mediterranean	Ecological/non-use value of Jounieh Bay	935,000		Households	29	43	US\$/ household/ yr	27,115	40,205	0.16%	0.24%			In addition to the recreational and tourism value of the Lebanese coast, the coast also has an ecological and non-use value to the people of Lebanon. To estimate some of the cost of impaired ecological and non-use value associated with coastal degradation, a household survey was undertaken as part of this study to assess the WTP for restoration of Jounieh beach to (or close to) its original quality (see Owaygen 2003 and Annex II). The WTP represents the degradation cost (loss in value) of the loss in ecological and non-use value associated with coastal degradation.
Damage Costs								99,268	126,760	0.60%	0.76%			
Damage Costs (mean estimate)								113,014		0.68%				
GLOBAL ENVIRONMENT														
Biodiversity				Unit	Price		Unit	Thousand US \$/yr		% of GDP		Notes / Sources		
- Biodiversity	-				Low	High		Low	High	Low	High	n.a.	n.a.	No estimate is available.
- CO ₂	Global Damage	16,300,000		Tons	20		US\$/ ton Carbon	88,909		0.54%	0.54%			Damage due to climate change addresses potential adverse effects or climate change like sea-level rise, changes in weather patterns, impacts on agriculture. CO2 emissions in Lebanon are about 16.3 million tons per year. One ton of carbon is equivalent to 12/44 of a ton of CO2. The global damage cost used is US \$20 per ton of carbon (source: Genuine Savings, WDI, World Bank 2000).
DAMAGE COSTS								457,000	675,000	2.75%	4.07%			
DAMAGE COSTS (MEAN ESTIMATE)								566,000		3.41%				
DAMAGE COSTS, AND GLOBAL ENVIRONMENT								546,000	764,000	3.29%	4.61%			
DAMAGE COSTS, AND GLOBAL ENVIRONMENT (MEAN ESTIMATE)								655,000		3.95%				

Appendix C — Detailed Estimates of Damage Costs

DALYs - URBAN AIR POLLUTION (2002) - Particulates									
Key parameters		Lebanon	Greater Beirut Area	Greater Beirut	Greater Tripoli				
Population (mill)		4.3	1.3		0.35				
Adult population >= 15 yrs (mill)		2.95	0.89		0.24				
Children population <=14 yrs (mill)		1.35	0.41		0.11				
Crude death rate (per 1000)		6	6		6				
Annual average PM10 ambient concentrations(ug/m3)			55	*	55	**			
Exposed population (mill) 80% of tot			1.04		0.28				
Exposed adult pop (mill)			0.7		0.2				
Exposed children pop (mill)			0.3		0.1				
Health categories		Units	Impacts per 1 ug/m3	DALYs per 10000 cases	Cases Greater Beirut	DALYs Greater Beirut	Cases Greater Tripoli	DALYs Greater Tripoli	DALYs Greater Beirut and Tripoli
Premature mortality	% change in crude mortality rate		0.084	100,000	288	2,883	78	776	3,659
Chronic bronchitis	per 100 000 adults		3.06	12,037	1,201	1,445	323	389	1,835
Hospital admissions	per 100 000 population		1.2	264	686	18	185	5	23
Emergency room visits	per 100 000 population		23.54	3	13,465	4	3,625	1	5
Restricted activity days	per 100 000 adults		5750	3	2,256,407	677	607,494	182	859
Lower respiratory illness in children	per 100 000 children		169	3	30,349	9	8,171	2	12
Respiratory symptoms	per 100 000 adults		18300	3	7,181,260	2,154	1,933,416	580	2,734
TOTAL DALYs LOST PER YR						7,191		1,936	9,127
*Source: PM 10 level for Beirut is from monitoring data after the ban on vehicle diesel fuel (El-Fadel et al, 2002).									
**Source: PM 10 in Tripoli was about 85 ug/m3 prior to vehicle diesel ban (State of the Environment Report 2001, and Katahiraz Engineers International, Oct 2001). Monitoring data after diesel ban is not available. PM 10 of 55 ug/m3 is used here that is likely to reflect reductions in PM 10 levels after the diesel ban.									
Data source of Key parameters: WDI, World Bank 2001.									
Source of DALY estimation: Dose response coefficients (health impacts per ug/m3) are from international studies. See Ostro (1994) and Lvovsky (2000).									
		Chronic bronchitis	Hospital admissions	Emergency room visits	RADs	Total Cases			
Annual cases (from Table above)		1,524	871	17,090	2,863,901	2,883,386			
Cost of illness *									
Hospitalization	US \$600/day	1,148	1,045						
Doctor visits	US \$50 per visit	2,742							
Emergency visits	US \$100 per visit	383		1,709					
Lost work days	US \$60 per day	1,339	105	513	17,183				
Total cost of illness (thousand US \$ per year)		5,611	1,150	2,222	17,183	26,166			
Cost per case (SP)		3,681	1,320	130	6.0	9.1			
* Cost of illness (hospitalization, doctor visits, emergency room visits) is based on information from doctors in Lebanon. The cost of lost work days is based on average daily salary in Beirut. Information is from professor at University of Balamand.									
<i>Chronic bronchitis (CB)</i> : Estimated cost is based on monthly doctor visit for 25% and twice-a-year visits for 65% of individuals with CB; emergency doctor visit once a year for 30% of individuals, and average 6-day hospitalization once a year for 2.5% of individuals; and 5 working days lost per year for 35% of individuals. NOTE: Costs are discounted at 10% for a period of 15 years, reflecting the chronic nature of the illness. Data are based on findings from the United States and Europe (Schulman, Ronca, and Bucuvalas, Inc 2001and Niederman et al 1999).									
<i>Hospital admissions</i> : Estimated cost is based on an average of two days of hospitalization and two lost work days.									
<i>Emergency room visits</i> : Estimated cost is based on cost of doctor visit and 1/2 day of work lost.									
<i>Restricted activity days (RADs)</i> : Estimated cost is based on 1 work day lost per 10 RADs.									

URBAN AIR POLLUTION (2000) - Lead (Pb)

Key parameters		Lebanon	Greater Beirut Area		
Population (mill)		4.3	1.3		
Adult male population (mill)		1.4	0.42		
Adult male population 40-60 yrs (mill)		0.3	0.09		
Children population <=14 yrs (mill)		1.35	0.41		
Annual average Pb ambient concentrations (ug/m3)			1.8		
Exposed population (mill) 80% of tot			1.04		
Exposed adult male pop 40-60 yrs (mill)			0.07		
Exposed children pop (mill)			0.33		
Health categories		Impacts per 1 ug/m3	Cases Greater Beirut	DALYs per 10000 cases	DALYs Greater Beirut
IQ loss (points)		per 1 child	0.975	36951	
Hypertension (cases)		per 1 million adult males	72600	39947	100 399
Non-fatal heart attacks (cases)		per 1 million adult males 40-60 yrs	340	40	1,000 4
Premature mortality		per 1 million adult males 40-60 yrs	350	41	100,000 413

Dose response coefficients (impacts per ug/m3) are from Ostro (1994), based on a survey of studies. Some studies have also assessed the impact of lead on female mortality and morbidity, and child mortality. This is not included here. The estimated health impacts therefore represent an underestimate. Health impacts are assumed negligible for concentrations below 0.5 ug/m3 (i.e. estimated based on observed levels less 0.5 ug/m3). The coefficient for loss in intelligence (IQ) is based on long term exposure. The loss is therefore divided by 14 to convert to annual loss in children age 0-14 years. There are no comprehensive monitoring data of Pb in Beirut. The ambient concentration used here is based on data presented in studies by Hashisho and El-Fadel (2001), ECODIT/MOE/LEDO (2001), TEAM (2000), and METAP/HIID (2000).

DALYs - INDOOR AIR POLLUTION (2000)

Key parameters		Source:		Lebanon			
Total population (millions) 2000		WDI		4.3			
Child mortality rate (per 1000 live births) 2000		WDI		30			
Rural population share 2000		WDI		10.3%			
Exposed population share (population equivalents as a % of total population)				10.3%			
Commercial energy use per capita (koe) 2000		WDI		1280			
Biomass fuel use (% of total energy) 1997		WDI		3.0%			
Biomass fuel use per capita (koe) 1997				40			
Biomass fuel use per rural capita (koe)				384			
"Low" estimate		NBD deaths	Exposed population PP	Odds ratio OR	PAR	Deaths indoor air	DALYs
Acute respiratory infections children < 5 yrs old		400	10.3%	2	0.093381686	37	1307
Chronic obstructive pulmonary disease: adult females (> 15 yrs old)		350	10.3%	2	0.093381686	33	654
Heart disease adult females (> 15 yrs old)		2800	10.3%	1.1	0.010194992	29	285
TOTAL DALYs LOST PER YR							2246
"High" estimate		NBD deaths	Exposed population PP	Odds ratio OR	PAR	Deaths indoor air	DALYs
Acute respiratory infections children < 5 yrs old		400	10.3%	3	0.170812604	68	2391
Chronic obstructive pulmonary disease: adult females (> 15 yrs old)		350	10.3%	4	0.23605806	83	1652
Heart disease adult females (> 15 yrs old)		2800	10.3%	1.4	0.039569727	111	1108
TOTAL DALYs LOST PER YR							5152

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

DATA:
 The National Burden of Disease (NBD) for Lebanon is estimated based on extrapolation of Burden of Disease data by WHO and World Bank for similar countries, using 15% of child mortality due to respiratory illness, 3% of adult female mortality due to chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and 25% of adult female mortality due to heart disease. The odds ratios (OR) are from Smith (2000) and reflect a review of international studies. The exposed population (share of total population) to indoor air pollution from biomass fuel is based on rural population share and total biomass fuel use (WDI, World Bank).

METHODOLOGY:
 The methodology presented in Smith (2000) has been applied here. The methodology is based on National Burden of Disease (NBD) statistics for illnesses/diseases that are associated with indoor air pollution, and odds ratios (OR) from international studies that reflect the increased risk of illness/disease associated with the indoor use of biomass fuel. DALYs are based on discounted years of life lost for each disease. Only mortality is included as Smith estimates that DALYs from morbidity is insignificant relative to mortality. DALYs are only estimated for children less than five years of age and adult women because these groups are likely to spend disproportionately more time indoors than school children and adult men.

DALYs - WATER, SANITATION AND HYGIENE (2000)			
	Source:	Quantity	Units
Mortality			
Children population (0-4 yrs of age)	WDI	0.44 million	
Child mortality rate 2000	WDI	30 per 1000	
Annual child deaths (all causes)	WDI	2640 per year	
Child diarrheal disease deaths	(1)	10.0% of child mortality rate	
Child diarrheal disease mortality rate		3 per 1000	
Annual child diarrheal disease deaths		264	
DALYs per child death		35 discounted years of life lost	
DALYs from child diarrheal disease deaths		9240	per year
Morbidity			
Children population (0-4 yrs of age)	WDI	0.44 million	
Diarrheal prevalence in children (0-4 yrs of age) in last 24hrs	(2)	5.0% percent	
Total duration per year (days)		8.0 million days	
Total duration per year (in years)		22,000 years	
DALY per year of diarrheal episode (severity weight)		0.2	
DALYs from child diarrheal disease morbidity		4,400	per year
TOTAL DALYs LOST PER YR (mortality and morbidity)		13,640	per year
Cost of diarrheal illness			
Average duration per episode		4 days	
Total episodes per year (all children 0-4 yrs)		2.01 million	
Percent of cases treated (doctor, medical facilities)	(2)	48% percent	
Percent of cases treated (pharmacy)	(2)	9% percent	
Percent of cases treated (ORT)	(3)	44% percent	
Cost of doctor visit (average of Beirut and small town)	(4)	30 US \$ per visit	
Cost of medicines per diarrheal case	(4)	12 US \$	
Cost of ORT (ORS) per diarrheal case		1.5 US \$	
Total cost of doctor and medical facilities visits per year		28.9 US \$ million	
Total cost of medicines per year		13.7 US \$ million	
Total cost of ORT per year		1.3 US \$ million	
Total cost of diarrheal treatment per year among children 0-4 yrs of age		44.0 US \$ million	
Number of cases of severe diarrhea per year (children 0-4 yrs of age)	(2)	0.76 million	
Value of one day lost to caregiver (based on low-skilled wage rate)	(5)	10.0 US \$	
Total cost of lost time due to caregiving per year		7.63 US \$ million	
Total cost of diarrheal illnesses (treatment cost and time cost of caregiving)		51.6	US \$ million
WDI: World Development Indicators, World Bank 2001.			
(1) Estimated based on Lebanese Mother and Child Health Census 1996 (Ministry of Health) and Preliminary Report On the Multiple Cluster Survey on the Situation of Children in Lebanon (CBS/Unicef 2001).			
(2) Lebanese Mother and Child Health Census 1996 (Ministry of Public Health).			
(3) Preliminary Report On the Multiple Cluster Survey on the Situation of Children in Lebanon (CBS/Unicef 2001).			
(4) Information from doctors in Lebanon.			
(5) Information from professor at University of Balamand.			

BOTTLED WATER CONSUMPTION (Avertive Behavior)			
	Source:		
Per capita expenditures in Lebanon/yr	SOER	4465	US\$/capita/year
Per capita bottled water expenditures in Lebanon	SOER	0.60%	
Bottled water expenditures in Lebanon/yr	SOER	26.8	US\$/capita/year
Average price of bottled water in Lebanon	SOER	0.23	US\$/liter
Bottled water consumption in Lebanon(actual)	SOER	115	liters/capita/year
GDP per capita 2000 (Western Europe and United States)	WDI	27750	US \$/capita
GDP per capita 1975 W. Eur& United States (in constant 1999 US \$)		17253	US \$/capita
GDP per capita in Lebanon 2000	WDI	3857	US \$/capita
		"LOW"	"HIGH"
Bottled water consumption in several European countries in the 1970s	(1)	30	30 liters/capita/year
Income elasticity of bottled water demand ("Low" and "High")	(2)	0.25	0.4
Price elasticity of bottled water demand ("Low")	(3)	-1.5	-1.5
Price elasticity of bottled water demand ("High")	(3)	-2	-2
Average price of bottled water in several European countries	(4)	0.3	0.3 US \$/liter
Average price of bottled water in Lebanon	SOER	0.23	0.23 US \$/liter
"Expected" bottled water consumption in Lebanon("Low")	(5)	30	24 liters/capita/year
"Expected" bottled water consumption in Lebanon("High")	(5)	34	27 liters/capita/year
<i>(if perceived risk of illness from municipal water were zero)</i>			
Protection against risk of waterborne illnesses:			
Bottled water consumption to protect against risk (actual less "expected")		83	89 liters/capita/year
Total bottled water consumption to protect against risk		356	383 million liters/year
Total cost of bottled water consumption to protect against risk		83	89 million US\$/year
SOER: The State of the Environment Report 2001 presents figures on per capita total expenditures, bottled water expenditure (share of total expenditures) from the <i>Survey of Living Conditions in 1997</i> (Central Administration of Statistics, 1998). SOER presents the average price of bottled water in Lebanon (Appendix H). WDI: World Development Indicators, World Bank 2001.			
(1) Source: www.mineralwaters.org. Countries are Germany, France, Italy, Switzerland.			
(2) See Anderson and Cavendish (1994); Bahl and Linn (1992); David and Inocencio (1998) for review and findings of income elasticities of potable water demand.			
(3) Price elasticity of demand for bottled water is from Carpentier and Vermersch (1997).			
(4) See: www.worldofinformation.safeshopper.com for market value of bottled water and www.mineralwaters.org for volume. Prices in Italy are from www.massmarket.it.			
(5) Estimate of "expected" bottled water consumption in Lebanon if consumers perceived no health risk of potable municipal water. This is estimated by adjusting consumption levels of bottled water in several European countries (see (1)) in the 1970s before the doubling and tripling in consumption that resulted in large part because of perceptions of increased health risk of potable municipal water. The European consumption level in the 1970s is adjusted to Lebanon by applying the income elasticities of demand in (2) and the price elasticities of demand in (3) according to the formula: $Q = Q_{eu} * (Y/Y_{eu})^e * (P/P_{eu})^{e'}$ where Q is expected consumption level in Lebanon, Q_{eu} is consumption level in the European countries in the 1970s, Y is GDP per capita in Lebanon, Y_{eu} is GDP per capita in 1975 in the European countries (at 1999 prices), e is income elasticity of demand, P is bottled water prices in Lebanon, P_{eu} is bottled water prices in the European countries, and e' is price elasticity of demand.			

QUARRIES				
Survey of 4 quarries in Mount Lebanon Province (November 2002)				
	Areas Affected by the Quarries	Land Area Affected (000 m2)	Decline in Land Price (US \$/m2)	Loss in Land Values (US \$ million)
Shnanaayer	Shnanaayer municipality	600	125	75.0
Abou-Mizan	Shirine, Bteghrine, and other villages	175	7.5	1.3
Antelias	Raboueh village, Qornet Chehouane municip.	100	50	5.0
	<i>Total</i>	875	93	81.3
	Annualized loss ("low")	(1)		8.1
	Annualized loss ("high")	(1)		9.6
	Areas Affected by the Quarries	Apartments Affected (000 m2)	Decline in Apartment Price (US \$/m2)	Loss in Apartment Values (US \$ million)
Shnanaayer	Shnanaayer municipality	36	225	8.1
Antelias	Raboueh village, Qornet Chehouane municip.	8	100	0.8
	<i>Total</i>	44	202	8.9
	Annualized loss ("low")	(1)		0.9
	Annualized loss ("high")	(1)		1.0

The survey was carried out by interviews in villages and municipalities. Land/apartments are in areas that are visually affected by the quarries, and consequently experience a decline in value. Other impacts when the quarries were in operation have been recorded, such as structural damages to buildings and infrastructure from explosives used at the quarries, dust pollution from quarry operations, and traffic congestion due to quarry transport activities. These costs are not included here, but are reported to be only a fraction of the losses in land and apartment values due to visual impacts of the quarries that were surveyed. The area around Nahr Ibrahim quarry was also surveyed. The area experienced a reduction in land prices during the the years of quarry operation due to traffic congestion and dust. However, the quarry does not seem to affect land prices now that the quarry is closed (contrary to the other quarries that are visually affecting residential areas regardless of being in operation or not.

(1) The loss in land and apartment value is annualized at a discount rate of 10% over 20 to 100 years.

COASTAL DEGRADATION				
Jounieh Beach - Contingent Valuation Method				
		Survey	Lebanon (low)	Lebanon (high)
Number of survey responses:		94		
WTP in relation to income	WTP per US\$500 monthly income		15.3	10.0
Average WTP per year for 10 years	US\$/household	80.05	57	66
WTP/household over 10 years (US\$)	10% discount rate		385.3	446.1
	5% discount rate		462.1	535.1
Annualized WTP/household (US\$)	10% discount rate over 30 years		37.2	43.0
	5% discount rate over 30 years		28.6	33.2
Lebanese households			935000	935000
Total annualized WTP	US \$ million (all Lebanon)		27	40

A contingent valuation survey was carried out as part of this study to assess the willingness to pay for restoration of Jounieh beach as an ecological protected area (to estimate the cost of degradation associated with ecological and non-use value of coastal areas of Lebanon). The survey respondents were asked about their WTP for such a restoration with payments each year for 10 years.

The average willingness-to-pay (WTP) per year of the survey respondents have been adjusted to reflect average income of Lebanese households. Average household income is from "Household Living Conditions in Lebanon 1997" by Central Administration of Statistics.

A regression analysis was undertaken to estimate WTP in relation to income. A "low" and a "high" coefficient was estimated.

Household WTP for the 10 years of payments have been annualized over 30 years in order to take into account that the benefits of beach restoration will prevail indefinitely after the 10 year period of payments (note that annualizing over 20, 30, or 100 years is only marginally affecting annualized WTP because of the discounting.

Discount rates of 5% and 10% have been applied. The 10% rate reflects opportunity cost of capital, while the 5% rate reflects a combination of social rate of intertemporal substitution and opportunity cost of capital.

COASTAL DEGRADATION			
Estimation of International Tourism Losses			
	Lebanon	Lebanon	Tunisia
	"low"	"high"	
Coastline (km)	243	243	1300
Beaches (km)	36	36	575
High potential beaches (if not degraded)	10	10	
Tourist zones (km)			80
Int'l tourists (1999)			5,000,000
Int'l tourist nights			33,000,000
-of which from western Europe and North America			28,500,000
Beach tourism			90.0%
Tourism revenues (mill US\$/year)			1700
Revenue per tourist night (\$)			52.0
<i>Beach tourism from western Europe and North America</i>			
Int'l tourism nights per km beaches			44609
Int'l tourism nights per km tourism zones			320625
Tourism losses (nights/year) (unadjusted)	(1)	1,605,913	3,206,250
US \$ tourism losses per night		75	100
Price elasticity of demand	(2)	-2.3	-2
Tourism losses (nights/year) (adjusted)	(1)	726,942	849,769
Total tourism revenue losses (US \$/yr)		63,607,388	74,354,794

The degraded coastline in Lebanon is likely to have adverse effects on the potential for international beach tourism. An estimate of potential losses (unrealized tourism) is calculated here based on a comparison to Tunisia by adjusting for differences in kilometers of beaches and domestic prices.

(1) Unadjusted tourism losses is before taking into account domestic price differentials. Adjusted tourism losses is estimated by applying a price elasticity of international tourism demand.

(2) Price elasticities of international tourism demand are based on estimates presented in Papatheodorou (1999) and Syriopoulos and Sinclair (1993).

Notes

1. World Bank. 2001. *Making Sustainable Commitments, An Environment Strategy for the World Bank*.
2. See Murray and Lopez (1996) for a more detailed explanation of the DALY principle.
3. A discount rate of 3 percent is used, which is consistent with the rate used for the loss of DALYs.
4. See Chapter 2 for an explanation of DALY.
5. See Chapter 2 for a discussion of the valuation of a DALY.
6. Balvanera *et al.* 2001.

References

- Altaf, M. and J. Deshazo. 1996. "Household demand for improved solid waste management: A case study of Gujranwala, Pakistan." *World Development* 24 (5): 857-868.
- Anderson, D. and W. Cavendish. 1994. "Efficiency and Substitution in Pollution Abatement." *Oxford Economic Papers* 46: 774-799.
- Bahl, R.W. and J. Linn. 1992. *Urban Public Finance in Developing Countries*. Oxford: Oxford University Press. Published for the World Bank.
- Balvanera, P. G.C. Daily, P.R. Ehrlich, T.H. Ricketts, S.-A. Balley, S. Kark, C. Kremen, and H. Pereira, 2001. "Conserving Biodiversity and Ecosystem Services." *Science*, 291, March 16, 2001.
- Belhaj, M. 1995. "The WTP to reduce air pollution in Rabat-Salé: A contingent valuation experiment." Department of Economics, University of Göteborg.
- Blore, I. and F. Nunan. 1996. *Living With Waste: Public Valuation of Solid Waste Impacts in Bangkok*. Papers in the Administration of Development No. 57, January. University of Birmingham.
- Bruner, A.G., R.E. Gullison, G.A.B. Rice. 2001. "da Fonseca." *Effectiveness of Parks in Protecting Tropical Biodiversity*. *Science*, 291, 5 Jan. 5, 2001:125-8.
- Carpentier, A. and D. Vermersch. 1997. *Measuring Willingness to Pay for Drinking Water Quality Using the Econometrics of Equivalence Scales*. The 2nd Toulouse Conference on Environment and Resource Economics. Toulouse, May 14-16.
- CAS. 1997. *Household Living Conditions in Lebanon 1997*.
- CBS/UNICEF. 2001. *Preliminary Report On the Multiple Cluster Survey On the Situation of Children in Lebanon*. February 2001.
- David, C. and A.B. Inocencio. 1998. *Understanding Household Demand for Water: The Metro Manila Case*. International Development Research Centre, Ottawa, Canada.
- ECODIT-IAURIF. 1997. *Regional Environmental Assessment Report on the Coastal Zone of Lebanon*.
- ECODIT/MoE/LEDO. 2001. *State of the Environment Report 2001*. Published by LEDO and the Ministry of Environment, Lebanon.
- ECODIT-IAURIF. 1997. *Regional Environmental Assessment Report on the Coastal Zone of Lebanon*.

- El-Fadel, M. and M. Massoud. 2000. "Particulate Matter in Urban Areas: Health Based Economic Assessment." *The Science of the Total Environment* 257 (2-3): 133-146.
- El-Fadel, M., R. Abou Fakheraldeen R. Maroun. 2002. *Diesel Engine Policy Banning vs. PM10 levels in Urban Areas: Socioeconomic Implications*. Transportation Research Part D (under review).
- El-Haber, R. 1991. *Nature of Lebanon—Its Environment: Resources on the Verge of Depletion*. Beirut, Lebanon.
- Esrey, J., B. Potash, L. Roberts and C. Schiff. 1991. *Effects of Improved Water Supply and Sanitation on Ascariasis, Diarrhea, Dracunculiasis, Hookworm Infection, Schistosomiasis, and Trachoma*, Bulletin of the World Health Organization.
- Georgiu, S., D. Whittington, D. Pearce, and D. Moran. 1997. *Economic Values and the Environment in the Developing World*, Edward Elgar for UNEP.
- Hashisho, Z. and M. El-Fadel. 2001a. "Phase-out of Leaded Gasoline in Developing Countries: Approaches and Prospects for Lebanon." *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 3 (1): 35-59.
- Hashisho, Z. and El-Fadel, M. 2001b. "A Case Study in Socio-Economic Benefits of the Phase-out of Leaded Gasoline: The Case of Lebanon." *Environmental Management and Health* 12 (4): 389-406.
- Huybers, T. and J. Bennett. 2000. "Impact of the Environment on holiday destination choices of prospective UK tourists: implications for Tropical North Queensland." *Tourism Economics*, 6(1) 21-46.
- Katahiraz Engineers International. 2001. *The Study of Environmentally Friendly Integrated Transportation Plan for Greater Tripoli*. October 2001.
- Larsen, B. 1997. "Air Pollution, Health and Cleaner Fuels: A Cost-Benefit Analysis for Casablanca/Mohammedia." In *Morocco Environment Review*, Vol II Working Papers. Washington, D.C.: The World Bank.
- Lvovsky, K. 2001. "Health and the Environment." Environment Strategy Background Paper No. 1. Washington, D.C.: The World Bank.
- Lvovsky, K., G. Hughes, D. Maddison, B. Ostro and D. Pearce. 2000. "Environmental Costs of Fossil Fuels." Environment Department Working Paper No. 78. October 2000. Washington, D.C.: The World Bank.
- METAP/HIID. 2000. "The Social and Economic Impacts of Mobile Source Pollution on Public Health in Greater Beirut, Lebanon." In *Social and Economic Aspects of Air Quality in the Mediterranean Region — Selected Case Studies*. Medpolicies Initiative.
- Ministry of Public Health. 1996. *Lebanese Mother and Child Health Census 1996*. The Arab League and the Ministry of Health.
- Ministry of Tourism. Data on international tourism from published reports. Beirut, Lebanon.
- Murray, J., and 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. 1999. *Treatment Cost of Acute Exacerbations of Chronic Bronchitis*. *Clinical Therapy*, 21(3): 576-91.
- Ostro B.1994. "Estimating the Health Effects of Air Pollution: A Method with an Application to Jakarta." Policy Research working paper. Washington, D.C.: The World Bank.
- Owaygen, M. 1999. "Protecting Nature and Rural Agricultural Development: The Integration of Ecotourism in Northern Lebanon." In W. Doppler, ed., *Farming Systems and Resource Economics in the Tropics*. Vol. 34 Wissenschaftsverlag Vauk Kiel KG.
- Owaygen, M. Forthcoming. *Sustainable Use of Natural Resources and Rural Development Along a Transect Comprising Mount Barouk-Bekaa West Mountain Hermon*.
- Owaygen, M. and Salame N.. Forthcoming. *Ecotourism Potential and Recreational Value of the Ftouh-Kesrouan Region in the Mount Lebanon Province*.
- Owaygen, M. 2002. "Field Surveys of Beach Recreation in Lebanon." and "Contingent Valuation Survey of Jounieh Beach." University of Balamand, Lebanon. Prepared for the World Bank.
- Papatheodorou, A. 1999. "The Demand for International Tourism in the Mediterranean Region." *Applied Economics* 31.
- Schulman, Ronca and Bucuvalas, Inc. 2001. *Confronting COPD in North America and Europe: A Survey of Patients and Doctors in Eight Countries*.
- Smith, Kirk R. 2000. *National burden of disease in India from indoor air pollution*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States. June 6, 2000.
- Syriopoulos, T. and M.T. Sinclair. 1993. "An Econometric Study of Tourism Demand: The AIDS Model of US and European Tourism in Mediterranean Countries." *Applied Economics* 25: 1541-52.
- TEAM International. 2000. *Beirut Urban Transport Project — Environmental Assessment Study*. Prepared for the Government of Lebanon and the World Bank by TEAM International Engineering and Management Consultants. May 2000.
- USDOE (United States Department of Energy) and EIA (Energy Information Administration). World energy statistics.
- Varley, Tarvid, and Chao. 1998. "A Reassessment of the Cost-Effectiveness of Water and Sanitation Interventions in Programmes For Controlling Childhood Diarrhoea." *Bulletin of the World Health Organization* 76(6): 617-631.
- World Health Organisation (WHO). 1994. *World Health Statistics Annual, 1993*. WHO; Geneva.
- World Bank. 1996. *Agriculture Infrastructure Development Project*. Staff Appraisal Report.
- World Bank. 2000. *Entering the 21st Century – World Development Report 1999/2000*. Oxford: Oxford University Press .
- World Bank. 1995. *Middle East and North Africa Environment Strategy*, February 1995.
- World Bank. 2001. *World Development Indicators*. Washington, D.C.

- World Bank. 2001. *Making Sustainable Commitments, An Environment Strategy for the World Bank*.
- World Bank and WHO (The World Health Organization). 2001. *Global Burden of Disease*. Geneva.
- World Bank. 2002. "Arab Republic of Egypt: Cost Assessment of Environmental Degradation." Sector Note No. 25175. Washington, D.C.
- World Bank. 2003. "Royaume du Maroc Evaluation du Coût de la Dégradation de l'Environnement" Sector Note No. 25992-MOR Washington, D.C.
- World Tourism Organization. 2001. *Compendium of Tourism Statistics*. Madrid, Spain.
- Zurayk, R. 1992. *The Terraced Land Heritage*. American University of Beirut. Unpublished.
- Zurayk, R. 1994. "Rehabilitating the Ancient Terraced Lands of Lebanon." *Journal of Soil and Water Conservation*, March-April 1994.
- Zurayk, R., and L. Moubayed. 1994. "Land Degradation and Mitigation in the Lebanese Mountains — The Breakdown of Traditional Systems." Submitted to UNDP/DHA Disaster Management Training Programme. Research Paper No. 9. New York.

Les Coûts de la Dégradation de l'Environnement

Cas de la Tunisie

Etude de Cas: Tunisie — Résumé

Introduction

Durant les années 90, la Tunisie a enregistré des progrès considérables dans le domaine de l'environnement. Grâce à l'investissement dans le capital humain, la mise en place d'un cadre institutionnel et législatif solide et de mesures économiques incitant à la protection de l'environnement, la Tunisie a pris de l'avance sur les autres pays du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord.

Malgré ces progrès remarquables, certains problèmes persistent entraînant des impacts importants sur la santé publique et sur l'économie du pays en général. A ce jour, il n'y a pas eu d'estimation monétaire des problèmes environnementaux persistants. Il est à espérer que ce genre d'évaluation économique-*entreprise pour la première fois en Tunisie*- permettra aux autorités environnementales d'attirer l'attention des autorités financières et celle du Gouvernement sur les coûts sociaux et l'impact budgétaire résultant de la dégradation de l'environnement.

Ainsi, les objectifs de cette étude sont triples:

- i. évaluer les coûts de la dégradation de l'environnement en Tunisie, en utilisant les données les plus récentes (1999) ;
- ii. produire un cadre analytique qui permettra aux professionnels tunisiens de mettre à jour et d'affiner ces évaluations à l'avenir ; et

- iii. de former une assise pour le développement d'un programme de formation pour divers ministères et institutions. A cet effet, un manuel de formation a été préparé en langue Française et un cours de formation a été offert en Janvier 2004 à Marrakech.

L'étude présente aussi une estimation sommaire des coûts de remplacement à prendre en compte pour protéger le milieu ambiant et atténuer les problèmes environnementaux.

Il est important de signaler que l'estimation des coûts des dommages et des coûts de remplacement ont fait l'objet de nombreuses hypothèses et simplifications. Les estimations qui en résultent sont nécessairement grossières, et devraient être considérées comme des ordres de grandeur. Ces estimations ont un caractère «pilotes» et sont appelées à être affinées à l'avenir. Néanmoins, elles permettent d'indiquer au moins la sévérité et l'ampleur de la dégradation de l'environnement, ainsi que la priorité qu'il convient d'attribuer à l'intervention environnementale sur la base d'une estimation économique.

COÛTS DES DOMMAGES ENVIRONNEMENTAUX

En 1999, les coûts de la dégradation de l'environnement en Tunisie ont été estimés entre 383 et 662 millions de Dinars par an, soit 1.5 à 2.7% du PIB, avec une estimation moyenne de 522 millions de Dinars soit 2.1% du PIB¹. A cela

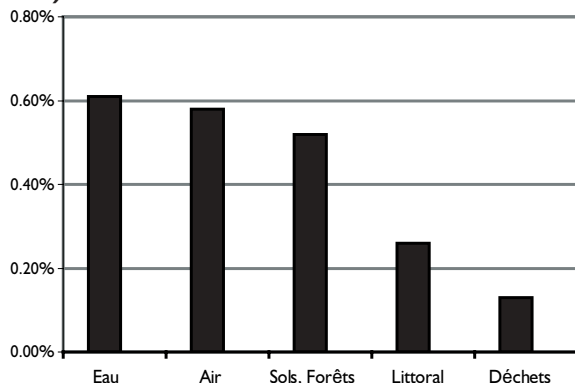
s'ajoute le coût des dommages sur l'environnement global estimé à près de 0.6% du PIB.

Les estimations des coûts des dommages ont été classées par catégorie environnementale, et sont présentées dans le Tableau et la Figure ci-après (sans l'environnement global). Les mêmes estimations par catégorie économique sont présentées dans la seconde Figure.

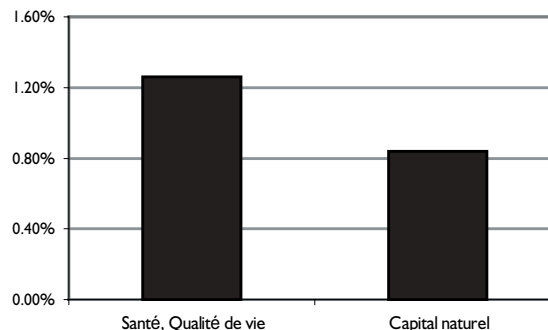
Coûts annuels des dommages, (estimation moyenne, 1999)

Catégorie environnementale	Millions DT/an	Part du PIB
Eau	153	0.61%
Air	143	0.58%
Sols et Forêts	129	0.52%
Littoral	65	0.26%
Déchets	33	0.13%
Sous-total	522	2.1%
Environnement global	148	0.6%
Total	670	2.7%

Coûts annuels des dommages par catégorie environnementale (estimation moyenne, % PIB)



Coûts annuels des dommages, par catégorie économique (estimation moyenne, % PIB)



Les impacts les plus importants sur la santé et la qualité de vie proviennent de la mortalité et la morbidité liées aux maladies diarrhéiques (0.18-0.25% du PIB). Cet impact affecte particulièrement les enfants dû à un accès insuffisant à un service adéquat d'eau potable et d'assainissement, à la mauvaise hygiène, ainsi qu'à la pollution hydrique. Ceci est suivi par la mortalité et la morbidité liées à la pollution extérieure de l'air (0.1-0.4% du PIB). La dernière catégorie d'impact sur la santé et la qualité de vie concerne la gestion des déchets (0.13% du PIB). Si l'on tient compte de l'impact des décharges sauvages et celui des déchets dangereux non traités, les dommages devraient être bien supérieur à ceux estimés dans cette étude. Cependant, une estimation exhaustive de l'impact des déchets sur la santé et le cadre de vie, n'a pas été possible faute de données.

Les coûts des dommages liés à la dégradation du capital naturel proviennent essentiellement de la perte agricole due à la dégradation des sols (0.35-0.69% du PIB), et l'envasement des barrages (0.1% du PIB) suivie par la perte de revenu touristique liée à la dégradation du littoral (0.23-0.29% du PIB).

Coûts de Remplacement

Les coûts de remplacement nécessaires pour réduire l'impact de la dégradation de l'environnement ont été estimés pour un nombre restreint d'interventions. Les résultats sont présentés dans le chapitre 4 et dans l'appendice A. Le chapitre 4 consacré principalement à l'estimation de certaines mesures d'intervention, inclut aussi une discussion sur les politiques environnementales. La réduction de la dégradation et la protection de l'environnement devraient être analysées dans le cadre des politiques de développement économiques et sectorielles, ainsi que dans un objectif plus large d'une meilleure gestion des ressources naturelles.

Une meilleure évaluation environnementale de l'impact de certains plans de développement permettrait une grande réduction du niveau de dégradation. La défaillance des politiques (telle que la faiblesse des prix de l'eau d'irrigation, la subvention du prix de l'énergie, les incitations fiscales à l'élevage extensif) constitue une cause principale de la dégradation environnementale. Une évaluation économique de l'environnement permettrait sa prise en compte dans l'élaboration de toute politique future.

La protection de l'environnement nécessite aussi la mise en application des lois environnementales, une meilleure collaboration entre le secteur public et privé, une prise de conscience environnementale, et une approche participative de la société civile. De plus, les actions de redressement proposées dans ce rapport ne devraient pas être nécessairement entreprises par le secteur public. D'une part, le secteur privé devrait être responsable d'atténuer la pollution qu'il génère, et d'autre part, il pourrait contribuer d'une manière importante à la sauvegarde de l'environnement.

La plupart des dommages environnementaux pourraient être réduits et atténués grâce à des mesures de remplacement. Selon cette perspective, les coûts des dommages représenteraient un ordre de grandeur des *bénéfices* potentiels associés aux coûts de remplacement. Cependant, afin de pouvoir comparer les bénéfices de la réduction des dommages environnementaux aux coûts associés à une telle réduction, il faudrait entamer une analyse marginale pour identifier le niveau d'intervention susceptible d'engendrer le plus grand bénéfice au moindre coût. Là aussi et faute de données disponibles, il n'a pas été possible d'entamer une telle analyse dans le cadre de cette étude.

Conclusion

Cette étude indique que les coûts annuels de la dégradation de l'environnement en Tunisie sont estimés entre 1.5 et 2.7% du PIB, avec une estimation moyenne de 2.1% du PIB pour 1999. En comparaison avec d'autres pays de la région, ces coûts ne sont pas élevés. Néanmoins ils ne sont pas négligeables. Les dommages les plus importants se situent au niveau (i) des maladies hydriques ; (ii) des maladies respiratoires liées à la pollution intérieure et extérieure de l'air ; (iii) à la perte de productivité agricole due à la dégradation des sols et finalement (iv) au manque potentiel de tourisme dû à la dégradation du littoral.

Compte tenu des difficultés liées à l'évaluation monétaire de certains impacts, du manque de données fiables et systématiques, ainsi que les nombreuses hypothèses et simplifications auxquelles les estimations ont été soumises, il est important d'interpréter les résultats comme étant des ordres de grandeurs et non des données précises. Il est nécessaire d'entamer des

analyses plus approfondies sur les rapports coûts/bénéfices de certains secteurs environnementaux afin de permettre une meilleure sélection des interventions environnementales. Néanmoins, l'évaluation économique des dommages environnementaux

est un instrument qui devrait permettre aux décideurs, dans le domaine de l'environnement, d'attirer l'attention des autorités financières et gouvernementales sur les coûts sociaux et l'impact budgétaire résultant de la dégradation de l'environnement.

1 Introduction

Contexte général

Depuis la préparation du Plan d'Action National pour l'Environnement (PANE) en 1990 et la conférence de Rio en 1992, la Tunisie affiche des progrès économiques, environnementaux et sociaux notables. Quelques indicateurs de performance, présentés au Tableau 1, reflètent la position remarquable qu'occupe la Tunisie dans la région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord (MENA). Plusieurs facteurs ont contribué à ce succès. On citera à titre d'exemple (i) l'investissement dans le capital humain à travers l'amélioration de l'accès à l'éducation, la maîtrise de la croissance démographique et l'amélioration des services de santé; (ii) le

développement d'un cadre législatif et institutionnel solide ; et (iii) la mise en place d'incitations économiques et fiscales (telles que les taxes, les subventions, et les tarifs) destinées à encourager la protection de l'environnement.

Contexte politique et institutionnel

La protection de l'environnement est, pour la Tunisie, à la fois un objectif et une orientation stratégique en vue d'assurer à sa population une bonne qualité de vie et un développement socio-économique durable. Ceci traduit la volonté de concilier les obligations de la croissance économique et de l'amélioration des conditions sociales de la population d'une part, aux exigences de la conservation des ressources naturelles et de la protection de l'environnement d'autre part. Pour ce faire, la Tunisie a développé en 1995 son programme d'action national de l'environnement et du développement durable intitulé « Agenda 21 National ». Cet Agenda constitue un guide conceptuel précieux pour les décideurs et sert à orienter les divers plans de développement économique et social du pays.

La gestion des ressources naturelles en particulier a constitué depuis plusieurs années une préoccupation majeure des responsables tunisiens. Cette préoccupation est dictée en particulier par la variabilité climatique qui caractérise la Tunisie, et par la rareté de ses ressources naturelles et leur vulnérabilité. C'est

Tableau 1. Quelques indicateurs de performance

1999	Tunisie	MENA
-Taux de mortalité juvénile (pour 1,000 naissances)	30	54
-Croissance du PIB (moy. annuelle entre 1990-2000)	5.1%	3.7%
-Croissance de la population (moyenne entre 1990-2000)	1.9%	2.4%
-Espérance de vie à la naissance (nbre d'années)	73	68
-Emission de CO ₂ par habitant (tonne métrique/hab.)	1.8	3.9
-Efficacité énergétique, PIB/unité d'énergie utilisée (1995\$/kg équiv. pétrole)	2.9	1.6
-Utilisation annuelle d'engrais (kg/ha de terre arable)	47	73
-Véritable épargne intérieure (%PIB)	17.3%	-0.3%

Référence : World Development Indicators, Banque Mondiale, 2001.

ainsi qu'une grande priorité est accordée dans les plans de développement économique et social aux programmes de la conservation des eaux et des sols, à la protection du couvert végétal naturel et au reboisement, ainsi qu'aux grands projets de lutte contre la pollution.

Par ailleurs, la Tunisie a réussi le développement et la mise à pied d'un cadre institutionnel. Depuis 1991, la responsabilité globale de la gestion de l'environnement incombe au Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire (MEAT) et aux diverses agences sous tutelles : l'Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE), l'Agence Nationale de Protection et de l'Aménagement du Littoral (APAL), l'Agence Nationale d'Energies Renouvelables (ANER), l'Office National de l'Assainissement (ONAS), et le Centre International de Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET).

A l'exception de l'APAL et de l'ANER, toutes ces agences sont sous la tutelle du ministère de l'Agriculture, de l'Environnement et des Ressources Hydrauliques (MAERH) qui a été établi en 2002. Les attributions de ce nouveau ministère montrent clairement le rôle horizontal que l'environnement doit jouer dans les secteurs-clefs de l'eau et de la préservation des sols du point de vue de l'offre et la demande de ces ressources et le renforcement des synergies qui existent entre ces secteurs. Le Secrétaire d'État auprès du MAERH, chargé de l'environnement, est responsable des activités de l'ancien ministère de l'environnement établi en 1991. L'objectif est de renforcer la cohésion et l'harmonisation des programmes initiés auparavant par de multiples intervenants pour la prise en compte des préoccupations environnementales et du développement durable dans les politiques économiques

sectorielles. Le MAERH est aussi responsable de la gestion des ressources naturelles. Son rôle a été réaffirmé et renforcé par un texte datant de Février 2001, plaçant sous sa gestion directe pratiquement tout l'espace rural, y compris les eaux souterraines et de surface, les sols, les forêts et les parcours, la faune et la flore.

Les autres ministères et agences concernés par les questions environnementales sont, entre autres ceux : de l'Intérieur et des collectivités locales, de l'équipement, de l'habitat et de l'aménagement du littoral, de la Santé et de la Culture, respectivement pour les domaines suivants : services municipaux, protection du littoral, santé publique et hygiène, et la préservation du patrimoine historique et culturel.

Au courant de la dernière décennie, la Tunisie a développé et mis en œuvre plusieurs projets et programmes visant à protéger l'environnement dans une perspective de développement durable. Citons en particulier: le programme d'assainissement urbain et rural, le programme « Main Bleu » destiné à la protection de la mer et des ressources marines, le programme national pour la gestion des déchets (PRONAGDES), un programme de contrôle de la pollution industrielle, le programme « Main Jaune » pour le contrôle de la désertification, le programme « Main Verte » pour la conservation de la biodiversité et un programme d'éducation environnementale.

Le système d'étude d'impact sur l'environnement (EIE) est relativement bien développé. Le cadre légal indique clairement les critères de classification des projets et les étapes à suivre pour entreprendre les EIE. L'ANPE est chargée d'administrer les EIE, et le secteur privé a déjà les capacités pour entreprendre les études. La Tunisie a des directives formelles en

matière d'évaluation environnementale. Mis en vigueur le 13 mars 1991, le décret 91-362 prescrit l'évaluation environnementale de toute activité « industrielle, agricole ou commerciale » susceptible de nuire à l'environnement.

Objectifs de l'étude

En dépit des progrès remarquables de la Tunisie dans le domaine de la protection de l'environnement, certains problèmes demeurent posés, entraînant de sérieux impacts sur la santé publique et sur l'économie du pays en général. On citera, à titre d'exemple, la contrainte de la disponibilité en eau (moins de 450 m³/hab.) ainsi que la dégradation de la qualité des ressources hydriques, la dégradation des sols liée aux développements de l'irrigation et de l'agriculture intensive, et l'utilisation très limitée de l'essence sans plomb. Bien que l'ampleur des problèmes environnementaux persistants soit généralement connue, une quantification monétaire de ces impacts reste à faire. Une meilleure connaissance des impacts économiques de la dégradation de l'environnement conduirait à une prise en compte de cette dernière dans les processus de décision.

A ce jour, il n'y a pas eu en Tunisie une estimation monétaire des problèmes environnementaux persistants. Il est à espérer que ce genre d'évaluation économique-*entreprise pour la première fois en Tunisie*, permettra aux autorités environnementales d'attirer l'attention des autorités financières et celle du Gouvernement sur les coûts sociaux et l'impact budgétaire résultant de la dégradation de l'environnement. Les résultats de cette étude formeront à notre avis des arguments solides au profit de l'action environnementale.

Cette évaluation économique devrait aussi permettre d'identifier les secteurs qui nécessitent une intervention prioritaire pour réduire les coûts de la dégradation de l'environnement. Ainsi, les objectifs de cette étude sont :

- (a) d'évaluer les coûts de la dégradation de l'environnement en Tunisie, en utilisant les données les plus récentes (1999) ;
- (b) de produire un cadre analytique qui permettra aux professionnels tunisiens de mettre à jour et d'affiner ces évaluations à l'avenir ; et
- (c) de former une assise pour le développement d'un programme de formation pour divers ministères et institutions. A cet effet, un manuel de formation a été préparé en langue Française et un cours de formation a été offert en Janvier 2004 à Marrakech.

Préparation de l'étude

La préparation de cette étude a démarré en décembre 2000. Elle a nécessité tout d'abord des entretiens et des consultations avec diverses autorités environnementales, ainsi que la collecte d'information, de documents et de données liés aux problèmes environnementaux du pays.

Une version préliminaire de l'étude a été présentée à Tunis en mai 2001. Suite aux commentaires reçus lors de cette présentation, une seconde version de l'étude a été préparée. Alors que la première version procédait uniquement à une évaluation des coûts des dommages environnementaux, il a été convenu d'inclure une estimation des coûts de remplacement dans la seconde version de l'étude. Des données complémentaires relatives

aux coûts de remplacement ont donc dû être réunies pour la préparation de la seconde version, qui fut présentée en novembre 2001 à Tunis. Suite aux commentaires reçus lors de la seconde présentation, ainsi qu'à une révision de l'étude par des experts de la Banque Mondiale, une troisième version a été discutée au cours d'un atelier de concertation qui s'est tenue à Tunis le 19 février 2003. A cet atelier, il a été décidé d'affiner les données en menant deux enquêtes ; la première sur la disposition à payer des touristes pour améliorer le littoral tunisien ; et la seconde sur l'impact des décharges sauvages sur le prix des terrains situés aux

alentours de ces décharges. Ce rapport est la version finale de l'étude.

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

Finalement, cette étude fait partie d'une série d'études sur les *Coûts de la Dégradation de l'Environnement* entreprises à travers le programme METAP dans plusieurs pays du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord.

2 Cadre méthodologique

Introduction

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

Cette étude a essayé de tenir compte des 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.

Le but principal de cette étude est l'évaluation des coûts des dommages liés à la dégradation de l'environnement. Ainsi l'estimation des coûts de remplacement est insuffisante pour permettre une comparaison adéquate de la relation coûts/bénéfices d'une intervention environnementale.

Les coûts de la dégradation de l'environnement peuvent être considérés comme une perte de bien être² 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 (à travers une mort prématurée, des problèmes de santé accrus, le manque d'un environnement propre, etc.);
- (b) des pertes économiques (ex : réduction de la productivité des terres agricoles, perte de revenu touristique, etc.) ;

- (c) la perte d'opportunité environnementale (ex : la perte des fonctions récréatives d'un lac, de la plage, de la forêt, etc.).

Dans ce rapport les coûts de la dégradation de l'environnement sont exprimés en pourcentage du produit intérieur brut (PIB). Ceci permet de comparer ces derniers 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.

Si le coût de la dégradation (en pourcentage du PIB) augmente avec le temps, ceci indiquerait que la perte de bien être national croît plus rapidement que le PIB. C'est à dire, l'impact négatif de l'activité économique et humaine sur l'environnement croît 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.

Approche méthodologique générale

Les problèmes environnementaux en Tunisie 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 de 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.

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*³. 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, de leur côté, fournissent une estimation des investissements nécessaires pour maintenir ou restaurer un environnement d'une qualité acceptable pour la société.

De 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.).

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.

Ce rapport se base sur les données disponibles en Tunisie. Dans certains cas, où les informations ne sont pas disponibles, une extrapolation de données d'étude régionales ou un jugement d'experts est appliqué.

Catégorisation

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.

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

- (a) impact sur la santé et qualité de vie; et

(b) impact sur le capital naturel.

Hypothèses

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. D'une 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 la perte des fonctions écologiques des forêts ou 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.
- Le tarif payé pour certains services - par exemple la collecte des déchets urbains - est parfois utilisé comme approximation de la « disposition à payer » des ménages pour une amélioration de la salubrité publique.
- L'impact de la dégradation environnementale sur la santé est estimé en terme d'années de vie corrigée du facteur invalidité (DALY)⁴. Cette méthode a été développée et utilisée par l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS) et la Banque Mondiale en collaboration avec des experts internationaux pour donner une valeur commune aux maladies et aux morts prématurées. Une maladie légère représente une petite fraction d'un DALY, alors qu'une maladie plus sévère représenterait une large fraction d'un DALY. 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'Appendice A. Dans le cas des maladies hydriques, la perte d'un DALY est due principalement à la mort d'un enfant à cause des maladies diarrhéiques. La mort de chaque enfant représente environ 35 DALY.
- 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 aux dommages environnementaux. Dans d'autres cas ils surestiment les actions requises pour éliminer les dommages.
- En réalité, les problèmes environnementaux ne peuvent pas être séparés par catégorie distincte (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 de remplacement assez complexe.

- Théoriquement une analyse marginale devrait être appliquée afin d'identifier les coûts de remplacement 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 pourcentage du PIB du pays, permettant ainsi l'utilisation d'un indicateur unique.
- 1999 constitue l'année de référence pour l'ensemble des calculs.
- Le Tableau 2 présente les données économiques de base utilisées pour les estimations.

Tableau 2. Données économiques, 1999⁵

Population	9,442,872
Population urbaine	64%
Nbre de personnes par ménage	5.6
PIB (millions de \$EU)	21,000
PIB/ habitant (\$EU)	2,220
PIB (millions DT)	24,800
PIB/ habitant (DT)	2,630
Parité (\$/DT)	1.19

Evaluation Monétaire

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 Appendices A et B, et d'autres sont présentées ci-après. Un intervalle d'estimation a été utilisé pour montrer l'incertitude des estimations.

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 la disposition 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 cette année. 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 de la disposition à payer (DAP) d'un individu pour réduire les risques de mortalité. Des études entreprises aux Etats Unis et en Europe montrent que la DAP est largement supérieure au PIB/habitant.

Dans ce rapport, un DALY perdu à cause d'une mortalité infantile est évalué différemment 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 2-3 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 est 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. Comme borne inférieure, 50% du PIB/habitant a été appliqué. Cette marge d'évaluation a été utilisée pour estimer la mortalité et la morbidité chez les enfants à cause du manque d'accès à l'eau potable et aux services d'assainissement ainsi qu'à la pollution intérieure de l'air.

Pour évaluer un DALY perdu à cause d'une mortalité adulte, le PIB/habitant a été utilisé comme borne inférieure, et la DAP comme borne supérieure. La DAP est basée sur des études américaines et européennes. Elle est ajustée pour tenir compte de la différence de PIB/habitant en Tunisie. Cette estimation est utilisée dans le cas de la pollution intérieure et extérieure de l'air.

Il est important de noter qu'un DALY évalué selon la DAP 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 la DAP est une meilleure représentation de la perte de bien-être.

Pour certaines catégories, telle que la pollution engendrée par les décharges sauvages et le manque de traitement des déchets dangereux, une estimation monétaire de ces impacts n'a pas 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.

Coûts des Dommages et de Remplacement

Tel que décrit 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.

L'estimation des coûts de remplacement donne une indication des investissements nécessaires pour partiellement remédier à la dégradation de l'environnement. Comme l'estimation des coûts de remplacement est limitée à certaines catégories environnementales uniquement, il est donc précaire de pouvoir établir une relation directe entre coûts de remplacement et bénéfices potentiels. Une analyse plus approfondie est nécessaire pour pouvoir tirer une comparaison significative.

Analyse Marginale

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 continuer jusqu'au point où les bénéfices marginaux d'une intervention sont 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.

Pratiquement, il est souvent difficile d'entamer ce genre d'analyse. On a donc souvent recours à d'autres principes tels que l'impact irréversible de certains dommages, ou bien à des

considérations entre générations, de pauvreté, et d'équilibre social. Ces principes peuvent aussi être combinés avec une analyse marginale dans la mesure où les données sont disponibles.

3 Coûts des dommages

Introduction

Ce chapitre présente l'estimation des coûts des dommages associés à la dégradation de l'environnement en Tunisie. Ces coûts sont classés suivant les *six catégories environnementales* présentées ci-dessous :

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

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

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

Il est important de noter que ces estimations sont approximatives et représentent des ordres de grandeurs des coûts réels. Il est difficile d'obtenir une estimation précise des coûts de dégradation car, la plupart des données sont sous formes d'agrégats nationaux, et ne reflètent pas les variations géographiques en Tunisie. De plus, les données précises sur l'état physique de la dégradation sont rares, leur évaluation monétaire est aussi très complexe.

Le détail des calculs est fourni dans l'Appendice A. Tous les résultats sont exprimés en pourcentage du PIB tunisien de 1999 et en Dinar Tunisien. Un résumé des estimations est présenté dans ce chapitre.

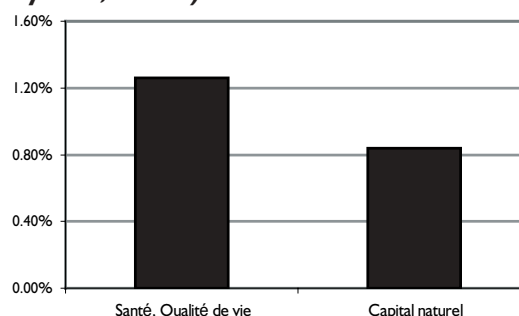
Coûts Totaux de la Dégradation

Les coûts de la dégradation de l'environnement en Tunisie en 1999 sont estimés entre 383-662 millions de Dinars Tunisiens (DT) par an, soit 1.5-2.7 % du PIB, avec une estimation moyenne de 522 millions DT soit 2.1% du PIB. A cela s'ajoute le coût des dommages sur l'environnement global estimé à près de 0.6% du PIB. Les estimations moyennes sont présentées dans le Tableau 3 et la Figure 1.

Tableau 3. Coûts annuels des dommages, estimation moyenne, 1999

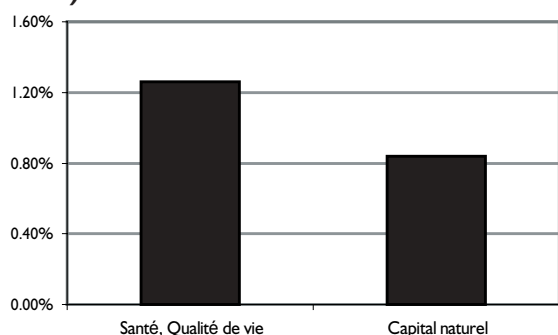
Catégorie environnementale	Millions DT/an	Part du PIB
Eau	153	0.61%
Air	143	0.58%
Sols et Forêts	129	0.52%
Littoral	65	0.26%
Déchets	33	0.13%
Sous-total	522	2.1%
Environnement global	148	0.6%
Total	670	2.7%

Figure 1. Coûts annuels des dommages par catégorie environnementale (estimation moyenne, % PIB)



En termes de catégorie économique, les impacts sur la santé et la qualité de vie varient entre 0.9-1.62% du PIB, avec une estimation moyenne de 1.26%. Les impacts sur le capital naturel varient entre 0.64-1.04% du PIB, avec une estimation moyenne de 0.8%. Ces résultats sont présentés dans la Figure 2.

Figure 2. Coûts annuels des dommages, par catégorie économique (estimation moyenne, %PIB)



Eau

Santé et qualité de vie. Le manque d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement et la pollution de l'eau ont des impacts sur la santé humaine et le cadre de vie. A travers des maladies diarrhéiques, ce sont surtout les enfants qui sont les plus touchés. La mortalité et la morbidité infantiles ont été estimées en termes d'années perdues du fait des décès prématurés et d'autres invalidités résultant de la pollution de l'eau, soit les DALY. En Tunisie, les maladies diarrhéiques chez les enfants sont estimées entraîner la perte de 18,000 DALY⁶ (en termes de mortalité) et 17,000 DALY (en termes de morbidité). Pour obtenir une valeur monétaire, le nombre de DALY est multiplié par un intervalle variant entre 50-100% du PIB/hab.⁷. Il en résulte des dommages annuels estimés à 0.2-0.4% du PIB.

Aux nombres de DALYs perdus, il faut ajouter le coût de traitement des maladies diarrhéiques.

Celles-ci varient entre 2DT en moyenne pour le traitement d'un cas non sévère par Thérapie de Réhydratation Orale (TRO) à plus de 40 DT pour le traitement d'un cas de diarrhée aiguë. Le nombre de cas de diarrhées non sévères et aiguës chez les enfants de moins de cinq ans a été obtenu à travers le rapport de l'UNICEF, 2000. Ainsi les coûts de traitement totaux s'élèveraient à 0.18 - 0.25% du PIB.

En plus des impacts sur la santé, l'hypothèse faite, par analogie avec les résultats d'enquêtes menées dans plusieurs pays, suppose qu'une partie de la population tunisienne serait disposée à payer près de 12 DT par ménage et par an pour préserver la qualité de l'eau à des fins récréatives (lacs, cours d'eau). Cette « valeur récréative », attribuée aux seuls ménages urbains, est faible et s'élève à 0.05% du PIB. Ainsi l'impact du manque d'approvisionnement en eau potable et de l'assainissement et celui de la pollution hydrique sur la santé et le cadre de vie s'élève à 0.48 - 0.75% du PIB (voir Tableau 4 et Appendices A & B).

Capital naturel. L'envasement des retenues des barrages contribue à réduire leur capacité de stockage. Les 13 principaux barrages en Tunisie sont estimés perdre près de 25 millions de m³ d'eau chaque année à cause de l'envasement⁸. Estimé au coût d'opportunité de l'eau (soit 0.64 DT/m³), cet impact s'élève à 0.06% du PIB (voir Tableau 4). D'autres impacts tels que la surexploitation des nappes souterraines et l'impact des eaux usées domestiques et industrielles non traitées sur les ressources naturelles et l'équilibre de l'écosystème, n'ont pas pu être estimés dans le cadre de cette étude à cause d'un manque de données fiables. Il est à espérer, cependant, que des analyses plus approfondies se feront dans ce domaine dans le futur.

Tableau 4. Eau : Coûts annuels des dommages, estimation moyenne, 1999

<i>Eau</i>	<i>Part du PIB</i>
Santé/Qualité de vie (morbidité, mortalité, cadre de vie)	0.56%
Capital naturel (envasement des barrages)	0.06%
Total	0.62%

Air

Santé et qualité de vie. Les plus importants dommages de la pollution de l'air portent sur la santé publique. Plusieurs études ont mis en évidence l'impact de la pollution de l'air sur la santé. Cet impact se traduit par une mortalité prématurée, des maladies respiratoires telles que la bronchite chronique, et même le cancer. La présente étude considère l'impact de la pollution *extérieure* (pollution de l'air essentiellement dans les grandes villes et les centres industriels) et *intérieure* (pollution de l'air dans les foyers entraînée par l'usage de combustibles traditionnels, tels que la biomasse). Les estimations ont été faites en utilisant la méthodologie des DALY (expliquée en détail dans l'Appendice B). Principalement, le nombre de cas de maladies respiratoires et de décès liés à la pollution de l'air a été converti en termes d'années perdues dues à l'invalidité et aux décès prématurés.

Aucune étude sur l'impact de la pollution urbaine sur la santé n'a été entreprise en Tunisie. La présente étude considère donc les résultats d'études internationales en les ajustant à la Tunisie. Les polluants les plus importants en termes d'impact sur la santé sont les particules fines (soit PM10 ou plus petit). Basé sur les concentrations moyennes annuelles de PM10 à Tunis, et une estimation approximative pour la région de Sfax, il est estimé que près de 15,000 DALY sont perdus chaque année due à la pollution de l'air. Ceci

représente 0.2 - 0.4% du PIB, basé sur une évaluation du DALY égale au PIB/hab., comme borne inférieure, et à la disposition à payer (DAP), comme borne supérieure. L'estimation de la DAP pour réduire les risques de mortalité est basée sur une DAP américaine ajustée pour refléter la différence de PIB entre les Etats Unis et la Tunisie. Un coût de traitement des maladies respiratoires (hospitalisation, visite médicale etc) a été estimé à 0.09 % du PIB.

Quant à la pollution intérieure en zone rurale, des données sur la qualité de l'air ne sont pas disponibles. L'étude repose sur la consommation de biomasse dans les foyers ruraux (soit pour le chauffage soit pour la cuisine) pour dériver une estimation des impacts potentiels sur la santé. La consommation de biomasse en Tunisie est assez élevée, puisqu'elle représente 12% de la consommation d'énergie totale (comparé à 3% en Egypte). L'étude se base sur la méthodologie développée par Smith 2000 (présentée brièvement dans l'Appendice B) et indique que la pollution intérieure est estimée entraîner la perte de 4,000 - 16,000 DALY par an, ce qui s'élèverait à 0.06-0.25% du PIB (voir l'Appendices B et C pour plus de détails).

En plus des impacts détectables sur la santé publique, la pollution de l'air entraîne aussi une détérioration de la qualité de vie. Cette perte de bien-être a été estimée à travers la disposition à payer des ménages tunisiens vivant en régions urbaines et industrielles pour améliorer la qualité de l'air et prévenir l'érosion des immeubles. A partir des résultats d'une étude entreprise au Maroc (*Belhaj, 1995*), en tenant compte des différences du PIB par habitant entre les deux pays, et en évitant le double comptage pour la santé, il a été estimé que près de 20% des ménages urbains tunisiens seraient disposés à payer 19-23 DT/an pour améliorer la

qualité de l'air. Ceci représenterait près de 0.03% du PIB.

Au total donc, l'impact de la pollution de l'air sur la santé et la qualité de vie s'élèverait à 0.35 - 0.8 % du PIB, avec une estimation moyenne de 0.58% (voir Tableau 5 et Appendice B).

Capital naturel. La pollution de l'air, surtout à travers des polluants tel que le dioxyde de soufre, peut aussi causer des dommages aux ressources naturelles (telle que l'agriculture, la forêt, et les lacs). Le coût d'un tel impact n'a pas été évalué dans le cadre de cette étude.

Tableau 5. Air : Coûts annuels des dommages, estimation moyenne, 1999

Air	Part du PIB
Santé/Qualité de vie (morbidité, mortalité due à la pollution intérieure et extérieure, cadre de vie)	0.58%
Capital naturel (impact sur la productivité agricole)	n. d.
Total	0.58%

Sols et Forêts

Capital naturel – dégradation des sols.

L'impact de la dégradation des sols s'appuie sur une estimation des pertes de productivité agricole causées par l'érosion hydrique, la salinisation et la désertification. En Tunisie, il n'existe pas d'estimations récentes relatives à l'ampleur de la dégradation des sols. La présente étude repose sur des estimations de 1997 (*Banque Mondiale, 1997*). Celles-ci indiquent que l'érosion des sols et la désertification sont estimés entraîner la perte de l'équivalent de 10,000 à 30,000 hectares de terre productive par an. Comme, une grande part de ces terrains se trouve en zone non-irriguée, la perte de production a été estimée en termes de perte de blé. Basé sur des données de la FAO⁹ concernant le rendement moyen par hectare de blé et le prix international du blé, la perte de

revenu agricole serait estimée à 0.1-0.3% du PIB (voir Appendice A pour plus de détails).

Concernant la salinisation des sols, la même source indique que celle-ci entraîne la perte de l'équivalent de 3,000 hectares de terre productive par an. Ceci impliquerait une perte d'environ 0.3% du PIB, en tenant compte de la valeur actualisée des terres agricoles irriguées.

Capital naturel - déboisement. Malgré l'existence de programmes forestiers importants réalisés par le Gouvernement, environ 2,000 ha de forêts sont perdus chaque année suite à des incendies, au surpâturage, à des coupes illicites de bois et à des changements de vocation. L'impact de ces pertes a été évalué sur la base de pertes de production en bois, en liège, en produits non ligneux (arôme), et en usage indirect (cheptel). Cependant, la perte des fonctions écologiques liée au recul de la forêt (ex. protection des sols) n'a pu être évaluée de manière quantitative dans le cadre de la présente étude. Les pertes dues au déboisement sont minimales et non significatives à l'échelle du PIB.

Capital naturel - biodiversité. Les impacts sur la biodiversité sont particulièrement difficiles à estimer. Faut-il retenir la perte d'une valeur « d'existence » (préservation de la biodiversité comme patrimoine) ? Ou faut-il retenir celle d'une valeur « marchande » (préservation de la biodiversité pour son potentiel commercialisable) ? Dans le premier cas, la valeur d'existence d'une espèce sans usage médical ou pharmacologique reconnu s'établit entre 44 et 23,7 millions \$EU (valeur marginale d'existence répondant à la question : combien vaut la protection d'une espèce de plus ?). Dans le second cas, la valeur marchande d'une espèce particulière à usage pharmaceutique établi se situe à \$EU 100 millions par année (en

l'occurrence le chiffre d'affaires des médicaments tirés de l'espèce en question). Un troisième cas peut être retenu : celui d'une firme qui consentirait à payer pour protéger un espace de diversité biologique afin de conserver l'option, à l'avenir, d'user de la biodiversité ainsi préservée. Dans ce cas, une valeur de référence pourrait être 20 \$EU par hectare (Balvanera et al., 2001). L'absence de données sur le potentiel tunisien de biodiversité n'a pas permis d'évaluer en termes monétaires l'impact de la perte en biodiversité.

Tableau 6. Sols et forêts : Coûts annuels des dommages, estimation moyenne, 1999

Sols, Forêts, Biodiversité	Part du PIB
Capital naturel (perte de production agricole due à la dégradation des sols, et déboisement)	0.52%
Total	0.52%

Déchets

Santé et qualité de vie. Le manque de collecte de déchets municipaux et leurs accumulations pour une certaine période de temps peut poser des risques sur la santé publique et entraîner une détérioration de la qualité de vie. Les déchets attirent les insectes et les rongeurs qui peuvent entraîner des maladies infectieuses et causer des allergies. Les enfants sont généralement les plus vulnérables à ce genre de situation. La collecte des déchets municipaux en zone urbaine est relativement très bien prise en charge en Tunisie. Cependant les régions rurales pourraient bénéficier d'une amélioration de la collecte. En l'absence d'étude sur la disposition à payer des résidents pour améliorer la collecte en milieu rurale, la DAP utilisée dans l'étude Egyptienne (Banque mondiale, 2002) a été adoptée pour la Tunisie en tenant compte de la différence de PIB. Cette disposition à payer est minime lorsqu'elle est comparée au PIB et s'élève à moins de 0.075%. De même, dans le

cadre de cette étude, une enquête a été entreprise pour évaluer l'impact des décharges sauvages sur le prix du foncier. Ceci a été estimé à 0.06% du PIB. L'impact des déchets sur la qualité de vie a été évalué à 0.13% du PIB.

La présence de décharges sauvages et le manque de traitement des déchets dangereux posent quant à eux de sérieux risques sur la santé publique et sur les ressources naturelles à travers la contamination des sols et des ressources en eau. Cet impact pourrait être significatif. Cependant aucune étude en Tunisie n'a quantifié cet impact. Vu la complexité de ce problème, aucune estimation n'est présentée dans ce rapport. Il est important de noter que dû au manque d'estimation relative aux décharges sauvages et au manque de traitement des déchets hasardeux, l'impact des déchets sur la santé et le cadre de vie, tel qu'estimé dans ce rapport, et probablement *sous-estimé*.

Tableau 7. Déchets : Coûts annuels des dommages, estimation moyenne, 1999

Déchets	Part du PIB
Santé/Qualité de vie (coût du au manque de collecte, impact des décharges sauvages et des déchets dangereux sur la santé)	0.13%
Total	0.13%

Littoral

Capital naturel. Le littoral Tunisien est l'attraction touristique la plus importante du pays. Elle attire aussi bien des touristes internationaux que locaux. Près de 90% des revenus touristiques y en découlent (REE, 1999). En 1999, le nombre de nuits d'hôtels occupés par les non-résidents a atteint plus de 33 millions. Près de 28.5 millions de ces nuits étaient occupées par des Européens et des Nord-américains (World Tourism Organisation, 2001). La concentration des 2/3 de la

population, des activités industrielles et touristiques sur la côte ont contribué à la dégradation d'une partie de cette dernière. L'érosion des plages est devenue un problème sévère dans certaines régions. Dans le cadre de cette étude, une enquête a été menée sur 250 touristes à Hammamet, Sousse et Mahdia pour identifier la DAP pour améliorer la qualité de l'eau, la propreté des plages ainsi que pour diminuer l'encombrement des plages. La valeur moyenne de la contribution de 5-17 % des touristes s'élève aux environs de 23-31 DT/ séjour. Une estimation conservatrice de ce montant a été appliquée pour estimer la perte potentielle du revenu touristique dû à la dégradation du littoral. Celle-ci s'élèverait à 0.18% du PIB.

L'impact de la dégradation du littoral sur les écosystèmes marins n'a pas pu être estimé dans le cadre de cette étude. Plusieurs études relèvent l'impact de la pollution marine sur la pêche, sans donner d'estimation quantitative. Une estimation de 10-15% de perte dans le secteur de la pêche est prise comme hypothèse, afin de donner une perspective des dommages potentiels de la pollution sur les écosystèmes. A titre indicatif cet impact s'élèverait à 0.05-0.1% du PIB.

Tableau 8. Littoral : Coûts annuels des dommages, estimation moyenne, 1999

<i>Littoral,</i>	<i>Parts du PIB</i>
Capital naturel	
Perte de revenu touristique	0.18%
Perte de pêche	0.08%
Total	0.26%

Environnement global

Les impacts sur l'environnement global sont essentiellement liés aux émissions de gaz à effet de serre, entraînant un réchauffement graduel de la planète. En Tunisie, près de 23 millions de tonnes de CO₂ sont émises par année (REE, 1999). Basé sur le coût des dommages internationaux de 20\$ par tonne de carbone émise, ceci représenterait près de 0.6% du PIB. Cette estimation est très approximative, car les impacts du changement climatique varient considérablement d'un pays à l'autre. En Tunisie, il est possible de prévoir que ces dommages seraient principalement liés à la possibilité d'une augmentation du niveau de la mer.

4 Coûts de remplacement

Introduction

Ce chapitre présente les résultats de l'estimation des coûts de remplacement pour les catégories environnementales présentées dans le Chapitre 3. Ces coûts donnent une indication des dépenses nécessaires pour remédier à la dégradation de l'environnement et pour transformer les dommages environnementaux en de potentiels « bénéfiques ». Il est important de signaler que l'estimation des coûts de remplacement est, à l'instar du coût des dommages, sujette à de nombreuses hypothèses et simplifications. Les estimations qui en résultent sont donc approximatives.

D'une manière générale, quatre hypothèses implicites sont à noter : (i) le concept de coût de remplacement s'apparente davantage au concept de coût d'élimination « *end-of-pipe* » qu'à celui de prévention ou de changement de processus. Ce coût inclut, par exemple, le coût de traitement, de nettoyage, de dépollution, et de conservation; (ii) le coût de remplacement n'est pas nécessairement représentatif de la meilleure technologie à moindre coût (*least cost technology*) ; (iii) dans plusieurs cas, les coûts de remplacement estimés correspondent à une résolution partielle des dommages environnementaux et non à l'élimination totale des impacts, une analyse plus approfondie est nécessaire pour obtenir des estimations plus précises : et (iv) lorsque les coûts de remplacement ne sont pas disponibles en données annuelles, les investissements ont été

annualisés suivant leur durée de vie en utilisant un taux d'escompte de 10%.

Contexte Politique

Bien que l'objectif de ce chapitre soit de présenter une estimation des coûts de remplacement, une brève discussion du rôle des politiques environnementales est nécessaire. En effet la réduction des dommages environnementaux ne repose pas uniquement sur des investissements, mais elle doit s'inscrire dans un contexte économique, politique, social et de gestion durable de l'environnement.

Une amélioration de la qualité de l'environnement peut s'obtenir à travers l'élimination de la distorsion des prix, des taxes, et des législations, si ces dernières favorisent l'utilisation inefficace des ressources environnementales, et les industries polluantes.

Réduire la dégradation et protéger l'environnement nécessitent aussi la mise en application des lois environnementales, d'un meilleur partenariat public-privé, et de la mise en place de campagnes d'information et de sensibilisation. Une bonne gestion environnementale nécessite aussi la clarification du rôle du secteur public et privé. Les actions de mitigations discutées dans ce chapitre, ne doivent pas être nécessairement entreprises par le gouvernement. Le secteur privé doit être amené à payer le prix de la pollution dont il est

responsable (principe pollueur-payeur) et à être encouragé à contribuer aux services environnementaux.

Dans ce qui suit, les coûts de remplacement sont présentés selon les catégories environnementales établies dans le chapitre 3. De plus amples détails et explications concernant les calculs sont fournis à l'Appendice A.

Eau

Santé et qualité de vie. Pour pallier aux problèmes de santé liés à l'eau, il est essentiel d'améliorer la desserte en eau potable et l'assainissement. Il est estimé que parmi la population urbaine, 8% n'ont toujours pas accès à un service adéquat d'eau potable et 4% à un service adéquat d'assainissement. De même en milieu rural, près de 42% de la population n'ont pas accès à un service adéquat d'eau potable et 38% ne bénéficient pas des services d'assainissement (*OMS/UNICEF, 2001*). L'investissement nécessaire pour améliorer la desserte en eau potable et l'assainissement se situe entre 120 et 240 \$EU par personne. En prenant un horizon de 25 ans et un taux d'escompte de 10%, l'investissement total s'élèverait à près de 70 millions de Dinars par an, soit 0.29% du PIB (voir Tableau 9 et Appendice A).

Capital naturel. Les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles non traitées dans la nature entraînent de sérieux impacts sur l'écosystème naturel, en menaçant la survie de certaines espèces, et en polluant les ressources en eau. Pour pallier à cet impact, la Tunisie devrait investir dans le traitement des eaux résiduaires domestiques et industrielles. Selon la *Bilan stratégique, 2000* un investissement de 22 millions de Dinars par an serait nécessaire pour améliorer les stations d'épuration et assurer le

traitement des eaux usées domestiques. En ce qui concerne les eaux usées industrielles, le traitement de près de 22 millions de m³/an nécessiterait un investissement de près de 64 millions de Dinars par an. Au total, le coût de traitement des eaux usées domestiques et industrielles s'élèverait à 0.35% du PIB.

Tableau 9. Eau : Coûts de remplacement

Eau	Part du PIB
Santé/Qualité de vie (améliorer la desserte en eau potable et assainissement)	0.29%
Capital naturel (traitement des eaux résiduaires domestiques et industrielles)	0.35%

Air

Santé et qualité de vie. Tel que décrit dans le Chapitre 3, l'utilisation de combustibles traditionnels à l'intérieur des maisons provoque des maladies respiratoires non négligeables. Afin d'améliorer la qualité de l'air à l'intérieur des foyers, il est nécessaire de substituer une partie de l'énergie traditionnelle. Si l'on considère que 20% de l'énergie traditionnelle (soit 182,000 TEP¹⁰) utilisée à l'intérieur des ménages tunisiens pourrait être nocive, et que le coût de conversion est de 30 \$/baril, un investissement de près de 50 millions de Dinars serait nécessaire, soit 0.20% du PIB. Tel qu'indiqué en début de chapitre, des alternatives moins coûteuses (telle que l'amélioration de la ventilation, de la qualité des fours et des équipements de cuisines) peuvent être disponibles et risquent de réduire la nécessité de substituer l'énergie traditionnelle.

Pour réduire la pollution atmosphérique extérieure et améliorer la qualité de l'air, plusieurs investissements peuvent être considérés: (i) promouvoir l'essence sans plomb; (ii) promouvoir l'utilisation du gaz naturel comprimé dans le transport public routier; (iii) réduire la quantité de soufre dans le diesel; (iv)

promouvoir l'utilisation de l'énergie éolienne; et finalement (v) réduire la pollution atmosphérique au niveau des principaux pôles industriels. Ces investissements s'élevaient à près de 0.15% du PIB (voir Tableau 10 et Appendice A).

Tableau 10. Air : Coûts de remplacement

Air	Part du PIB
Santé/Qualité de vie	
-réduction de la pollution intérieure	0.20%
-promouvoir l'essence sans plomb	0.02%
-promouvoir l'utilisation du GNC	0.01%
-réduction de la quantité de sulfure dans le diesel	0.02%
-promouvoir l'énergie éolienne	0.07%
-réduire la pollution industrielle	0.03%

Sols, forêts et Biodiversité

Capital naturel. Il est difficile d'estimer les coûts de remplacement pour lutter contre la dégradation des sols qui varient considérablement selon les situations géographiques. Cependant, quelques estimations sont disponibles à travers le *Programme d'action national de lutte contre la désertification*¹¹. Ce programme indique que les investissements nécessaires pour lutter contre la salinisation des terres et l'érosion des sols s'élevaient à plus de 223 millions de Dinars. En prenant un horizon de 20 ans et un taux d'escompte de 10%, ceci est équivalent à près de 26 millions de Dinars par an, soit 0.10% du PIB. Le reboisement des forêts est quant à lui estimé à environ 1,000 DT/ha. En Tunisie, la superficie des forêts boisées (9,000 ha/an) est supérieure à celle des forêts perdues (2,000 ha/an).

Les coûts de reboisement s'élèvent ainsi à près de 0.04% du PIB. Finalement, en ce qui concerne la conservation de la biodiversité, selon le *Plan d'action de la diversité biologique*¹², les investissements nécessaires pour la conservation génétique, la conservation des

écosystèmes et leur gestion adéquate, ainsi que l'amélioration du cadre institutionnel et de la formation touchant à la diversité biologique, sont estimés à près de 6 millions de Dinars par an, soit 0.02% du PIB.

Tableau 11. Sols, forêts et biodiversité : Coûts de remplacement

Sols, Forêts, Biodiversité	Part du PIB
Capital naturel	
-lutter contre la dégradation des sols	0.10%
-reboisement des forêts	0.04%
-conserver la biodiversité	0.02%

Déchets

Santé et qualité de vie. En ce qui concerne les déchets, l'amélioration de la santé et du cadre de vie est en partie liée à l'amélioration de la collecte, la mise en décharge et le traitement des ordures ménagères et des déchets dangereux. L'investissement nécessaire pour améliorer la collecte des déchets n'est pas disponible. Par contre, selon l'ANPE, l'ensemble du programme nécessaire pour l'élimination des dépotoirs, la réalisation de décharges contrôlées et l'installation de centres de tri coûterait près de 240 millions de Dinars. Annualisé sur 10 ans à un taux d'escompte de 10% cet investissement s'élevait à près de 0.16% du PIB.

Pour les déchets dangereux, il est estimé que près de 259,000 tonnes de déchets industriels et hospitaliers dangereux sont produits chaque année en Tunisie. Basé sur un coût unitaire de traitement de 150 \$/t, le coût de traitement des déchets s'élevait à près de 46 millions de Dinars par an soit 0.19% du PIB.

Tableau 12. Déchets : Coûts de remplacement

Déchets	Part du PIB
Santé/Qualité de vie	
-réhabiliter les décharges sauvages	0.16%
-traiter les déchets dangereux	0.19%

Littoral

Capital naturel. Les coûts relatifs à la protection du littoral reposent sur le « Programme National pour la Protection du Littoral contre l'Erosion Marine » récemment élaboré en Tunisie par l'Agence d'Aménagement et de Protection du Littoral. Selon ce programme, une centaine de kilomètres (sur 1,300 km de côtes) nécessiteraient une intervention prioritaire, estimée à 70 millions de Dinars. En référence au « Programme National Tunisien de Promotion du Tourisme Culturel et Ecologique » élaboré par l'Office National Tunisien du Tourisme, les actions prioritaires dans le domaine de la

sauvegarde du patrimoine s'élèveraient quant à elles à 39 millions de Dinars. En considérant un horizon de 10 ans et un taux d'escompte de 10%, ces investissements annualisés s'élèveraient à près de 0.07% du PIB.

Environnement global

Les coûts de protection de l'environnement global, tels que le réchauffement de la planète et la biodiversité, n'ont pas été estimés. Le coût de ces programmes dépend largement de la coopération et de la volonté d'agir de la communauté internationale.

5 Conclusion

Cette étude indique que les coûts de la dégradation de l'environnement en Tunisie en 1999 ont été estimés entre 390-840 millions de Dinars par an, soit 1.6-3.4% du PIB, avec une estimation moyenne 615 millions de Dinars, soit 2.5% du PIB. A cela s'ajoute le coût des dommages sur l'environnement global, estimé à près de 0.6% du PIB.

En comparaison avec d'autres pays de la région, ces coûts ne sont pas élevés. Ceci reflète l'évolution de la Tunisie en matière de protection de l'environnement, grâce à la mise en place d'un cadre institutionnel et législatif solide, l'investissement dans le capital humain, et la mise en place de mesures d'incitations économiques pour la réduction de la pollution.

Malgré ces progrès remarquables, les coûts de dégradation demeurent non négligeables. Les dommages les plus importants se situent au niveau (i) des maladies hydriques ; (ii) des maladies respiratoires liées à la pollution intérieure et extérieure de l'air ; (iii) à la perte de productivité agricole à cause de la dégradation des sols et finalement (iv) au manque potentiel de tourisme dû à la dégradation du littoral.

Il est important de noter que ce rapport ne présente aucune estimation de l'impact des

décharges sauvages, des déchets dangereux non-traités et de la perte en biodiversité. Bien que ces dernières ont des conséquences néfastes sur la santé publique, le cadre de vie et le capital naturel, le manque de données fiables et la complexité des problèmes n'ont pas permis d'entamer une estimation monétaire de ces impacts.

Compte tenu des difficultés liées à l'évaluation monétaire de certains impacts, du manque de données fiables et systématiques, et des nombreuses hypothèses et simplifications auxquelles les estimations ont été soumises, il est important d'interpréter les résultats comme étant des ordres de grandeurs et non des données précises. Il est nécessaire d'entamer des analyses plus approfondies sur les rapports coûts/bénéfices de certains secteurs environnementaux afin de permettre une meilleure sélection des interventions environnementales. Néanmoins, l'évaluation économique des dommages environnementaux est un instrument qui devrait permettre aux décideurs dans le domaine de l'environnement d'attirer l'attention des autorités financières et celle du Gouvernement sur les coûts sociaux et l'impact budgétaire résultant de la dégradation de l'environnement.

Appendice A —
Estimations des coûts des dommages
et des coûts de remplacement

Données économiques 1999 (Banque mondiale)										Abréviations		
Population	9,442,872									DT = Dinar Tunisien		
Population urbaine %	64%									t = tonne q = quintal		
Nbre de personnes par ménage	5.6									mén = ménage		
PIB \$ (courant)	20,969,988,096									n.d. = non disponible		
PIB/ habitant \$	2,221									ha = hectare		
PIB DT (courant)	24,874,600,448									hab = habitant		
PIB/ habitant DT	2,634									DALY = Disability-adjusted life year (année de vie corrigée du facteur invalidité)		
Parité DT/USD	1.19									DAP = Disposition à payer		
Coûts des dommages												
EAU	Méthode	Nombre		Unité	Prix		Unité	DT/ 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.	
- Eau potable, assainissement, hygiène	DALYs	35,905		DALYs	1,317	2,634	DALY/hab	47,290,487	94,580,974	0.19%	0.38%	Nombre de DALYs perdus à cause de la mortalité et la morbidité des enfants <5 ans liées aux maladies diarrhéiques (Annexe II). La valeur du DALY est estimée au PIB/hab (borne supérieure) et 0.5*PIB/hab (borne inférieure) afin de tenir compte de la différence de revenu des populations les plus démunies. Le taux de mortalité des enfants dû aux maladies diarrhéiques est généralement supérieur parmi les populations pauvres.
- Eau potable, assainissement, hygiène	Coût de traitement des cas de diarrhée non sévères (<5ans)	2,388,960		nbre de cas traités	2		Coût du traitement (DT)	4,777,920		0.02%		Le nombre moyen de cas de diarrhée par enfant et par an était de 2.8 in 1992 d'après l'Enquête d'évaluation LAD, 1992 cité dans UNICEF, 2000. Sur cette base, en 1999 il y aurait près de 2.4 millions de cas parmi les enfants de moins de 5 ans. D'après l'étude UNICEF 95% des cas sont traités par Thérapie de Réhydratation Orale (TRO). Le coût du traitement s'élèverait à près de 5 millions de DT, en estimant le coût du traitement à 2 DT/cas.
- Eau potable, assainissement, hygiène	Coût de traitement des cas de diarrhée aigus (< 5ans)	898,700	1,348,050	nbre de cas traités	43		Coût du traitement (DT)	38,644,100	57,966,150	0.16%	0.23%	D'après l'enquête sur les diarrhées entreprise en 2000 (UNICEF, 2000) 5.75% des enfants enquêtés ont présenté une diarrhée aiguë au cours des 15 jours précédant l'enquête. Basé sur une durée moyenne variant entre 7 et 10 jours, le nombre de cas par enfant et par an serait entre 1 et 1.5 cas. Les coûts de traitement (visite du médecin, médicaments et coût du temps perdu par un des parents pour s'occuper de l'enfant) s'élèverait à près de 43 DT par cas. Ces coûts sont basés sur des moyennes obtenues au Liban et au Maroc ajustées pour refléter la différence de PIB Tunisien. Plus de détails sont fournis dans l'Annexe II.
- Qualité de vie - valeur récréative	DAP	1,079,185		nbre de ménages urbains	12		DT/mén/an	12,950,224		0.05%		Pollution hydrique: disposition à payer des ménages urbains pour une meilleure qualité de l'eau (valeur récréative). Hypothèse faite à partir de nombreuses études mettant en évidence une disposition à payer pour l'usage récréatif de l'eau, <i>Georgiou et al., 1997</i> .
										0.42%	0.68%	
Capital naturel												
- Surexploitation de l'eau souterraine	Pertes de valeur									n.d.	n.d.	Le volume annuel d'exploitation des nappes souterraines en Tunisie est évalué à 581 millions m ³ . Près de 48 % sont estimées non-renouvelables. La sur-exploitation des nappes souterraines (au-delà de leur seuil de renouvellement) peut atteindre jusqu'à 20 % (<i>REE, 1999</i>). Malheureusement, dans le cadre de cette étude une estimation monétaire des dommages liés à la sur-exploitation des nappes souterraines n'a pas pu être effectuée.
- 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. Il est partiellement reflété dans la DAP pour améliorer la qualité de vie (estimée plus haut).
- Pertes de capacité des retenues	Pertes de valeur	25,000,000		m ³ /an	0.64		DT/m ³ coût d'opportunité	16,000,000		0.06%		L'envasement des retenues des barrages contribue à réduire leur capacité de stockage à cause des sédiments qui s'y accumulent. Les 13 principaux barrages en Tunisie perdent en moyenne près de 25 millions de m ³ de capacité d'eau chaque année à cause de l'envasement (<i>Tunisia National Report to the United Nations Conference on Environment and Development, 1992</i>).
Sous Total										0.06%	0.06%	
										0.48%	0.75%	

AIR		Nombre		Unité	Prix		Unité	DT/ 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.	
	DALYs enfants	2,545	4,667	DALYs	1,317	2,634	DT/DALY	4,749,578	9,499,156	0.06%	0.25%	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 à la DAP (borne supérieure). L'estimation de la DAP pour diminuer les risques de mortalité chez les adultes est basée sur une DAP américaine ajustée au PIB Tunisien.
Santé - pollution intérieure	DALYs femme adultes	1,977	5,846	DALYs	2,634	13,558	DT/DALY	10,304,609	53,038,429			
	DALY mortalité	5,871		DALYs	2,634	13,558	DT/DALY	15,464,430	79,596,329	0.16%	0.42%	Nombre de DALYs perdus à cause de la pollution extérieure de l'air (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.
-Santé - pollution extérieure	DALY morbidité	9,528		DALYs nu ue cas et de journées d'activités restreintes	2,634		PIB/hab	25,099,348				
	Coût du traitement	5,024,972		ménages urbains Grand Tunis et Sfax	5		DT moyen/cas	22,985,939		0.09%		Le coût de traitement des maladies respiratoires (en termes d'hospitalisation, de visite médicale, de consultation aux urgences et de journées d'activité restreintes) a été estimé. Plus de détails sont fournis dans l'Annexe II.
- Qualité de la vie - disaménités	DAP	428,571			19	23	DT/mén/an	7,950,349	9,730,278	0.03%	0.03%	Une étude (Belhaj, 2003) sur la Disposition à Payer (DAP) des ménages marocains pour réduire la pollution de l'air de 50% dans la région de Rabat-Salé a révélé une DAP variant entre 67 et 82 DT/mén/mois en 1995. Comme il est difficile de séparer la part de la DAP qui reflète la valeur sur la santé de celle des aménités, une estimation conservatrice de 10% a été retenue pour refléter la DAP des ménages urbains pour améliorer la qualité de l'air à des fins récréatives. Cette valeur a été ajustée pour tenir compte de l'inflation et de la différence de PIB entre le Maroc et la Tunisie.
- 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					10.00%					0.35%	0.80%	
SOLS et FORÊTS		Nombre		Unité	Prix		Unité	DT/ an		% PIB		Explication/ Référence
Capital naturel		Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.	Borne Inf.	Borne Sup.	
Dégradation des sols												
- Érosion, désertification	Pertes de terre productive (non-irriguée)	10,000	30,000	ha/an	2,666		Valeur Actualisée DT/ ha	26,656,000	79,968,000	0.11%	0.32%	L'érosion des sols et la désertification sont estimées entraîner la perte de l'équivalent de 10,000 à 30,000 ha de terre productive par an en Tunisie (<i>Banque mondiale, 1997</i>). Une grande part de ces terrains se trouve en zone non-irriguée. La perte de production est estimée en termes de perte de blé. Les données sur le rendement moyen par hectare de blé (près de 1.4 t/ha) proviennent de la FAO. Les données sur le prix international du blé (\$145/ t en moyenne pour le Canada et les USA pour la période 1996-2001) proviennent de <i>World Bank Development Prospects: Commodity Price Data</i> , auquel le coût de transport a été ajouté. Un taux d'escompte de 10% est retenu pour la valeur actualisée.
-Salinisation	Pertes de terre productive (irriguée)	3,000			20,000	30,000	Valeur Actualisée DT/ ha	60,000,000	90,000,000	0.24%	0.36%	La salinisation des sols, due à l'irrigation, était estimée entraîner la perte de l'équivalent de 1,000 ha de terre productive par an en Tunisie (Banque Mondiale, 1997). Cette estimation remonte aux années 70s où la superficie totale irriguée était de 120,000ha. Ainsi près de 1% des terrains était estimée perdus du à la salinisation. Aujourd'hui la superficie totale irriguée est passée à 380,000 ha. Bien qu'il n'y ait pas d'étude récente sur la part de ces terrains touchées par la salinisation (une étude est encore de préparation par COMETE), la présente étude suppose que si 1% des terrains serait perdu à cause de la salinisation, le total des terrains perdus serait de près de 3,000ha. La perte de production varie entre 2,000 et 3,000 DT/ha/an, (<i>Banque Mondiale, 1997</i>). Un taux d'escompte de 10% est retenu pour la valeur actualisée.
Déboisement												
- Pertes de bois	Pertes de production	629		m ³ /an	12		DT/m ³	6,362		0.00%	0.00%	Le déboisement est estimé à 2,000 ha par an (soit 1,600 ha de bois et 400 ha de liège). La production de bois est estimée à 0,4 m ³ /ha (basée sur une production totale de 250,000 m ³ sur une superficie de 636,000 ha), <i>Régie d'Exploitation Forestière (REF)</i> .
- Pertes de liège	Pertes de production	444		q/an	100		DT/q	37,468		0.00%	0.00%	Le déboisement est estimé à 2,000 ha par an (soit 1,600 ha de bois et 400 ha de liège). La production de liège est estimée à 1.1 q/ha/an (basée sur une production totale de 100,000 q sur une superficie de 90,000 ha), <i>REF</i> .
-Pertes de produits non ligneux	Pertes de production	2,000		ha/an	1.6		DT/ha	2,651		0.00%	0.00%	Le déboisement, estimé à 2,000 ha par an, exerce également un impact sur les produits non ligneux (arômes, notamment). Le revenu tiré des produits non ligneux est estimé à 1.6 TND/ha/an (basé sur 1 million de TND par an), <i>REF</i> .
-Pertes indirectes	Pertes d'usage (cheptel)	2,000		ha/an	236		DT/ha	397,655		0.00%	0.00%	Le déboisement a de surcroît des effets indirects sur les revenus de la forêt attribués à son usage par le cheptel et qui sont estimés à 150 millions de DT par an. Les pertes de revenu dues au déboisement (2,000 ha/an) ont été calculées en proportion, <i>REF</i> .
- Pertes des fonctions écologiques	n.d.									n.d.	n.d.	L'impact sur les fonctions écologiques n'est pas disponible.
Biodiversité	n.d.									n.d.	n.d.	La perte de biodiversité n'a pas pu être estimée dans le cadre de la présente étude.
Sous Total										0.35%	0.69%	

DÉCHETS		Nombre		Unité	Prix		Unité	DT/ an		% PIB		Explication/ Référence
Méthode	Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.	Borne Inf.	Borne Sup.		
Santé/ Qualité de la vie												
Déchets ménagers												
- Santé et Disaménités - manque de collecte	DAP	607,042		nbre de ménages ruraux	2.3	2.8	DT/mén/mois	16,977,517	20,373,020	0.07%	0.08%	<p>La collecte des déchets en zone urbaine est relativement bien prise en charge en Tunisie. Cependant les régions rurales pourraient bénéficier d'une amélioration de la collecte. La DAP pour améliorer la gestion des déchets ménagers, telle qu'estimée en Égypte (<i>Banque mondiale, 2002</i>) a été utilisée pour la Tunisie, en tenant compte de la différence de PIB. Cette DAP a été multipliée par le nombre de ménages ruraux.</p> <p>Une enquête pour évaluer l'impact des décharges sauvages sur le prix du foncier a été menée dans le cadre de cette étude (COMETE, 2003). Cette enquête a été menée auprès de 5 décharges (3 en milieu agricole, 1 en milieu périurbain et 1 en milieu urbain). L'enquête a révélé une perte de valeur foncière dans les terrains avoisinants les 5 décharges qui s'élève à près de DT 3millions (plus de détails sont fournis dans l'Annexe II). Ce chiffre a été multiplié par 3 comme borne supérieure et pour tenir compte d'un plus grand nombre de décharges en Tunisie.</p> <p>L'impact des déchets dangereux non-traités sur la santé, la pollution hydrique, olfactive, etc. n'a pas pu être estimé dans le cadre de cette étude</p>
- Décharges sauvages	Prix hedoniques							14,232,575		0.06%		
- Déchets dangereux										n.d.	n.d.	
Sous Total										0.13%	0.14%	
LITTORAL		Nombre		Unité	Prix		Unité	DT/ an		% PIB		Explication/ Référence
Méthode	Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.	Borne Inf.	Borne Sup.		
Capital naturel												
- Dégradation du littoral	DAP pour améliorer la qualité de l'eau des plages	265,000		Nbre de touristes	26		DT/séjour	6,890,000		0.18%		<p>Le littoral Tunisien est l'attraction touristique la plus importante. Près de 90% des revenus touristiques y en découlent (REE, 1999). En 1999, le nombre de touristes qui ont visités la Tunisie a atteint près 5 millions (World Tourism Organisation, 2001). La concentration des 2/3 de la population, des activités industrielles et touristiques sur la côte ont contribué à la dégradation d'une partie de cette dernière. Une enquête a été entamée dans le cadre de cette étude pour identifier la DAP des touristes pour améliorer la qualité de l'eau, la propreté des plages ainsi que pour diminuer l'encombrement des plages. L'enquête (COMETE, 2003) a été effectuée auprès de 247 touristes dans les régions de Hammamet, Sousse, et Mahdia. Cette dernière a révélé qu'entre 5-17% des touristes interrogés seraient disponibles à contribuer à des fonds pour améliorer le littoral Tunisien. La valeur moyenne de leur contribution s'élève aux environs de 20 Euro (soit 5% du prix du séjour). De plus ample détails sont fournis en Annexe II.</p>
	DAP pour améliorer la qualité des plages	850,202		Nbre de touristes	23		DT/séjour	19,894,737				
	DAP pour diminuer l'encombrement des plages	587,045		Nbre de touristes	31		DT/séjour	18,315,789				
- Impacts sur les écosystèmes	Perte de pêche	5%	10%	Pourcentage perdu par an	258,695,845		DT par an	12,934,792	25,869,584	0.05%	0.10%	<p>L'impact sur les écosystèmes marins n'a pas pu être estimé dans le cadre de cette étude. Plusieurs études relatent l'impact de la pollution marine sur la pêche, sans donner d'estimation quantitative. Une estimation de 10-15% de perte dans le secteur de la pêche est prise comme hypothèse, afin de donner une perspective des dommages potentiels de la pollution sur les écosystèmes. Les données sur le produit brut agricole proviennent de la Banque Mondiale (WDI, 2001). Les données sur la part de la pêche du produit brut agricole proviennent de l'Agence de Promotion des Investissement Agricoles (www.tunisie.com/APIA/pechel).</p>
Sous Total										0.23%	0.29%	
ENVIRONNEMENT GLOBAL		Nombre		Unité	Prix		Unité	DT/ an		% PIB		Explication/ Référence
Méthode	Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.		Borne Inf.	Borne Sup.	Borne Inf.	Borne Sup.		
Environnement global												
- Biodiversité Global										n.d.	n.d.	<p>En Tunisie, près de 23 millions de tonnes de CO2 sont émises chaque année. REE 99. 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, World Bank 2001</i>).</p>
- Émissions de CO2	Coût des dommages	22,800,000		tonnes CO2/an	20		\$/tonne de carbone	147,520,149		0.59%		
Coût des dommages										1.54%	2.66%	
Coût des dommages (Moyenne)										2.10%		
Coût des dommages et de l'Environnement Global (Moyenne)										2.69%		

Données économiques 1999 (Banque mondiale)								Abréviations	
Population	9,442,872							DT = Dinar Tunisien	
Population urbaine %	64%							t = tonne	q = quintal
Nbre de personnes par ménage	5.6							mén = ménage	
PIB \$ (courant)	20,969,988,096							n.d. = non disponible	
PIB/ habitant \$	2,221							ha = hectare	
PIB DT (courant)	24,874,600,448							hab = habitant	
PIB/ habitant DT	2,634							DALY = Disability-adjusted life year (année de vie corrigée du facteur invalidité)	
Parité DT/USD	1.19							DAP = Disposition à payer	
Coûts de remplacement									
EAU	Méthode	Nombre	Unité	Prix	Unité	DT/ an	% PIB	Explication/ Référence	
Santé/ Qualité de la vie									
- Améliorer la desserte en eau potable et en assainissement	Coût d'investissement			\$120 à \$240	USD par personne	71,172,002	0.29%	Investissement nécessaire pour améliorer la desserte en eau potable et en assainissement aux populations urbaines et rurales sans accès à l'eau potable (8 % et 42 % respectivement) et/ou sans accès à un service d'assainissement (4 % et 38 % respectivement). Un horizon de 25 ans et un taux d'escompte de 10 % ont été utilisés pour annualiser l'investissement. Un coût d'investissement par personne variant entre (\$120-240) a été pris en compte, basé sur des données de la Banque mondiale. Les données sur l'accès à l'eau potable et à l'assainissement proviennent : Tunisia: Multi Indicator Cluster Survey 2000, WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation Coverage Estimate 1980-2000.	
Capital naturel									
- Eaux usées domestiques et artisanales	Coût de traitement	11,000,000	m ³ /an	22,000,000	DT	22,000,000	0.09%	Investissement nécessaire pour améliorer les stations d'épuration et le traitement des eaux usées domestiques, <i>Bilan stratégique 2000</i> .	
- Eaux usées industrielles	Coût de traitement	32,000,000	m ³ /an	64,000,000	DT	64,000,000	0.26%	Investissement nécessaire pour améliorer le traitement des eaux usées industrielles, <i>Bilan stratégique 2000</i> .	
AIR	Méthode	Nombre	Unité	Prix	Unité	DT/ an	% PIB	Explication/ Référence	
Santé/Qualité de vie									
- Réduction de la pollution intérieure	Substitution de l'énergie traditionnelle	181,968	t-equiv. pétrole	30	\$/baril	50,670,892	0.20%	En 1999, la consommation énergétique dans l'industrie, les ménages et le secteur tertiaire s'élevait à près de 7.5 millions de t-equiv. pétrole en Tunisie, <i>WDI, World Bank, 2001</i> . On estime que près de 12 % de cette consommation provient de l'énergie traditionnelle (soit 0.9 million de t-equiv. pétrole). Substituer 20 % de la consommation d'énergie traditionnelle (soit 182.000 t-equiv. pétrole) au prix de \$30/baril nécessiterait un investissement de près de 42 millions de dollars.	
- Promouvoir l'essence sans plomb	Coût d'investissement			24,400,000	USD sur 10 ans	4,710,386	0.02%	L'utilisation de l'essence sans plomb en Tunisie demeure relativement faible (près de 5 % du marché en 1998). Pour promouvoir l'utilisation de l'essence sans plomb (à près de 50 % du marché) il faudrait considérer i) le coût de la mise à disposition de l'essence sans plomb dans les stations d'essence (610 stations d'essence par \$22,500/stations) et ii) le coût additionnel nécessaire pour stocker du MTBE importé (estimé à \$10 millions) (<i>Pre-feasibility Study into Lead Phase-Down in Tunisia Gasoline, ERM for the World Bank, 1998</i>).	
- Promotion du GNC	Coût d'investissement			15,500,000	DT sur 10 ans	2,522,554	0.01%	Le programme de GNC (gaz naturel comprimé) dans le transport public routier est un projet pilote qui sera réalisé suivant trois étapes sur la période 2002-2006 pour un investissement total de 15.5 millions de DT. <i>OTEDD, 2002</i> . L'investissement est annualisé en utilisant un taux d'escompte de 10% sur la durée de vie de l'investissement (estimée à 10 ans).	
- Réduction de la quantité de sulfure dans le diesel	Coût supplémentaire pour importer du diesel à faible teneur en sulfure	691,000	tonnes/an	5	\$/tonne	4,098,321	0.02%	La consommation de diesel dans le secteur du transport est estimée à 691,000 tonnes/an en 1995. Le coût additionnel nécessaire pour importer du diesel à faible teneur en sulfure (0.05 au lieu de 0.5) est estimé à \$5/tonnes (sur le Marché méditerranéen) (<i>Tunisia Transport Sector Investment Project, Diesel Related Particulate Pollution, MVA for the World Bank, 1998</i>).	
- Promotion de l'énergie éolienne	Coût d'investissement			135,000,000	DT sur 15 ans	17,748,960	0.07%	Le programme d'énergie éolienne consiste à installer 100 MW sur la période 2002-2006, pour un investissement total de près de 135 millions de DT, <i>OTEDD, 2002</i> . L'investissement est annualisé en utilisant un taux d'escompte de 10 % sur la durée de vie de l'investissement (estimée à 15 ans).	
- Réduction de la pollution industrielle	Coût d'investissement			38,500,000	DT sur 10 ans	6,265,698	0.03%	Les investissements nécessaires pour la réduction de la pollution atmosphérique au niveau des principaux pôles d'émission (tels qu'étudiés par le MEAT en 1994/95), sont estimés à 38.5 millions de DT pour cinq ans (<i>10^e Plan de développement</i>). L'investissement est annualisé en utilisant un taux d'escompte de 10 %.	

SOLS, FORETS, BIODIVERSITÉ		Nombre	Unité	Prix	Unité	DT/ an	% PIB	Explication/ Référence	
Capital naturel									
Dégradation des sols									
-Lutte contre la salinisation des terres	Coût d'investissement			22,000,000	DT sur 20 ans	2,584,112	0.01%	Investissement nécessaire pour lutter contre la salinisation des terres, <i>PAN, 1998</i> . L'investissement est annualisé en utilisant un taux d'escompte de 10 %.	
-Lutte contre l'érosion des sols	Coût d'investissement			201,170,000	DT sur 20 ans	23,629,353	0.09%	L'investissement nécessaire pour lutter contre l'érosion des sols a été estimé à travers le Plan d'action national à près de DT 201 millions sur 20 ans, <i>PAN, 1998</i> . L'investissement est annualisé en utilisant un taux d'escompte de 10 %.	
Forêts									
-Régénération des forêts, reboisement	Coût d'investissement	9,000	ha/an	1,000	DT/ha	9,000,000	0.04%	Les coûts de reboisement sont estimés à environ 1,000 DT/ha, <i>REF</i> . NB : la superficie reboisée chaque année en Tunisie est supérieure à la superficie de forêts perdue.	
Biodiversité	Coût annuel du plan de protection			5,846,667	DT/an	5,846,667	0.02%	Le plan d'action gestion durable de la biodiversité correspond à des investissements concernant la conservation génétique, la conservation des écosystèmes et leur gestion adéquate, l'intégration sectorielle, le cadre institutionnel et la formation touchant à la diversité biologique, <i>Plan d'action de la diversité biologique, 1998</i>	
DÉCHETS		Méthode	Nombre	Unité	Prix	Unité	DT/ an	% PIB	Explication/ Référence
Santé/ Qualité de la vie									
Déchet municipaux									
- Améliorer la collecte des déchets								n.d.	
- Réhabilitation des décharges sauvages	Coût d'investissement			240,000,000	DT sur 10 ans	39,058,895	0.16%	L'ensemble du programme pour l'élimination des dépotoirs, la réalisation de décharges contrôlées et l'installation de centres de tri est estimé à près de DT 240 millions, <i>ANPE, 2001</i> . Cet investissement a été annualisé en utilisant un taux d'escompte de 10 %.	
Déchets dangereux	Coût de traitement	259,000	t/an	150	\$/tonne	46,083,871	0.19%	Coût de traitement des déchets dangereux (industriels et hospitaliers), <i>ANPE, 2001</i> .	
LITTORAL		Nombre	Unité	Prix	Unité	DT/ an	% PIB	Explication/ Référence	
Capital naturel									
- Protection du littoral	Coût d'investissement			70,000,000	DT sur 10 ans	11,392,178	0.05%	Un Programme national pour la protection du littoral contre l'érosion marine a récemment été élaboré en Tunisie par le biais de l'Agence d'aménagement et de protection du littoral. Une centaine de km environ (sur 1.300 km de côtes) nécessitent une intervention prioritaire estimée à 70 millions de DT sur 10 ans.	
- Conservation du patrimoine	Coût d'investissement			39,000,000	DT sur 10 ans	6,347,070	0.03%	En référence au <i>Programme national tunisien de promotion du tourisme culturel et écologique</i> s'étalant sur une période de cinq ans et incluant les actions prioritaires dans le domaine de la sauvegarde du patrimoine et les investissements les accompagnant, 39 millions de DT sont prévus, <i>ONTT</i> . Cet investissement est annualisé en utilisant un taux d'escompte de 10 %.	
ENVIRONNEMENT GLOBAL		Nombre	Unité	Prix	Unité	DT/ an	% PIB	Explication/ Référence	
Environnement global									
- Biodiversité Global								n.d.	
- Programme de réduction CO2	Coût de réduction							n.d.	
								Les coûts courants de réduction du CO2 ne sont pas disponibles. Ils 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.	

Appendice B — Estimations détaillées des coûts des dommages

DALY - Eau potable & Assainissement (1999)			
Mortalité	Quantité	Unité	Source
Population	9.46	million	
Taux de natalité	19	moyenne 1995-99	
Population enfants (< 5 ans d'âge)	0.90	million	
Taux de mortalité chez les enfants (< 5ans d'ages)	30	pour 1000	Banque mondiale, 2001
Décès annuels chez les enfants (< 5 ans) (toutes causes)	5,392		
Décès dus aux maladies diarrhéiques chez les enfants (<5 ans)	10%	du taux de mortalité	UNICEF, 2000
Taux de mortalité due aux maladies diarrhéiques chez les enfants (< 5 ans)	2.90	pour 1000	
Décès annuels dus aux maladies diarrhéiques chez les enfants (<5 ans)	521		
		année de vie corrigée du facteur invalidité (approx.)	
DALY par décès d'enfant (<5 ans)	35		
DALY décès dus aux maladies diarrhéiques chez les enfants (0-4 ans)	18,231	par an	
Morbidité			
Population juvénile (0-14 ans d'âge)	2.9	million	
Épisodes diarrhéiques par enfant par an	2.8		2000
Nombre total d'épisode par an	8.06	million	
Durée moyenne par épisode	96	heures	
Durée totale par an (heures)	774	million hrs	
Durée totale par an (années)	88,369	années	
DALY par an d'épisode diarrhéique	0.2		
DALY morbidité juvénile due aux maladies diarrhéiques	17,674	par an	
TOTAL DALY (mortalité et morbidité)	35,905	par an	
Coût de traitement: cas de diarrhée non sévère			
Nombre total de cas de diarrhée par an (< 5 ans)	2.52	million	
Pourcentage des cas traités par TRO (Thérapie de Réhydratation Oral)	94.8%	percent	UNICEF, 2000
Nombre de cas traités par TRO	2.4	million	
Coût du traitement	2	DT/cas	
Coût total pour traiter les cas de diarrhée non sévère chez les enfants (< 5ans d'ages)	4.78	million DT	
Coût de traitement: cas de diarrhée aiguë			
Pourcentage des enfants de moins de 5 ans atteint de diarrhée aiguë	5.75%	percent	UNICEF, 2000
Cas de diarrhée aiguë par enfant par an <i>borne inférieure</i> **	1	cas/enfant/an	
Cas de diarrhée aiguë par enfant par an <i>borne supérieure</i> **	1.5	cas/enfant/an	
Nombre total des cas de diarrhée aiguë <i>borne inférieure</i>	0.9	million de cas	
Nombre total des cas de diarrhée aiguë <i>borne supérieure</i>	1.3	million de cas	
Coût du traitement (DT 16 visite médecin et DT 15.5 médicaments)*	31.5	DT	
Coût total pour traiter les cas de diarrhée aiguë chez les enfants < 5ans <i>borne inf.</i>	28.31	million DT	
Coût total pour traiter les cas de diarrhée aiguë chez les enfants < 5ans <i>borne sup.</i>	38.16	million DT	
Coût du temps passé à s'occuper des enfants malades de diarrhée aiguë			
Nombre total de cas de diarrhée aiguë <i>borne inférieure</i>	0.9	million de cas	
Nombre total de cas de diarrhée aiguë <i>borne supérieure</i>	1.3	million de cas	
Valeur d'une journée de travail perdu (low skilled wage)*	11.5	DT/jour	
Coût total du temps passé à s'occuper des enfants malades <i>borne inférieure</i>	10.3	million DT	
Coût total du temps passé à s'occuper des enfants malades <i>borne supérieure</i>	13.93	million DT	

* Les coûts de traitement des cas de diarrhée aiguë et la valeur d'une journée de travail perdue sont basés sur des données obtenues au Maroc et au Liban et ajustées à la différence de PIB tunisien

** L'estimation du nombre de diarrhée aiguë repose sur le pourcentage des enfants de moins de 5 ans atteint de diarrhée aiguë, soit 5.75% selon l'UNICEF, 2000. Si les diarrhées aiguës durent en moyenne 7 jours, le nombre de cas par enfant et par mois serait de 1. Si les diarrhées aiguës durent en moyenne 10 jours, le nombre de cas par enfant et par mois serait de 1.5.

DALY- Pollution extérieure de l'air (1999)								
Paramètres clés	Tunisie	Grand Tunis	Sfax					
Population (millions)	9.46	1.6	0.8					
Population adulte > 15 ans (millions)	6.58	1.1	0.6					
Population juvénile < 15 ans (millions)	2.88	0.5	0.2					
Taux de mortalité brut (pour 1000)	5.6	5.6	5.6					
Moyenne annuelle PM10*		65	65					
Population exposée (millions) 80 % pop. totale		1.28	0.64					
Pop. adulte exposée (millions)		0.9	0.4					
Pop. juvénile exposée (millions)		0.4	0.2					
	Unités	Impacts pour 1	DALY pour	Cas Tunis	DALY Tunis & Sfax	Cas Sfax	DALY Sfax	DALY Tunisi: Sfax
	% changement taux de mortalité brut	ug/m ³	10,000cas					
Mortalité prématurée		0.084	100,000	391	3,914	196	1,957	5,871
Morbidité								
Bronchite chronique	pour 100,000 adultes	3.06	12,037	1,771	2,132	885	1,066	3,197
Admissions hospitalières	pour 100,000 individus	1.2	264	998	26	499	13	40
Consultations aux urgences	pour 100,000 individus	23.54	3	19,585	6	9,793	3	9
Journées d'activités restreinte	pour 100,000 adultes	5,750	3	3,327,627	998	1,663,814	499	1,497
Maladie du système respiratoire inférieur chez les enfants	pour 100,000 enfants	169	3	42,805	13	21,402	6	19
Symptômes respiratoires	pour 100,000 adultes	18,300	3	10,590,535	3,177	5,295,267	1,589	4,766
TOTAL DALY (morbidité)								9,528
		Bronchite chronique	Admissions hospitalières	Consultations aux urgences	Journées d'activités restreinte	Total		
Coût du traitement**								
Cas annuels (tel que calculé ci dessus)		2,656	1,498	29,378	4,991,441	5,024,972		
Hospitalisation	DT 250/ jour	0.8	0.7					
Visite de médecins	DT 25 par visite	2.4						
Consultations aux urgences	DT 65 par visite	0.4		1.9				
Journées de travail perdues	DT 30 par jour	1.2	0.1	0.4	15.0			
Coût total (million DT par an)		4.8	0.8	2.4	15.0	23.0		
Coût moyen		1,816	560	80	3	4.6		

Source des estimations DALY : Ratios dose-efficacité (impacts par ug/m³) proviennent d'études internationales.

* La moyenne de PM10 a Tunis provient des moyennes (mensuel sur 9 mois) relevé par la CITET. Références: Projet Sectoriel des Transports Tunisiens, Rapport préparé par MVA Consultants pour le compte de la Banque Mondiale, 1998.

** Les coûts de traitement des maladies sont basés sur des moyennes obtenues au Liban et au Maroc et ajustés au PIB Tunisie

Bronchite chronique: L'estimation est basée sur une moyenne de 6 jours d'hospitalisation par an pour 2.5% des malades; une visite médicale mensuelle pour 25% des patients et deux visites par an pour 65% des patients, des consultations d'urgence une fois par an pour 30% des patients, et 5 jours de travail perdu par an chez 35% des patients. Les coûts sont annualisés à un taux d'escompte de 10% sur une période de 15 ans pour tenir compte de la nature chronique des bronchites. Les données sont basées sur des études faites aux États Unis et en Europe (Schulman, Ronca et Bucuvalas, Inc. 2001 et Niederman et al. 1999)

Admissions hospitalières: L'estimation est basée sur 2 journées d'hospitalisation et 2 journées de travail perdu.

Consultations aux urgences: L'estimation est basée sur les frais de consultations et 1/2 journée de travail perdu. Journées d'activités restreintes: estimation basée sur 1 journée de travail perdue pour 10 journées d'activités restreintes.

DALYs Pollution intérieure de l'air (1999)						
Paramètres clés						
	Tunisie					
Population (million)	9,5					
Taux de mortalité infantile (pour 1000 naissance vivantes)	30					
Population rurale (%)	35,2%					
Population exposée (% pop totale)	10%					
Utilisation de l'énergie commerciale par habitant (koe)	812					
Utilisation de la Biomasse (% de l'énergie totale)*	12,0%					
Utilisation de la biomasse par habitant (koe)	111					
Estimation "Borne Inférieure"						
	NBD morts	Pop exposée	Odds ratio		Décès	
		PP	OR	PAR	Pollution Intérieure	DALYs
Infections respiratoires aiguës (enfant < 5 ans)	800	10%	2	0.091	73	2,545
Maladies pulmonaires obstructives chroniques (femmes adultes > 15 ans)	750	10%	2	0.091	68	1,364
Maladies de cœur (femmes adultes >15 ans)	6,200	10%	1.1	0.010	61	614
						4,523
Estimation "Borne Supérieure"						
	NBD morts	Pop exposée	Odds ratio		Décès	
		PP	OR	PAR	Pollution Intérieure	DALYs
Infections respiratoires aiguës (enfant < 5 ans)	800	10%	3	0.167	133	4,667
Maladies pulmonaires obstructives chroniques (femmes adultes > 15 ans)	750	10%	4	0.231	173	3,462
Maladies de cœur (femmes adultes >15 ans)	6,200	10%	1.4	0.038	238	2,385
						10,513
DATA:						
Pour les maladies pulmonaires et de cœur: le National Burden of Disease (NBD) pour la Tunisie est estimé à travers 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 à la Tunisie.						
Pour les infections respiratoires aiguës: le NBD est basée sur un taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans égale à 14%, d'après le UNICEF, 2000						
* L'utilisation de la biomasse en pourcentage de la consommation totale d'énergie provient de la Banque mondiale, 2001. Cette donnée a été ajustée pour refléter le fait qu'une part des ménages ruraux utilisent des fours à base de biomasse à l'extérieur des foyers.						
Les Odds Ratios (OR) proviennent de l'étude de Smith (2000) et reflètent une révision de plusieurs études internationales.						
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.						

Impact des décharges sauvages sur le prix du foncier

	Grombalia ¹	Korba ¹	Beni Khalled ¹	Autre decharges ²
Décharges en milieu agricole				
Surface de la décharge (ha)	5	8	10	48
Surface de la décharge (m ²)	50,000	80,000	100,000	
Rayon de la décharge (m)	126	160	178	
Surface totale de la première auréole de 30 mètre de rayon (m2)	26,600	32,898	36,447	
Surface totale de la première auréole de 30 mètre de rayon (ha)	2.7	3.3	3.6	20.0
Surface totale de la seconde auréole de 100 mètre de rayon (m2)	84,047	98,742	107,024	
Surface totale de la seconde auréole de 100 mètre de rayon (ha)	8.4	9.9	10.7	60.5
Valeur des terrains non touchés par la dévaluation (DT/ha)	7,500	11,000	10,000	9,500
Valeur annuelle (10%) des terrains non touchés par la dévaluation (DT/ha)	750	1,100	1,000	950
Perte annuelle de valeur foncière sur la première auréole (DT/an) 15% dévaluation	299	543	547	2,853
Perte annuelle de valeur foncière sur la deuxième auréole (DT/an) 10% dévaluation	630	1,086	1,070	5,746
Perte annuelle de valeur foncière (DT/an)			4,176	8,599
Décharge en milieu périurbain	Soliman¹	Autres decharges³		
Surface de la décharge (ha)	5	138		
Surface affectée par la décharge (ha)	19	524		
Surface affectée par la décharge (m2)	190,000	5,244,000		
Valeur moyenne des terrains avoisinants non affectés par la décharge (DT/m2)	70	70		
Valeur moyenne annuelle des terrains avoisinants non affectés par la décharge (DT/m2)	7	7		
Perte annuelle de valeur foncière a 30% de dévaluation (DT/an)	399,000	11,012,400		
Décharge en milieu urbain	Henchir El Yahoudia (Tunis)¹	Décharge de Sfax⁴	Décharge de Kairoun⁴	
Surface de la décharge (ha)	100	11	7	
Surface touchée par la décharge (ha)	40	4.4	2.8	
Surface touchée par la décharge (m2)	400,000	44,000	28,000	
Valeur moyenne des terrains avoisinants non affectés par la décharge (DT/m2)	170	170	170	
Valeur moyenne annuelle des terrains avoisinants non affectés par la décharge (DT/m2)	17	17	17	
Perte annuelle de valeur foncière à 35% de dévaluation (DT/an)	2,380,000	261,800	166,600	
Perte annuelle de valeur foncière des décharges (DT/an)		14,232,575		

1. Ces 5 décharges ont fait l'objet d'une enquête par la COMETE (2003). L'objectif de l'enquête était d'estimer l'impact des décharges sauvages sur la valeur foncière des terrains avoisinants

2. Les autres décharges agricoles sont: celle de Nabeul (8ha), Hammamet (9ha), Zaghouan (4ha), Tabarka (2ha), Hamam Sousse (1ha), Kairouan (13ha), Kasserine (6ha) et Sidi Bouzid (5ha) (Source ANPE, 1995). L'impact de ces décharges a été estimé par analogie aux décharges de Grombalia, Korba et Beni Khalled.

3. Les autres décharges périurbaines sont: celle de Bizerte (13 ha), Grand Sfax (5ha), Sousse (7ha), Monastir (5ha), Mahdia (8ha), Kairouan (5ha), Kasserine (8ha), Gabès (3ha) Houmt Souk Djerba (31ha), Midoun Djerba (9ha), Ajim Djerba (10ha), Tozeur (22ha) et Kebili (12ha) (Source ANPE, 1995). L'impact de ces décharges a été estimé par analogie à la décharge de Soliman.

4. L'impact des décharges urbaines de Sfax et de Kairoun a été estimé par analogie à l'ancienne décharge de Henchir El Yahoudia à Tunis.

Disposition à Payer pour améliorer le littoral Tunisien		
DAP relative à la qualité de l'eau	Touristes Enquêtes	Total touristes
Nombre de personnes interviewées	247	5,000,000
Pourcentage des personnes étant disposés à payer pour améliorer la qualité de l'eau	5%	5%
Nombre de personnes étant disposés à payer pour améliorer la qualité de l'eau	13	265,000
Disposition à payer moyenne (soit 5% des coûts du séjour de 400 Euro) (Euro/séjour)	20	20
Disposition à payer moyenne (DT/séjour)	26	26
DAP totale pour améliorer la qualité de l'eau	340	6,890,000
DAP relative à la propreté des plages	Touristes Enquêtes	Total touristes
Nombre de personnes interviewées	247	5,000,000
Pourcentage des personnes étant disposés à payer pour améliorer la qualité de l'eau	17%	17%
Nombre de personnes avec un DAP pour améliorer la qualité de l'eau	42	850,202
Disposition à payer moyenne (soit 4.6% des coûts du séjour de 400 Euro) (Euro/séjour)	18	18
Disposition à payer moyenne (DT/séjour)	23	23
DAP totale pour améliorer la propreté des plages	983	19,894,737
DAP relative à l'encombrement de la côte	Touristes Enquêtes	Total touristes
Nombre de personnes interviewées	247	5,000,000
Pourcentage des personnes étant disposés à payer pour améliorer la qualité de l'eau	12%	12%
Nombre de personnes étant disposés à payer pour améliorer la qualité de l'eau	29	587,045
Disposition à payer moyenne (soit 6% des coûts du séjour de 400 Euro) (Euro/séjour)	24	24
Disposition à payer moyenne (DT/séjour)	31	31
DAP totale pour diminuer l'encombrement de la côte	905	18,315,789
DAP totale pour la protection du littoral		45,100,526

Source: COMETE, 2003

Notes

1. En 1999 le PIB Tunisien était estimé à près de 25 milliards de Dinars.
2. Welfare loss.
3. 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.
4. DALY = Disability adjusted life years soit Année de vie corrigée du facteur invalidité.
5. Référence: *World Development Indicators*, Banque mondiale, 2001 et Banque Centrale de Tunisie.
6. Une explication plus détaillée de l'estimation des DALY est présentée à l'Appendice B.
7. Une explication plus détaillée de l'évaluation monétaire des DALY est présentée dans le chapitre 2.
8. Référence : Tunisia, National Report to the UN Conference on Environment and Development, 1992.
9. FAO: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
10. TEP : Tonne Equivalent Pétrole.
11. Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire de la République Tunisienne, Tunis, 1998.
12. Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire de la République tunisienne, Tunis, 1998.

Bibliographie

- ANPE, Agence nationale pour la protection de l'environnement. Diverses données sur le programme de déchets communiquées sur place en Tunisie, 2001
- Balvanera, P. G.C. Daily, P.R. Ehrlich, T.H. Ricketts, S.-A. Balley, S. Kark, C. Kremen, et H. Pereira, *Conserving Biodiversity and Ecosystem Services*. *Science*, 291, 16 mars 2001.
- Banque mondiale, Investir dans la santé – Rapport sur le développement dans le monde 1993.
- Banque mondiale, *Middle East and North Africa Environment Strategy*, Février 1995.
- Banque mondiale, *Republic of Tunisia Natural Resources Priorities*, 1997
- Banque mondiale, *Pollution Prevention and Abatement Handbook, Toward Cleaner Production*, 1998.
- Banque mondiale, Le développement au seuil du seuil du XXI^e siècle – Rapport sur le développement dans le monde 1999-2000. Oxford University Press, 2000.
- Banque mondiale, *World Development Indicators*, 2001.
- Banque mondiale, Arab Republic of Egypt, Cost Assessment of Environmental Degradation, Sector Note No. 25175, 2002
- Barde, J.-Ph. et D.W. Pearce, *Valuing the Environment – Six Case Studies*. Earthscan, Londres, 1995.
- Belhaj, M., *The WTP to reduce air pollution in Rabat-Salé: A contingent valuation experiment*. Dpt of Economics, University of Göteborg, non daté.
- Bilan stratégique pour l'an 2000 – Rapport national. Commission méditerranéenne du développement durable, Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire de la République tunisienne, Prisme, Tunis, mai 2000.
- Bruner, A.G., R.E. Gullison, R.E. Rice, G.A.B. da Fonseca, *Effectiveness of Parks in Protecting Tropical Biodiversity*. *Science*, 291, 5 janvier 2001, 125-8.
- COMETE, *Analyse des données de l'enquête sur le littoral Tunisien, Evaluation de l'impact des décharges sur le prix du foncier*, 2 enquêtes menées dans le cadre de la présente étude, non publiée, 2003
- 10^{ème} Plan de Développement de la République tunisienne (version préliminaire), période 2002-2006), Tunis.
- 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.

- ERM, *Pre-feasibility Study into Lead Phase-Down in Tunisia Gasoline*, Rapport final préparé par ERM Nederland pour compte de la Banque mondiale, 1998.
- Georgiu, S., D. Whittington, D. Pearce et D. Moran, *Economic Values and the Environment in the Developing World*, Edward Elgar pour le FNUE, 1997.
- Hanley, N. et C.L. Spash, *Cost-Benefit Analysis and the Environment*, Edward Elgar, Reproduit 1994.
- Huybers, T. and Bernnett, *Impact of the Environment on Holiday Destination Choices for Tropical North Queensland*. Tourism Economics, 6(1) 21-46, 2000.
- INS – Institut National de la Statistique, *Annuaire statistique de la Tunisie*, Tunis, 1999.
- Institut Allemand de Développement (IAD), *Bases d'une stratégie de développement harmonisée avec le Maghreb en matière de coopération à l'environnement*, 1993.
- Institut de développement économique de la Banque Mondiale, *Evaluer les dommages à l'environnement – Un guide pratique*, OCDE, Paris, 1995 et 1996.
- Lvovsky, K., G. Hughes, D. Maddison, B. Ostro et D. Pearce, *Environmental Costs of fossil Fuels*. Documents du Département de l'Environnement, Banque mondiale, Oct. 2000.
- 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)*, janvier 2002.
- Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire de la République tunisienne. *Strategic Review for the Year 2000*. Mediterranean Commission for Sustainable Development, Tunis, 2000.
- Mtimet, A, *Atlas des sols tunisiens*. Ministère de l'Agriculture de la République tunisienne, Tunis, 1999.
- MVA, *Tunisia transport Sector Investment Project, Diesel Related Particulate Pollution*, préparé par MVA pour la Banque mondiale, 1998.
- OCDE, *L'évaluation monétaire des avantages des politiques de l'environnement*, Paris, 1989.
- OCDE, *Evaluer les dommages à l'environnement*, Paris, 1996.
- OCDE, *Evaluer les instruments économiques de protection de l'environnement*, OCDE, Paris, OCDE, *The Price of Water*, OECD, Paris, 1999.
- OCDE, *Rural Amenities*, Procès-verbal de l'atelier conjoint OCDE-\$EUA 2000, Paris, 2001.
- OMS/EHG/96.5, *A Methodology for estimating Air Pollution-Health Effects*.
- OMS/UNICEF *Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation Coverage Estimate 1980-2000*, 2001.
- ONAS, Office national tunisien de l'assainissement, divers rapports annuels.

- ONTT, Office national tunisien du tourisme, rapports annuels.
- 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.
- OTEDD, Observatoire tunisien de l'environnement et du développement durable, *données courantes sur l'environnement*, 2002.
- PAN, Programme d'action national de lutte contre la désertification, Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire de la République tunisienne, Tunis, avril 1998.
- Pierce, D.W. et R. K. Turner, *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead, Herst, 1990.
- Pillet, G., *L'Efficace, le Juste et l'Écologique*, Helbing & Lichtenhahn, Munich, Bâle, Genève, 2001.
- Pillet, G., *Economie écologique*, Georg, Genève, 1993 ; *Economia Ecológica – Introdução à Economia do Ambiente e Recursos Naturais*, Instituto Piaget, Lisbonne, 1997.
- Plan d'action de la diversité biologique, Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire de la République tunisienne, avril 1998.
- Programme global d'économie d'énergie, période du 10^{ème} Plan de Développement de la République tunisienne (2002-2006).
- REE, Rapport National sur l'Etat de l'Environnement 1999. Agence Nationale de Protection de l'Environnement et Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire de la République Tunisienne, Tunis, Janvier 2000.
- REF, Régie d'Exploitation Forestière, Stratégie nationale de développement forestier, Ministère de l'Agriculture de la République tunisienne, Tunis, diverses années.
- Schéma directeur d'aménagement du territoire national. Etude stratégique. Bilan-Diagnostic, rapport de première phase, Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire de la République tunisienne, Tunis, 1996.
- SONEDE, Rapports annuels, Tunis.
- 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 no 81, Banque mondiale, 2001
- Tunisia National Report to the United Nations Conference on Environment and Development, ANPE, 1992.
- World Tourism Organization, *Yearbook and Compendium of Tourism Statistics*, Madrid Spain, 2001.

