

LE COÛT DE LA DÉGRADATION DE L'ENVIRONNEMENT AU MAROC

Lelia Croitoru and Maria Sarraf (Editors)



JANVIER 2017

TASK TEAM LEADER : MARIA SARRAF

World Bank Group Report Number 105633-MA

ROYAUME DU MAROC



Ministère délégué
auprès du Ministère de l'Énergie,
des Mines, de l'Eau et de l'Environnement,
chargé de l'Environnement



GRUPE DE LA BANQUE MONDIALE

LE COÛT DE LA DÉGRADATION DE L'ENVIRONNEMENT AU MAROC

Lelia Croitoru and Maria Sarraf (Editors)
Janvier 2017

ROYAUME DU MAROC



Ministère délégué
auprès du Ministère de l'Énergie,
des Mines, de l'Eau et de l'Environnement,
chargé de l'Environnement



GROUPE DE LA BANQUE MONDIALE

© 2017 World Bank Group

1818 H Street NW
Washington, DC 20433
Telephone: 202-473-1000
Internet: www.worldbank.org
Email: feedback@worldbank.org

All rights reserved

This volume is a product of the staff of the World Bank Group. The findings, interpretations, and conclusions expressed in this volume do not necessarily reflect the views of the Executive Directors of World Bank Group or the governments they represent.

The World Bank Group does not guarantee the accuracy of the data included in this work. The boundaries, colors, denominations, and other information shown on any map in this work do not imply any judgment on the part of World Bank Group concerning the legal status of any territory or the endorsement or acceptance of such boundaries.

Rights and Permissions

The material in this publication is copyrighted. Copying and/or transmitting portions or all of this work without permission may be a violation of applicable law. World Bank Group encourages dissemination of its work and will normally grant permission to reproduce portions of the work promptly.

For permission to photocopy or reprint any part of this work, please send a request with complete information to the Copyright Clearance Center, Inc., 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, USA, telephone: 978-750-8400, fax: 978-750-4470, <http://www.copyright.com/>.

All other queries on rights and licenses, including subsidiary rights, should be addressed to the Office of the Publisher, World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA, fax: 202-522-2422, e-mail: pubrights@worldbank.org.

Photos courtesy of Arne Hoel, Flore Martinant de Preneuf and Maria Sarraf.

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre 1. Introduction	1
Chapitre 2. Cadre méthodologique	5
2.1. Objectif et contexte	5
2.2. Méthodes d'évaluation	6
2.3. Limitations de l'étude	9
Chapitre 3. Eau	13
3.1. Introduction	13
3.2. Les ressources en eau	14
3.3. Les principales problématiques	16
3.4. Approche et méthodes d'évaluation	19
3.5. Impacts sur l'économie et l'environnement	20
3.6. Santé	23
3.7. Conclusions	32
Chapitre 4. Air	37
4.1. Introduction	37
4.2. La pollution de l'air extérieur	40
4.3. La pollution de l'air intérieur	45
4.4. Conclusions	47
Chapitre 5. Sols	49
5.1. La dégradation des sols : Concept et approche d'évaluation	49
5.2. Terres agricoles	50
5.3. Terres de parcours	57
5.4. Conclusions	62
Chapitre 6. Forêts	65
6.1. Vue d'ensemble	65
6.2. Les pressions sur les forêts	66
6.3. Approche et limitations	67
6.4. Coût de défrichement	68
6.5. Coût des incendies	71
6.6. Conclusions	72
Chapitre 7. Déchets	75
7.1. Les déchets ménagers assimilés	75
7.2. Les déchets industriels dangereux	88
7.3. Récapitulatif du coût	97
Chapitre 8. Littoral	101
8.1. Contexte général du littoral	101
8.2. Estimation du coût de la surpêche	107
8.3. Estimation du consentement à payer pour une meilleure qualité des plages	108
8.4. Conclusion	115
Chapitre 9. Changement Climatique	117
9.1. Emissions de gaz à effet de serre	117
9.2. L'évaluation du coût global des émissions CO ₂	119
Annexe 8.1 (Relative au Chapitre 8)	121
Annexe 8.2 (Relative au Chapitre 8)	123

REMERCIEMENTS

Ce rapport a été préparé par une équipe composée de Mme Maria Sarraf (Chef de projet) au Département de l'Environnement de la Région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord à la Banque mondiale, Mme Lelia Croitoru (Consultante principale en économie de l'environnement), M. Abdeljaouad Jorio (Consultant en économie de l'environnement), M. Abdellatif Khattabi (Professeur à l'École Nationale Forestière d'Ingénieurs de Rabat), M. Saad Belghazi (Economiste-consultant) et Mme Elena Strukova (Consultante spécialisée en pollution atmosphérique).

L'équipe tiens à remercier Madame Hakima El Haité (Ministre déléguée chargée de l'environnement), Monsieur Abdelouahed Fikrat (Secrétaire Général du Ministère déléguée chargée de l'Environnement), Mme Rajae Chafil (Directeur de l'Observation, des Etudes et de la Planification), M. Mohammed Maktit (Chef de la Division des Études et de la Planification) et M. Slimane Maliki (Chef de Service de la Prospective) au Ministère chargé de l'Environnement pour leur excellente collaboration tout au long de la préparation de l'étude.

L'équipe aimerait aussi remercier pour leur contribution technique Mme Jaouher Tourya (Chef de division de la qualité de l'eau et lutte contre la pollution), M. El Hasnaoui My Driss (Chef de la division des ressources en eau), Mme Zougar Halima (Chef du service de la qualité de l'eau), Mme Houda Bilgha (Chef du service de lutte contre la pollution) et Mme Zbayr Asma (Cadre ingénieur) au Ministère délégué chargé de l'Eau ; M. Rachid Wahabi (Chef de la division de l'hygiène du milieu), M. Mohamed Khalaf (Chef du service de la salubrité de l'environnement), M. Benbakhtu Bouchaib (Direction de l'épidémiologie et de lutte contre les maladies) au Ministère de la Santé; Mr Fouad Zyadi (Directeur du Contrôle, de l'Évaluation Environnementale et des Affaires Juridiques), M. Abdelilah Farah (Chef de la division des programmes), Mme Loubna El Abed (Responsable des filières) et M. Mohamed Amounas (Chef de service déchets et sol) Mme Salima Karrachou (Service de la santé et de l'environnement) ; M. Samir Yousri (Service des déchets solides) au Ministère délégué chargé de l'Environnement; M. Fayçal Benchekroun (Directeur de la

programmation, des systèmes d'information et de la communication), Monsieur Mohamed Endichi (Directeur de la Lutte Contre la Désertification et de la Protection de la Nature), M. Imad Lebbar (Chef de la Division des Etudes de la Programmation et de la Coopération), et Mme Kenza Aouini (Direction de la Lutte Contre la Désertification et de la Protection de la Nature) au Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre la Désertification; Mme Nada Roudies (Secrétaire générale) du Ministère du Tourisme; M. El Ktiri (Directeur des pêches), M. Belghiti Mhamed (Directeur adjoint), Mme Horri Fatima (Ingénieure), M. Badiss Mahmoud (Ingénieure), Mme Mahfoud Hamida (Ingénieure), M. Elmoukkadem Abdelouahid (Ingénieur) et Mme Ihssane Mekkassi (Chef de Service au sein de la Direction de l'Irrigation et de l'Aménagement de l'Espace Agricole) au Ministère de l'Agriculture et des Pêches Maritimes ; Mme Latifa Nahnahi a la Direction de l'Aménagement du Territoire, Ministère de l'Urbanisme et de l'Aménagement du Territoire, Mme Sanae El Amrani (Chef de la division de la Planification et des financements) a la Direction des Ports et du Domaine Public Maritime, Ministère de l'Équipement, du Transport et de la Logistique ; Mme Rachida Soulaymani-Bencheikh (Directrice du Centre antipoison et de pharmacovigilance) ; ainsi que les collègues et chercheurs à l'Institut National de Recherches Halieutiques ; au Haut-Commissariat au Plan, et à la Direction de la Météorologie Nationale.

L'équipe de la Banque mondiale remercie la GIZ ainsi que la Commission Européenne et le Gouvernement Italien à travers le « Fond d'affectation spécial multi donateurs pour les changements climatiques dans la Région du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord » pour leur contribution financière.

Des observations utiles ont été fournies par M. Benoit Blarel (Responsable du pôle environnement à la Banque mondiale), M. Gunars Platais (collègue examinateur), M. Gianluca Mele (collègue examinateur), Mme Sebnem Sahin (collègue examinateur) et M. Daniel Camos (collègue examinateur). L'équipe aimerait également remercier Mesdames Ibtissam Alaoui, Soumia Driouch et Marie Françoise How Yew Kin pour leur support administratif.

ACRONYMES

APC	Association professionnelle de cimentiers
AVI	Années de vie vécues avec de l'incapacité
BU	Batteries usagées
CAP	Consentement à payer
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CDE	Coût de la dégradation environnementale
CE	Conductivité électrique
CENUE	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe
CESE	Conseil économique, social et de l'environnement
CH ₄	Méthane
CNEDS	Centre national d'élimination des déchets spéciaux
CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
COED	Cost of Environmental Degradation
DC	Décharge contrôlée
DH	Dirham marocain
DID	Déchets industriels dangereux
DMA	Déchets ménagers assimilés
DMN	Direction de la météorologie nationale
DNC	Décharge non contrôlée
DRPE	Direction de la recherche et de la planification de l'eau
ds/m	DeciSiemens par mètre
EDS	Enquête démographique et de santé
ENPSF	Enquête nationale sur la population et la santé familiale

FA	Fraction attribuable
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GDP	Gross Domestic Product
GES	Gaz à effet de serre
GHG	Greenhouse gas
GPM	Groupement pétrolier marocain
ha	hectare(s)
HCEFLCD	Haut-commissariat aux eaux et forêts et à la lutte contre la désertification
HCP	Haut-commissariat au Plan
HU	Huiles usagées
IMC	l'Indice de masse corporelle
INHZ	Inventaire national des zones humides
INRA	Institut national des recherches agronomiques
INRH	Institut national des recherches halieutiques
IRES	Institut royal des études stratégiques
kg/hab/j	Kilogramme par habitant par jour
ktep	Kilotonne(s) d'équivalent pétrole
kWh	Kilowatt heure
m ³	mètre(s) cube(s)
MdE	Ministère délégué auprès du Ministre de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Environnement
MdEau	Ministère délégué auprès du Ministre de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Eau
MEA	<i>Millenium Ecosystem assessment</i>
MEMEE	Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement

mg/l	milligramme par litre
µg/dl	Microgrammes par décilitre
MRS	Marocains résidents à l'étranger
MVDIH	Mécanisme Volontaire de Dépollution Industrielle Hydrique
NO ₂	Dioxyde d'azote
O ₃	Ozone
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONE	Observatoire national de l'environnement
ONEE	Office nationale de l'électricité et de l'eau potable
ONG	Organisation non gouvernementale
ONP	Office national des pêches
%	pourcent
PANLCD	Programme national de lutte contre la désertification
PIB	Produit intérieur brut
PM	Matières particulaires
PM _{2,5}	Particules en suspension dans l'air, d'un diamètre inférieur à 2,5 micromètres
PM ₁₀	Particules en suspension dans l'air, d'un diamètre inférieur à 10 micromètre
PNDM	Programme national des déchets ménagers assimilés
PNE	Plan national de l'eau
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
q/ha	Quintal (quintaux) par hectare

QI	Quotient intellectuel
REEM	Rapport sur l'état de l'environnement du Maroc
REP	Responsabilité élargie des producteurs
RM	Récupération de méthane
RML	Retard mental léger
RR	Risque relatif
SA	Service d'approvisionnement
SAU	Surface agricole utile
SEEE	Secrétariat d'État à l'eau et l'environnement
SNDD	Stratégie nationale de développement durable
SO ₂	Dioxyde de soufre
STEP	Station d'épuration des eaux usées
t Eq-CO ₂	Ton équivalent CO ₂
tep	Tonne d'équivalent pétrole
t/ha	Tonne(s) par hectare
t/m ³	tonne par mètre cube
UF	Unité fourragère
UF/ha	Unité fourragère par hectare
US\$, \$EU	Dollar américain
VA	Valeur actualisée
VET	Valeur économique totale
VIH	Virus de l'immunodéficience humaine
VSAV	Valeur statistique des années de vie
VSL	Value of Statistical Life
VSV	Valeur statistique de la vie
WTP	Willingness to Pay
YLD	Years of Life Lived with Disability

EXECUTIVE SUMMARY

Morocco has the most competitive economy in North Africa.¹ Like in many other countries, economic development puts pressure on environment, through air, water and land degradation. In 2000, the World Bank conducted a study to estimate for the first time the cost of environmental degradation (COED) in Morocco, and found that environmental degradation cost society about 3.7% of the GDP in 2000. Ever since, the country made **impressive efforts** to strengthen policies and strategies to protect its environment and natural resources. In 2015, the Government requested the World Bank to update the COED study.

This report provides an order of magnitude estimate of the COED in Morocco for 2014. Chapter 1 presents an overview of the environmental policies and strategies implemented in the country since the earlier COED. Chapter 2 provides the methodology and some key underlying assumptions used to estimate the COED. Chapters 3 to 9 estimate the degradation costs related to major environmental categories: water, air, land, forests, waste, coastal zone and climate change.

1. OBJECTIVE AND SCOPE

The objective is to estimate the COED at the national level in Morocco. Specifically, the study values in monetary terms the impacts of degradation that occurred during the year 2014, chosen as the year of reference.

It should be noted that certain activities cause *short-term* impacts: for example, air pollution causes health problems that can last from a few weeks to several months (bronchitis, respiratory symptoms). Other activities have *long-term* impacts: deforestation causes ecosystem losses that may take years to recover. This study estimates the value of both *short-term* and *long-term* impacts caused the activities occurring during the reference year. Thus, it measures the Present Value of current and future costs imposed by degradation in 2014. The study uses a 6% discount rate² and a time horizon of 25 years, chosen as average time of a generation.³

The COED estimates losses at three levels: social, through morbidity and mortality due to air pollution and inappropriate water supply, sanitation and hygiene; economic, such as losses of production from forests and rangelands due to clearing; and environmental, through reduced recreational value of beaches due to coastal degradation.

¹ According to the World Economic Forum's 2015–2016 Global Competitive Index.

² World Bank. 2016. Discounting costs and benefits in economic analysis of World Bank projects. Guidance note.

³ Assuming that a person of average age will benefit from environmental services for another 25 years.

2. APPROACH

The study estimates the impacts of environmental degradation, based on a variety of methods, as shown in Table ES.1. Valuation was conducted between May 2015 and May 2016. Data collection was based on consultations with representatives of relevant ministries, official publications and scientific articles. The final results are expressed as a percentage of the country's gross domestic product

(GDP), to benchmark the extent of damage against a macroeconomic indicator.

Study Limitations. Despite the extensive range of valuation methods, their application is often difficult. *First*, the accuracy of the results decreases, as the scope of the study increases: valuations obtained nationwide are less precise than those obtained at the local or project level. *Second*, in some cases, the lack of information imposes the

Table ES.1. Environmental degradation and valuation methods used

Main Impacts and Valuation Methods Used	
Water	<p>Impacts on environment and economy</p> <ul style="list-style-type: none"> • dam sedimentation (replacement cost) • groundwater overexploitation (replacement cost) • loss of wetlands (change in productivity) • effects of climate change and variability on water availability (change in productivity) • discharge of domestic and industrial wastewater (replacement cost) <p>Impacts on health</p> <ul style="list-style-type: none"> • diarrhea and malnutrition (VSL for mortality and YLD for morbidity; treatment and opportunity costs)
Air	<p>Impacts on health</p> <ul style="list-style-type: none"> • outdoor and indoor air pollution (VSL for mortality and WTP to avoid illness for morbidity)
Land	<p>Cultivated lands</p> <ul style="list-style-type: none"> • impact of erosion on rainfed crops (change in productivity and market price) • impact of salinisation on irrigated lands (change in productivity and market price) <p>Rangelands</p> <ul style="list-style-type: none"> • impact of clearing, degradation and desertification (change in productivity, market price, benefits transfer)
Forests	<ul style="list-style-type: none"> • impacts of deforestation and forest fires (market price, price of substitute goods, benefits transfer, replacement cost)
Waste	<p>Municipal waste</p> <ul style="list-style-type: none"> • insufficient waste collection (WTP for improved collection) • groundwater pollution (restoration cost) • depreciation of land (hedonic price) • forgone electricity and recycling benefits (opportunity cost) <p>Hazardous waste</p> <ul style="list-style-type: none"> • forgone benefits from re-using waste oil (market price) • health impacts from lead exposure (YLD for morbidity)
Coastal zone	<ul style="list-style-type: none"> • impact of overfishing (change in productivity) • recreational losses due to beach degradation (WTP to improve beach quality)
Climate change	<ul style="list-style-type: none"> • impacts of CO₂ emissions from different economic sectors on global environment (carbon price and social value of carbon)

Notes: VSL = Value of Statistical Life; YLD = Years of Life Lived with Disability; WTP = Willingness to Pay

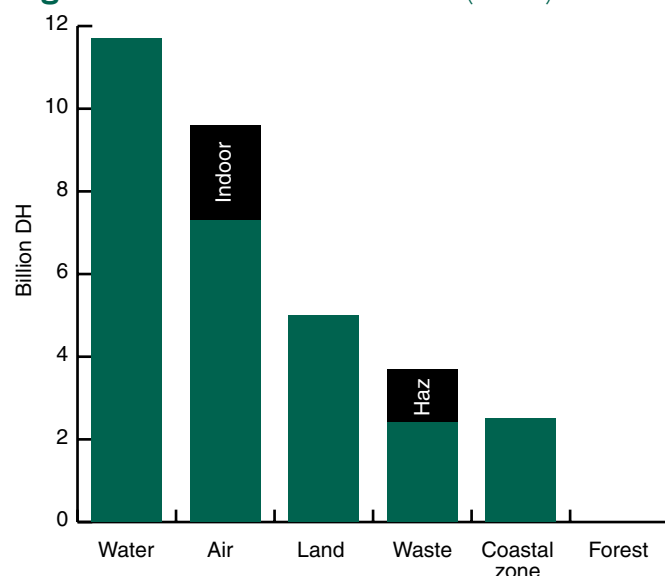
use of benefits transfer from studies in other countries. *Third*, the lack of data enabled a partial estimate of some impacts (e.g. forest degradation), while other impacts could not be valued at all—e.g. the effects of nitrates runoff on water quality, of dam sedimentation on water turbidity, of marine degradation on biodiversity, as well as the indirect impacts of environmental degradation at the macro-economic level (e.g. food security, exports, GDP growth). Therefore, the final results should be considered **orders of magnitude**, which are often subject to underestimation. To reflect the uncertainty of the estimates, the report provides ranges of values, whenever possible.

3. RESULTS

The cost of environmental degradation **to Moroccan's society** has been estimated in 2014 at about DH 32.5 billion or **3.52% of GDP**. In addition, greenhouse gas (GHG) emissions cause damage to the global community estimated at 1.62% of GDP in 2014. The impacts of environmental degradation at the national level (*national costs*) appear to be more than twice as high as those at the global level (*global costs*) (Table ES.2).

Among *national costs*, water degradation (1.26% of GDP) stands out as the most important driver of degradation, followed by air pollution (1.05% of GDP) (Figure ES.1). Land degradation also causes significant damage (0.54% of GDP), primarily due to erosion of croplands, and to

Figure ES.1. COED in Morocco (2014)



conversion and desertification of rangelands. Waste is a relatively important component (0.4% of GDP); however it is worth noting that municipal waste management has improved considerably over the past decade. The damage due to coastal zone degradation (0.27% of the GDP) is considerably underestimated, as several polluting factors are captured within other categories.⁴ Finally, the low cost of deforestation and forest fires (0.004%) is indicative of

⁴For example, the costs of air pollution, land degradation and water degradation have been accounted for in separate chapters.

Table ES.2. COED in Morocco (2014)

	Lower bound	Upper bound	Average	
	Billion DH	Billion DH	Billion DH	% of GDP
Water	11.1	12.2	11.7	1.26%
Air	6.3	13.1	9.7	1.05%
Land	4.6	5.3	5.0	0.54%
Waste (incl. hazardous)	3.7	3.7	3.7	0.40%
Coastal zone	2.5	2.5	2.5	0.27%
Forest	0.0	0.0	0.0	0.00%
Cost to Moroccan society	28.3	36.8	32.5	3.52%
Carbon emissions	4.6	25.4	15.0	1.62%
Cost to Global community	4.6	25.4	15.0	1.62%

the efforts carried out by the Government towards forest protection.

Water. With a renewable water availability of 700 m³/capita, Morocco is already a water-scarce country. Several pressures (groundwater overexploitation, discharge of untreated wastewater, climate change and variability) affect water resources, causing a decline in water availability and quality. This entails consequences on the country's *economy and environment*. Others, such as inappropriate water supply, sanitation and hygiene have impacts on *health*, through increased incidence of diarrhea and malnutrition. The damage caused by these factors is estimated at DH11.7 billion, or 1.26% of GDP. Groundwater overexploitation and discharge of untreated industrial wastewater stand out as the most important problems.

Air. Outdoor and indoor air pollution affect negatively human health, due to exposure to fine particulates (PM_{2.5}). This exposure translates into premature deaths and morbidity among adults, due to ischemic heart disease, stroke, lung cancer, and chronic obstructive pulmonary disease; and among children, as a result of acute lower respiratory infections. The study quantifies these effects using the latest cause-and-effect relationships developed by the epidemiological literature. The total cost of air pollution is estimated at DH9.7 million, or 1.05% of the GDP. Overall, mortality due to outdoor air pollution is responsible for the highest share of costs (75%); it is particularly high in Casablanca, Marrakesh and Tanger, due to ischemic heart disease, stroke and lung cancer among adults. Mortality caused by indoor air pollution tends to be a problem among rural households using solid fuel for cooking (25% of total cost of air pollution).

Agricultural land. Morocco has 9 million ha of cultivated land and 30.4 million ha of permanent rangelands. Human activities (overgrazing, deforestation, urbanization) and natural factors (e.g. climate change) are degrading these areas in multiple ways. On cultivated lands, degradation affects about 5.5 million ha of rainfed areas (due to erosion), and 160,000 ha of irrigated lands (due to salinization); these losses are estimated at DH1.7 billion. Degradation affects also rangelands, through clearing (65,000 ha per year), desertification (103,000 ha per year) and overexploitation (30.2 million ha). These actions

cause a complete loss of benefits on lost rangelands, and a reduction in productivity and other protective services on areas subject to overexploitation – with a cost estimated at DH3.3 billion. Overall, the total cost of land degradation is estimated at DH 5 billion, or 0.54% of the GDP.⁵

Forests. Moroccan forests cover 9 million ha, or 12.7% of the country's area. They are subject to several pressures, such as clearing (880 ha per year), fires (3,415 ha per year) and other forms of degradation, such as overexploitation for wood and fodder. This chapter estimates the losses of forest benefits—wood, cork, fodder, other non-wood products and recreation—due to clearing and fires at DH40 million, or 0.004% of the GDP.

Waste. Municipal waste management has considerably improved over the past decade, through increased coverage of waste collection and creation of sanitary landfills. Yet, waste management still generates some costs to society. Damages from municipal waste result from incomplete waste collection, groundwater pollution through leachate infiltration from unsanitary dumps; forgone economic benefits due to low recycling rates and land depreciation around open dumps. In addition, this study quantifies for the first time some of the impacts related to hazardous waste. It focuses on losses related to waste oil and the health impacts among children exposed to lead. Overall, the cost of waste management is estimated at DH3.7 billion, or 0.4% of the GDP.

Coastal zone. Extending on more than 3,400 km along the Mediterranean Sea and Atlantic Ocean, coastal zone is important for the country's economic development. However, concentration of tourism, maritime and fishing activities in certain areas causes pressures on living ecosystems and landscapes. The study estimates the cost of overfishing, through the difference between the optimal and the current stock of a variety of fish types: sardines, swordfish, cephalopod and white hake; and the recreational loss due to beach degradation, through tourists' willingness to pay for improved quality of beaches. Overall, coastal zone

⁵ This estimate refers only to the on-site impacts of land degradation. Among off-site impacts, the cost of dam sedimentation is considered in the water chapter.

degradation leads to a cost of DH2.5 billion, or 0.27% of GDP. The impact on the coastal area is considerably *underestimated*, as several polluting factors are captured within other categories.

Climate change/Global environment. Over the past decade, economic development in the country led to an increase in greenhouse gas emissions (GHG), such as carbon dioxide (CO₂), sulfur dioxide (SO₂) and methane (CH₄). The 2016 Third National Communication to the United Nations Framework on Climate Change estimates the net emissions at 100,5 million t equivalent CO₂ (or 3.1 t equivalent CO₂/capita) in 2012.⁶ The most important emitting sectors are energy (57% of the total), agriculture (21%) and waste (8%). Considering that the value of carbon ranges from Dh46/tCO₂ (the price on the international market) and Dh253/tCO₂ (the social value of carbon), the total damage on the global environment is estimated at DH15 billion, or 1.6% of GDP. It is worth noting that Morocco's contribution to the global GHG emissions in the atmosphere remains low. For comparative purposes, CO₂ emissions in Canada are 20.4 t equivalent CO₂/capita vs. 3.1 t equivalent CO₂/capita in Morocco.

4. DISCUSSION

The national COED is estimated at 3.52% of the GDP in 2014, corresponding to about **DH 960 per capita per year**. Comparing these results with those of the 2000 study is challenging. *First*, the present study benefitted from improved data availability compared to the previous one. As a result, several **additional impacts** were estimated: for example in the water chapter the updated study includes overexploitation of groundwater, loss of wetlands as well as water pollution by discharge of untreated wastewater and malnutrition, which were not covered in the previous study. Similarly, the air chapter includes the impact of outdoor air pollution on the whole country, compared to only some cities in 2000. The land chapter covers the complete loss of rangelands due to clearing and

⁶ The latest data available for CO₂ emission (based on the Morocco's Third National Communication to UNFCCC, April 2016) are for 2012; as such they do not capture the benefits of various energy reforms introduced by Morocco (such as the removal of energy subsidy—introduced in 2013; or the recent investments in solar and renewable energy).

desertification. The forests chapter includes the impact of fires; the waste chapter covers the impact of hazardous waste and the coastal zone chapter includes losses due to overfishing, beyond sardines which was covered in the earlier study. *Second*, the present study uses a more elaborated methodology than the one used in the previous report. These differences make difficult the comparison between the results of the two studies.

However, if we exclude the “additional impacts” that were estimated in the 2014 study, the national COED in 2014 would be DH15.0 billion, compared to DH16.9 billion in 2000 (in 2014 constant prices). Bearing in mind the methodological differences mentioned above, a comparison between the two estimates suggests **that environmental degradation has decreased between 2000 and 2014**. In relative terms, this decrease appears even more substantial, from DH590/capita in 2000 to DH450/capita in 2014, corresponding to a decline of more than 20% (in 2014 constant prices).

This trend,⁷ discussed in Box ES.1, is the outstanding result of environmental reforms and programs implemented by the Government between 2000 and 2014. In this light, the National Sanitation Plan (*Plan National d'Assainissement*), the National Program of Municipal Waste (*Programme national des déchets ménagers et assimilés*), the Program against diarrheal disease (*Programme de lutte contre les maladies diarrhéiques*), the National Action Program on Fight against Desertification (*Programme d'action national de lutte contre la desertification*, PAN-LCD) and the National Development Plan of watersheds (*Plan national d'aménagement des bassins versants*, PNABV) are just a few examples of successful efforts conducted by the Government during this period. At the institutional level, several laws for environmental protection have been adopted, particularly in the areas of water,⁸ energy,⁹

⁷ The trend reflects a before vs. after comparison; rather than a with vs. without analysis. As such it is difficult to properly qualify the impact of recent policy changes. Yet, the trends are clear, and strongly suggest a positive impacts of recent reforms and investments. Good news for tackling the next challenges.

⁸ Decree No. 2-05-1533 related to sanitation (2006) and Decree No. 2-04-553 on spills, runoffs, discharges, and sediments in surface water or groundwater (2005).

⁹ Law No. 13-09 on renewable energy (2010) and its implementing decrees.

Box ES.1. Trend of environmental degradation between 2000 and 2014

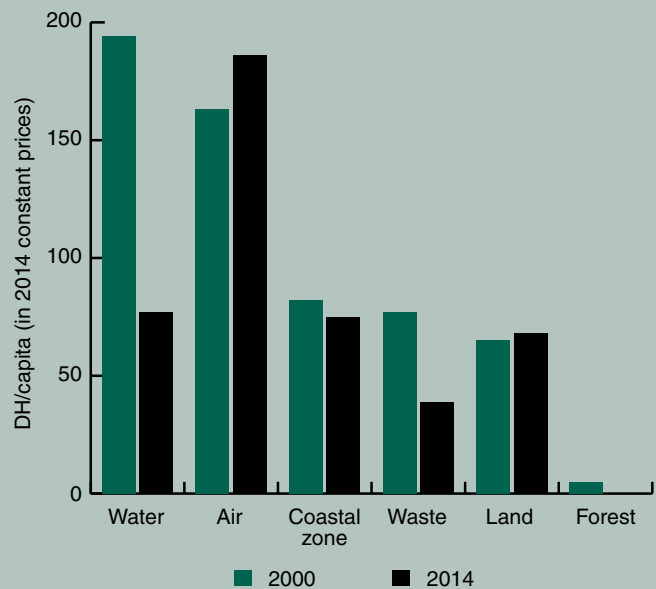
A comparison between the results of the 2000 and 2014 studies indicates that the COED decreased from DH590/capita in 2000 to DH450/capita in 2014, corresponding to a reduction of environmental degradation of more than 20% during this period. It should be stressed that this comparison has only indicative meaning, because: (1) it is partial, by including only the impacts that have been estimated in both studies; (2) even these impacts have been often estimated based on different methodologies, which are difficult to compare.

This decrease is primarily due to the decline of the cost related to water and municipal waste categories (Figure ES.2). In particular, the cost of **water** degradation¹⁰ decreased by 60%, from DH190 to DH80 per capita, essentially due to the reduction in health impacts caused by inappropriate water supply, sanitation, and hygiene (diarrhea among under five children). This is a remarkable result of the Program against diarrheal disease implemented by the Ministry of Health during this period.

In addition, the cost related to inappropriate **municipal waste** management¹¹ decreased by half, from DH80 to DH40 per capita. This reflects an improved municipal waste management during the last decade, thanks to the implementation of the National Program of Municipal Waste in 2006.

Forest degradation, with a minor cost compared to the above categories, appears to have also been reduced considerably, from DH5 to DH0.3 per capita, indicating the fruitful efforts conducted by the Government towards forest protection, such as the National Action Program of Fighting against Desertification and the National Development Plan of watersheds.

Figure ES.2. COED by category in 2000 and 2014



Note: The figure captures only the national costs estimated in both studies.

The cost of degradation related to **land degradation** remained in the same range with the one of 2000 study; while the cost related to **air pollution** has slightly increased—however, this can be in great part explained through the differences in the pollutants measured ($PM_{2.5}/PM_{10}$) and in the methodology applied.

air,¹² waste¹³ and coastal zone.¹⁴ In 2009, His Majesty King Mohamed VI launched a broad debate mobilizing all stakeholders to adopt a strategy for environmental protec-

¹⁰ For this comparison, the cost related to water includes only the impacts on health (mortality and morbidity due to diarrhea among children under 5) due to inappropriate water supply, sanitation, and hygiene and the cost of dam sedimentation.

¹¹ This estimation refers to the cost of insufficient collection of municipal waste and groundwater pollution.

¹² Law No. 13-03 related to the fight against air pollution (2003) and its implementing regulations; Decree No. 2-09-286 (2009) setting the air quality standards and air monitoring arrangements; and Decree No. 2-09-631 setting the emission standards for pollutants emitted from fixed sources and methods for their control (2010).

¹³ Law No. 28-00 on waste management and disposal (2006) and its implementing decrees.

¹⁴ Law No. 81.12 related to the coastal zone of 6 August 2015.

tion. This led to the development of the National Charter for Environment and Sustainable Development in 2010, which was formalized in a framework law adopted by the Parliament in 2014. In accordance with its provisions, a national sustainable development strategy was developed based on extensive consultation with all stakeholders.

5. KEY MESSAGES

The study points out to the following conclusions and recommendations:

- » The **COED to Moroccan society** is about 3.52% of GDP; while the cost of greenhouse gas emissions to the **global community** is 1.62% of GDP. These results show that the impacts of environmental degradation at the national level

are more than twice as high as those at the global level.

- » The comparison between 2000 and 2014 studies shows that **the cost of environmental degradation to the Moroccan society decreased during this period by more than 20 percent** with respect to the environmental categories estimated in both studies. Such a comparison remains indicative however, due to partial results and to differences in the methodologies used in the two studies.
- » Consistent with the 2000 study, **water** and **air** remain the **most pressing challenges** in 2014. This calls for actions to preserve water resources, by reducing groundwater overexploitation and discharges of untreated industrial wastewater in water bodies. Current efforts in this direction are already supported by the World Bank in the area of groundwater (e.g. supporting the basin agency

Oum Er Rbia to establish “contrat de nappes”), industrial depollution (e.g. helping the Government prepare the National Plan of Industrial Depollution), and domestic wastewater (e.g. assisting with a sanitation project set up in the framework of the National Sanitation Plan). Outdoor air pollution is another problem that needs attention, particularly in large industrial cities like Casablanca, Marrakesh and Tanger.

- » Municipal solid waste management, the health impacts from inappropriate water sanitation and hygiene, and forest protection are areas marked by **substantial improvements**, reflecting the reforms and programs implemented by the Government since the 2000.
- » **An emerging area**, not covered in the 2000 study, is **industrial/hazardous waste**, of which inappropriate management is a cause of concern both in terms of environmental and health impacts.



RÉSUMÉ ANALYTIQUE

Le Maroc possède la première économie d'Afrique du Nord en matière de compétitivité¹⁵. Comme dans de nombreux autres pays, le développement économique stresse l'environnement en raison de la pollution de l'air, de l'eau et des sols. En 2000, la Banque mondiale a mené une étude intitulée « Evaluation du coût de la dégradation de l'environnement au Maroc » (CDE). Cette étude a évalué, pour la première fois, le coût de la dégradation environnementale qui fut estimé, pour l'année 2000, à 3,7% du PIB. Depuis, le pays a déployé des **efforts considérables** en vue de renforcer les politiques et stratégies pour la protection de l'environnement et des ressources naturelles. En 2015, le gouvernement a demandé à la Banque mondiale d'actualiser l'étude CDE.

Le présent rapport présente donc un ordre de grandeur du coût de la dégradation de l'environnement au Maroc pour l'année 2014. Le Chapitre 1 présente un aperçu des politiques et stratégies environnementales réalisées sur le plan national depuis le dernier rapport. Le Chapitre 2 décrit le cadre méthodologique et certaines hypothèses sous-tendant l'évaluation du CDE. Enfin, les Chapitres 3 à 9 évaluent les coûts liés à la dégradation des principales composantes de l'environnement : l'eau, l'air, les sols, les forêts, les déchets, le littoral et le changement climatique.

1. OBJECTIF ET CONTEXTE

L'objectif de cette étude est d'évaluer le coût de la dégradation de l'environnement à l'échelle nationale au Maroc. Plus précisément, cette étude estime en termes monétaires le coût économique de la dégradation environnementale causée par les activités déroulées pendant l'année de référence 2014.

Il faudrait noter que certaines activités ont des impacts à court terme (*impacts actuels*) : par exemple, la pollution de l'air cause souvent des problèmes de santé allant de quelques semaines à plusieurs mois (p.ex. bronchite, symptômes respiratoires). D'autres activités ont des répercussions à long terme (*impacts futurs*) : le défrichement induit des

¹⁵ Selon l'Indice mondial de la compétitivité 2015-2016, Forum économique mondial.

perdes des services éco systémiques dont la régénération pourrait prendre plusieurs années. Cette étude estime la valeur des impacts *actuels* et *futurs* causés par les activités déroulées pendant l'année de référence. Ainsi, elle mesure la Valeur Actualisée des coûts actuels et futurs induits par la dégradation de l'environnement en 2014, en utilisant un taux d'actualisation de 6% (Banque mondiale 2016) et un horizon temporel de 25 ans, choisi comme durée moyenne d'une génération¹⁶.

Le CDE estime des pertes à trois niveaux : social, à travers la morbidité et la mortalité dues à la pollution de l'air et aux pratiques inadéquates d'approvisionnement en eau, d'assainissement et d'hygiène ; économique, tel que les pertes de production des forêts et des terres de parcours dues aux défrichements; et environnemental, comme la réduction de la valeur récréative des plages causée par la dégradation du littoral.

2. CADRE MÉTHODOLOGIQUE

L'étude estime l'impact de la dégradation environnementale à travers plusieurs méthodes d'évaluation. Le Tableau ES.1 présente un résumé des méthodes utilisées. L'étude s'est déroulée entre mai 2015 et mai 2016. La collecte de données s'est basée sur des consultations avec des représentants des ministères concernés, des publications officielles et des articles scientifiques. Les résultats finaux sont exprimés en pourcentage du produit intérieur brut (PIB) pour montrer l'ampleur des dommages par rapport à un indicateur macroéconomique.

Limitations de l'étude. Malgré la vaste gamme de méthodes disponibles, cette étude a démontré que leur application n'est pas toujours aisée. *Tout d'abord*, la précision des résultats diminue plus la portée de l'étude est vaste. Les évaluations à l'échelle nationale sont donc beaucoup moins précises que celles obtenues à un niveau local ou au niveau d'un projet. *Par ailleurs*, dans certains cas, le manque de données nécessaires impose le recours aux résultats d'autres études (à travers la méthodologie du transfert des bénéfices) réalisées dans d'autres pays. *Dans d'autres cas*, le manque total d'information ne permet

qu'une évaluation partielle de certains impacts (p.ex. la dégradation des forêts), voire empêche complètement l'évaluation de certains impacts. Il s'agit par exemple des impacts au niveau micro (p.ex. les effets des nitrates sur la qualité de l'eau, de l'envasement des barrages sur la turbidité de l'eau, de la dégradation du milieu marin sur la biodiversité) ainsi que des impacts indirects de la dégradation environnementale au niveau macro (p.ex. sur la sécurité alimentaire, les exportations, la croissance du PIB). Par conséquent, il est important de souligner que les résultats finaux expriment des **ordres de grandeur**, qui sont souvent sujets à des sous-estimations. Pour souligner le caractère incertain des estimations, le rapport fournit des fourchettes de valeurs lorsque les estimations s'y prêtent.

3. RÉSULTATS

Le coût de la dégradation environnementale **pour la société marocaine** a été évalué, pour l'année 2014, à près de 32,5 milliards de dirhams, ou **3,52 % du PIB**. Par ailleurs, les dégâts causés par les émissions de gaz à effet de serre (GES) à l'environnement global sont estimés, pour l'année 2014, à 1,62% du PIB. Les incidences de la dégradation environnementale à l'échelle nationale (*coûts nationaux*) seraient deux fois plus importantes que celles à l'échelle mondiale (*coûts globaux*). (Tableau ES.2).

Parmi les *coûts nationaux*, la pollution de l'eau (1,26% du PIB) constitue le premier vecteur de dégradation de l'environnement, suivie par la pollution de l'air (1,05% du PIB) (Figure ES.1). La dégradation des sols entraîne également des coûts considérables (0,54% du PIB), notamment en raison de l'érosion des terres cultivées et du défrichement et la désertification des terres de parcours. Les déchets représentent un coût relativement important (0,4% du PIB) ; toutefois, il convient de signaler que la gestion des déchets municipaux s'est considérablement améliorée au cours de la dernière décennie. Les dégâts induits par la dégradation des zones côtières (0,27% du PIB) sont largement sous-estimés, étant donné que plusieurs facteurs polluants sont compris dans d'autres composantes¹⁷. Enfin,

¹⁶ En supposant qu'une personne d'âge moyen pourra bénéficier des services environnementaux pour encore 25 ans.

¹⁷ Par exemple, les coûts de la pollution de l'air, de la dégradation des sols et de la pollution de l'eau ont été calculés dans des chapitres séparés.

Tableau ES.1. Dégradation de l'environnement et méthodes d'évaluation

Les impacts principaux	
Eau	<p>Impacts sur l'environnement et l'économie</p> <ul style="list-style-type: none"> • envasement des barrages (coût de remplacement) • surexploitation des eaux souterraines (coût de remplacement) • dégradation des zones humides (changement de productivité) • variabilité climatiques sur la disponibilité en eau (changement de productivité) • déversement eaux domestiques et industrielles (coût de remplacement) <p>Impacts sur la santé</p> <ul style="list-style-type: none"> • diarrhée et malnutrition (VSV pour la mortalité, AVI pour la morbidité, coût de traitement et d'opportunité)
Air	<p>Impacts sur la santé</p> <ul style="list-style-type: none"> • pollution de l'air extérieur et intérieur (VSV pour la mortalité et consentement à payer pour la morbidité)
Sols	<p>Terres agricoles</p> <ul style="list-style-type: none"> • impact de l'érosion sur les terres de cultures en sec (changement de productivité, prix de marché) • impact de la salinisation des terres de cultures irriguées (changement de productivité, prix de marché) <p>Terres de parcours</p> <ul style="list-style-type: none"> • impact du défrichement, désertification et dégradation (changement de productivité ; prix de marché ; transfert des bénéfices)
Forêts	<p>Impact du défrichement et des incendies (prix de marché, prix des biens de substitution, transfert des bénéfices, coût de remplacement)</p>
Déchets	<p>Déchets ménagers</p> <ul style="list-style-type: none"> • collecte insuffisante des déchets (consentement à payer) • pollution des eaux souterraines (coût de restauration) • moins-value des terrains (prix hédoniques) • potentiel d'électricité et recyclage perdus (coût d'opportunité) <p>Déchets industriels dangereux</p> <ul style="list-style-type: none"> • absence de valorisation huiles usagées (prix de marché) • coût d'exposition au plomb (AVI pour la morbidité)
Littoral	<ul style="list-style-type: none"> • impact de la surpêche (changement de productivité) • pertes récréatives dues à la dégradation des plages (consentement à payer)
Changement climatique	<ul style="list-style-type: none"> • impacts des émissions CO₂ provenant de différents secteurs économiques sur l'environnement global (prix du carbone et la valeur sociale du carbone)

Notes : VSV = valeur statistique de la vie ; AVI = Années de vie vécues avec de l'incapacité

le faible coût de la déforestation et des incendies de forêts (0.004%) atteste des efforts déployés par le gouvernement en vue de protéger les forêts.

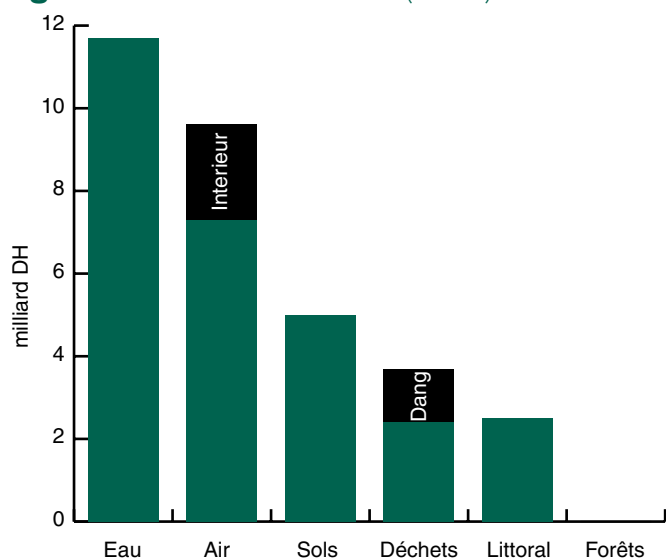
Eau. Avec une disponibilité hydrique de 700 m³ par habitant, le Maroc est d'ores et déjà un pays aux faibles ressources en eau. Les ressources hydriques sont soumises à plusieurs pressions (surexploitation des nappes phréatiques, déversement des eaux usées non épurées,

changement et variabilité climatiques), ce qui entraîne une diminution de la quantité et de la qualité des ressources en eau et des répercussions sur *l'économie et l'environnement* du pays. D'autres facteurs, comme les pratiques inadéquates d'approvisionnement en eau, d'assainissement et d'hygiène ont des effets négatifs sur la *santé*, tels que la diarrhée et la malnutrition. Ces facteurs causent des pertes évaluées à 11,7 milliards de dirhams ou 1,26% du PIB. De manière spécifique, la surexploitation des eaux

Tableau ES.2. CDE au Maroc (2014)

	Borne inférieure	Borne supérieure	Valeur Moyenne	Valeur Moyenne (% du PIB)
	(Milliards de DH)			
Eau	11,1	12,2	11,7	1,26%
Air	6,3	13,1	9,7	1,05%
Sols	4,6	5,3	5,0	0,54%
Déchets (y compris déchets dangereux)	3,7	3,7	3,7	0,40%
Littoral	2,5	2,5	2,5	0,27%
Forêts	0,0	0,0	0,0	0,00%
Coût pour la société marocaine	28,3	36,8	32,5	3,52%
Emissions carbone	4,6	25,4	15,0	1,62%
Coût pour l'environnement global	4,6	25,4	15,0	1,62%

Figure ES.1. CDE au Maroc (2014)



souterraines et le déversement des eaux industrielles non traitées posent de sérieux problèmes.

Air. La pollution de l'air extérieur et de l'air intérieur a des impacts significatifs sur la santé humaine, en raison de l'exposition aux particules fines en suspension dans l'air (PM_{2,5}). La pollution de l'air extérieur et intérieur provoque des décès prématurés et des cas de morbidité chez les adultes (cardiopathies ischémiques, accident vasculaire cérébral, cancer du poumon, bronchopneumopathie chronique obstructive) ainsi que chez les enfants (infections

respiratoires aiguës des voies inférieures). L'étude mesure ces impacts en utilisant les plus récentes relations cause à effet développées par la littérature épidémiologique. Le coût total lié à la pollution de l'air est évalué à 9,7 millions de dirhams ou 1,05% du PIB. Au total, la grande majorité des coûts est induite par la mortalité liée à la pollution de l'air extérieur (75%), notamment à Casablanca, Marrakech et Tanger, en raison de cardiopathies ischémiques, accidents vasculaires cérébraux et cancers des poumons chez les adultes. La mortalité causée par la pollution de l'air intérieur est quant à elle particulièrement élevée dans les ménages ruraux utilisant les combustibles solides pour la cuisson (25% du coût total de la pollution de l'air).

Terres agricoles. Le Maroc possède 9 millions ha de terres agricoles et 30,4 millions ha de terres de parcours permanents. Les activités humaines (surpâturage, défrichement, urbanisation) et les facteurs naturels (p. ex. changement climatique) affectent ces terres de différentes manières. Sur les terres agricoles cultivées, la dégradation des sols affecte près de 5,5 millions ha de terres de culture en sec (en raison de l'érosion) et 160 000 ha de terres de culture irriguées (en raison de la salinisation). Ces pertes sont évaluées à 1,7 milliard de dirhams. La dégradation des sols affecte par ailleurs les terres de parcours à travers le défrichement (65 000 ha par an), la désertification (103 000 ha par an) et la surexploitation (30,2 millions ha). Ces

activités induisent une perte totale de bénéfices des terres de parcours perdues et une réduction de la productivité des terres et autres services de régulation fournis par les terres dégradées, avec un coût estimé à 3,3 milliards de dirhams. Au final, le coût total de la dégradation des sols est estimé à 5 milliards de dirhams, représentant 0,54% du PIB¹⁸.

Forêts. Les forêts marocaines couvrent une superficie de 9 millions ha ou 12,7% de la superficie du pays. Elles sont sujettes à plusieurs pressions, telles que les défrichements (880 ha par an), les incendies (3 415 ha par an), et d'autres formes de dégradation, comme la surexploitation pour le bois et le fourrage. Ce chapitre estime les pertes des biens et services fournis par les forêts (bois, liège, fourrage, produits non-ligneux, récréation) à cause des défrichements et incendies à 40 millions de dirhams, ou 0,004% du PIB.

Déchets. La gestion des déchets municipaux a considérablement progressé au cours de la dernière décennie, grâce à l'amélioration du taux de collecte et la création de décharges contrôlées. Il n'en demeure pas moins qu'elle occasionne toujours des coûts à la société. Les principales insuffisances liées aux déchets municipaux résident dans la non-couverture par le système de collecte d'une part non négligeable de la population, la contamination des eaux souterraines à cause de l'infiltration de lixiviats de décharges non contrôlées, la perte de bénéfices économiques en raison du faible taux de recyclage et la dégradation des sols autour des dépotoirs à ciel ouvert. Par ailleurs, cette étude évalue, pour la première fois, quelques coûts liés aux déchets dangereux en termes de pertes économiques dues à l'absence de valorisation des huiles usagées, et l'impact de l'exposition au plomb sur la santé des enfants. Au total, le coût de la gestion des déchets est estimé à 3,7 milliards de dirhams représentant 0,4% du PIB.

Littoral. Avec un linéaire côtier de plus de 3 400 km le long de la façade méditerranéenne et atlantique, le littoral représente un poids économique considérable.

¹⁸ Ces estimations se limitent aux impacts induits par la dégradation des sols sur le site. Parmi les impacts hors site, le coût occasionné par l'envasement des barrages est pris en compte dans le chapitre consacré à l'eau.

Toutefois, la concentration des activités touristiques, portuaires et de pêche dans certaines zones du littoral est à l'origine de pressions exercées sur les écosystèmes vivants et les paysages. L'étude estime : (i) le coût de la surpêche, à travers la différence entre le stock optimal et le stock courant de certaines espèces de poissons (sardines, espadon, céphalopode et merlu blanc) et (ii) la perte récréative due à la dégradation des plages, à travers le CAP des touristes pour une meilleure qualité des plages. Au total, la dégradation du littoral entraîne un coût estimé à 2,5 milliards de dirhams, soit 0,27% du PIB. L'impact sur les zones côtières est largement *sous-estimé*, étant donné que plusieurs facteurs polluants ont été inclus dans d'autres composantes.

Changement climatique / Environnement global.

Au cours de la dernière décennie, le développement économique du pays a généré des émissions de plusieurs gaz à effet de serre (GES), tels que le dioxyde de carbone (CO₂), le dioxyde de soufre (SO₂) et le méthane (CH₄). La Troisième Communication Nationale à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) a évalué les émissions nettes de GES au Maroc à 100,5 millions t équivalent CO₂ (ou 3,1 t équivalent CO₂/habitant) pour l'année 2012¹⁹. Les principaux secteurs responsables des émissions sont l'énergie (57%), l'agriculture (21%) et les déchets (8%). On estime la valeur du carbone entre 46 dirhams/tCO₂ (prix du carbone sur le marché international) et 253 dirhams/tCO₂ (valeur sociale du carbone). En conséquence, le coût total pour l'environnement global est évalué à 15 milliards de dirhams, représentant 1,6% du PIB. Il convient de noter que les émissions générées par le Maroc restent faibles par rapport aux émissions mondiales de GES. A titre comparatif, les émissions de CO₂ au Canada atteignent 20,4 t Eq- CO₂/habitant contre 3,1 t Eq- CO₂/habitant au Maroc.

¹⁹ Les dernières données disponibles sur les émissions de CO₂ remontent à l'année 2012 (Troisième Communication Nationale à la CCNUCC, avril 2016). De ce fait, elles ne tiennent pas compte des gains occasionnés par les différentes réformes énergétiques engagées au Maroc (comme la suppression des subventions à l'énergie en 2013, ou les derniers investissements dans l'énergie solaire et les énergies renouvelables).

4. DISCUSSION

Le coût de la dégradation de l'environnement au Maroc a été évalué, pour l'année 2014, à 3,52 % du PIB, représentant près de **960 dirhams/habitant/an**. La comparaison entre ces résultats et ceux de l'étude réalisée en 2000 comporte de nombreuses difficultés. *Tout d'abord*, la présente étude a pu bénéficier d'une disponibilité d'informations majeure par rapport à l'étude précédente. Ceci a permis d'évaluer plusieurs *impacts supplémentaires* dans chaque chapitre. Par exemple, dans le chapitre consacré à l'eau, l'étude actualisée a pu évaluer les coûts induits par la surexploitation des eaux souterraines, la perte de zones humides, la contamination de l'eau par le déversement d'eaux usées non épurées et la malnutrition. De même, le chapitre de l'air évalue l'impact de la pollution de l'air extérieur à l'échelle du pays, alors que l'étude réalisée en 2000 se limitait à quelques villes uniquement. Le chapitre des sols couvre la perte totale de terres de parcours en raison du défrichement et de la désertification. Le chapitre des forêts évalue l'impact des incendies ; le chapitre des déchets couvre l'impact occasionné par les déchets dangereux, et le chapitre du littoral couvre les pertes induites par la surpêche, sans se limiter aux sardines, comme ce fut le cas dans l'étude précédente. *Par ailleurs*, la présente étude utilise une méthodologie différente par rapport à celle employée dans le précédent rapport. En raison de ces différences, les résultats de ces deux études sont difficilement comparables.

Cependant, si nous excluons les « impacts supplémentaires » évalués en 2014, le coût de la dégradation de l'environnement au Maroc s'élèverait, pour l'année 2014, à 15 milliards de dirhams, alors que ce même coût serait de 16,9 milliards de dirhams en 2000 (aux prix constants de 2014). Tout en tenant compte des différences méthodologiques évoquées plus haut, la comparaison entre les deux résultats indique que la **dégradation de l'environnement a baissé entre 2000 et 2014**. Cette baisse s'avère encore plus importante en termes relatifs ; le CDE est en effet passé de 590 dirhams/habitant en 2000 à 450

dirhams/habitant en 2014, soit une baisse de plus de 20% par rapport à l'année 2000 (aux prix constants de 2014).

Cette tendance²⁰, expliquée dans l'Encadré ES.1, est le remarquable fruit des réformes et programmes environnementaux engagés par le gouvernement entre 2000 et 2014. A titre d'exemple non limitatif des efforts déployés par le gouvernement durant cette période, nous citons le *Plan national d'assainissement*, le *Programme national des déchets ménagers et assimilés*, le *Programme de lutte contre les maladies diarrhéiques*, le *Programme d'action national de lutte contre la désertification (PANLCD)* et le *Plan national d'aménagement des bassins versants (PNABV)*. Sur le plan institutionnel, plusieurs textes de loi pour la protection de l'environnement ont été adoptés, notamment dans les domaines de l'eau²¹, l'énergie²², l'air²³, les déchets²⁴ et le littoral²⁵. En 2009, Sa Majesté le Roi Mohamed VI a lancé un vaste débat mobilisant l'ensemble des acteurs en vue d'adopter une Stratégie pour l'environnement. A l'issue de ce débat, la Charte nationale de l'environnement et du développement durable a été élaborée en 2010 puis formalisée dans une Loi-cadre adoptée par le Parlement en 2014. Conformément à ses dispositions, une Stratégie nationale de développement durable a été élaborée basée sur une large concertation avec l'ensemble des parties prenantes.

²⁰ Cette tendance est le reflet d'une comparaison avant-après plutôt qu'une comparaison avec ou sans analyse. Pour cette raison, il est difficile de quantifier l'impact exact des dernières réformes. Mais la tendance est claire quant aux impacts positifs des réformes et investissements engagés. Une bonne nouvelle au regard des défis à relever.

²¹ Le décret n° 2-05-1533 relatif à l'assainissement autonome (2006) et le décret n° 2-04-553 relatif aux déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects dans les eaux superficielles ou souterraines (2005).

²² Loi n° 13-09 relative aux énergies renouvelables (2010) et ses décrets d'application.

²³ Loi n°13-03 relative à la lutte contre la pollution de l'air (2003) et ses textes d'application, le décret n° 2-09-286 (2009) fixant les normes de qualité et les modalités de surveillance de l'air et le décret n°2-09-631 fixant les valeurs limites de dégagement, d'émission ou de rejet de polluants dans l'air et les modalités de leur contrôle (2010).

²⁴ Loi n° 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination (2006) et ses décrets d'application.

²⁵ Loi n° 81-12 relative au littoral du 6 août 2015.

Encadré ES.1. Tendence de la dégradation de l'environnement entre 2000 et 2014

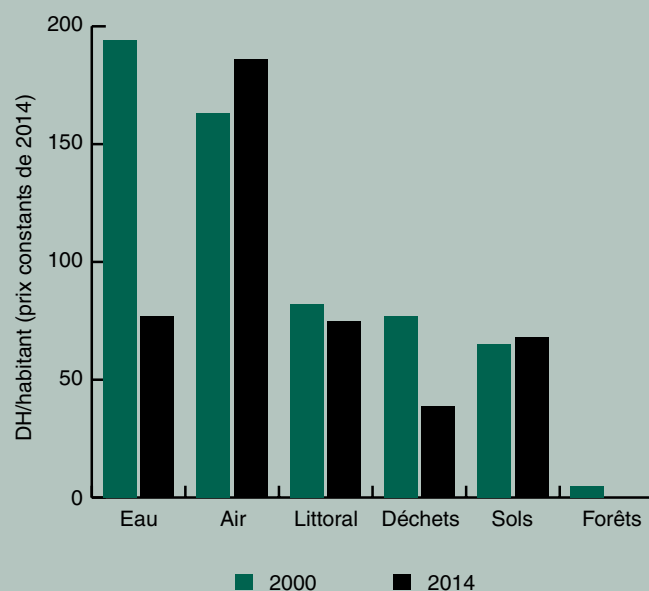
La comparaison entre les résultats des études effectuées en 2000 et 2014 indique que le coût de la dégradation de l'environnement est passé de 590 dirhams/habitant en 2000 à 450 dirhams/habitant en 2014, représentant une réduction de plus de 20%. Il convient de noter que cette comparaison est strictement indicative, étant donné que (1) la comparaison est partielle et ne comprend que les impacts ayant été évalués dans les deux études ; et que (2) même ces impacts ont souvent été évalués à l'aide d'approches méthodologiques différentes, ce qui les rend difficilement comparables.

Cette réduction s'explique surtout par la baisse des coûts liés aux composantes eau et déchets municipaux (Figure ES.2). De manière spécifique, le coût de la dégradation de *l'eau*²⁶ a baissé de 60% pour passer de 190 dirhams/habitant à 55 dirhams/habitant, en raison de l'atténuation des impacts sur la santé des pratiques inappropriées d'approvisionnement en eau, d'assainissement et d'hygiène (diarrhée chez les enfants de moins de 5 ans). Ce résultat est le fruit remarquable du Programme de lutte contre les maladies diarrhéiques mis en œuvre par le Ministère de la Santé au cours de cette période.

De plus, le coût lié à la gestion inadéquate des *déchets municipaux*²⁷ a été réduit de moitié, pour passer de 80 dirhams/habitant à 40 dirhams/habitant. Ceci reflète une meilleure gestion des déchets municipaux au cours de la dernière décennie, grâce au Programme national de déchets ménagers et assimilés lancé en 2006.

La dégradation des *forêts*, associée à un faible coût par rapport aux composantes susmentionnées, semble avoir considérablement baissé de 5 dirhams/habitant à 0,3 dirhams/habitant, ce qui reflète les efforts fructueux déployés par le gouvernement pour la protection des forêts, comme le

Figure ES.2. CDE par composante environnementale en 2000 et 2014



NB : Cette figure se limite aux coûts nationaux évalués dans les deux études.

Programme d'action national de lutte contre la désertification et le Plan national d'aménagement des bassins versants.

Les coûts liés à la dégradation *des sols* sont restés proches aux estimations de l'étude 2000. Tandis que les coûts liés à la pollution *atmosphérique* ont légèrement augmenté. Ceci est en grande partie expliqué par la différence des polluants mesurés (PM2,5 dans la présente étude ; PM10 dans l'étude 2000) et par la méthodologie appliquée.

5. CONCLUSIONS

Principales conclusions et recommandations dégagées :

- » Le **coût de la dégradation de l'environnement pour la société marocaine** est évalué à 3,52% du PIB, alors que le coût des émissions de gaz à effet de serre pour **l'environnement global** est estimé à 1,62% du PIB. Ces résultats montrent que

²⁶ Aux fins de la présente comparaison, le coût lié à l'eau se limite aux impacts sur la santé (mortalité et morbidité dues à la diarrhée chez les enfants de moins de 5 ans) en raison des pratiques inadéquates d'approvisionnement en eau, d'assainissement et d'hygiène, et au coût de l'envasement des barrages.

²⁷ Cette évaluation tient compte du coût occasionné par la collecte inadéquate des déchets municipaux et la pollution des eaux souterraines.

les impacts de la dégradation environnementale à l'échelle nationale sont deux fois plus importants que ceux induits à l'échelle mondiale.

- » La comparaison entre les études de 2000 et 2014 indique que le **coût de la dégradation de l'environnement pour la société marocaine a baissé au cours de cette période de plus de 20 pourcent**, au titre des composantes environnementales couvertes par les deux études. Toutefois, une telle comparaison demeure indicative en raison des résultats partiels et des différences dans l'approche méthodologique adoptée dans les deux cas.
- » Conformément aux conclusions dégagées en 2000, **l'eau et l'air** présentent toujours les **défis les**

plus importants. Cela nécessite des mesures pour préserver les ressources hydriques en limitant la surexploitation des eaux souterraines et le déversement des eaux industrielles non épurées dans les cours d'eau. Des efforts sont actuellement déployés dans ce sens avec l'appui de la Banque Mondiale dans le domaine des eaux souterraines (p. ex. soutenir l'agence de bassin hydraulique de Oum Er Rbia pour élaborer un « contrat de nappes »), la dépollution industrielle (p.ex. aider le gouvernement à préparer un Plan national pour la dépollution industrielle) et les eaux usées domestiques (p.ex. aider à lancer un projet d'assainissement dans le cadre du Plan National d'Assainissement). La pollution de l'air extérieur pose quant à elle un problème qui requiert une attention particulière,

notamment dans les grandes villes industrielles comme Casablanca, Marrakech et Tanger.

- » La gestion des déchets municipaux solides, les impacts sur la santé induits par les pratiques inappropriées d'approvisionnement en eau, d'assainissement et d'hygiène, et la protection des forêts ont connu **d'importants progrès** grâce aux réformes et programmes engagés par le gouvernement depuis la dernière étude.
- » Enfin, il convient de signaler le **domaine émergent** des **déchets industriels/dangereux** qui n'a pas été couvert par l'étude précédente. La gestion inappropriée de ce genre de déchets constitue un sujet de préoccupation pour l'environnement aussi bien que pour la santé.



CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Saad Belghazi et Maria Sarraf

Ce rapport vient en continuation de l'étude intitulée « Évaluation du coût de la dégradation de l'environnement au Maroc » (Sarraf et al. 2003). Elle répond à une demande du Gouvernement qui souhaite en actualiser les résultats et mesurer l'effet des réformes engagées pendant plus d'une décennie pour la protection de l'environnement. La mise à jour des résultats de la première étude a pour objectif d'offrir un éclairage sur l'évolution des coûts de la dégradation des principales composantes de l'environnement : l'eau, l'air, les terres agricoles, les forêts, les zones côtières et les déchets. L'étude de 2003 avait estimé pour la première fois, au Maroc, à l'échelle nationale, le coût de la dégradation de l'environnement (CDE).

Nous nous limiterons dans cette introduction à une brève évocation du contenu de l'étude publiée en 2003 et des composantes du CDE. Cette étude a été un point de départ dans l'intégration des questions environnementales dans les politiques et les institutions publiques, ainsi que dans les grandes entreprises privées. Elle a contribué à l'élargissement de la base de connaissance sur les aspects économiques de la dégradation de l'environnement au Maroc et à l'élaboration des grands programmes environnementaux. Enfin, elle a participé, parmi d'autres facteurs, à la prise de conscience sur la nécessité de mobiliser des ressources financières pour protéger et valoriser l'environnement.

Le coût de la dégradation a été évalué, pour l'année 2000, à 3,7 % du PIB (produit intérieur brut). L'étude avait souligné les principaux facteurs de la dégradation de l'environnement et mesuré les pertes économiques, en pourcentage du PIB, affectant différents domaines d'activités économiques. Ainsi, l'aggravation de la salinité de l'eau, la pollution et la contamination des eaux douces, l'envasement des barrages et la surexploitation des eaux souterraines se traduisent par des pertes équivalentes à 1,2 % du PIB dans l'agriculture irriguée, la pêche en eau douce, la valeur esthétique des plans d'eau et des paysages, ainsi que par des coûts de santé, liés à la hausse de la morbidité et de la mortalité dues aux maladies d'origine hydrique. Les dégradations du littoral ont été estimées à 0,5 % du PIB, celles provoquées par la mauvaise gestion des

déchets à 0,5 % du PIB. Les coûts de santé induits par la pollution de l'air, ainsi que la perte de la valeur esthétique du paysage, ont été estimés à 0,59 % du PIB en 2000. Les pertes de rendement des terres arables et la réduction de la biomasse des terres de parcours, dues à la dégradation des sols, ont été estimées à 0,41 % du PIB. Les effets de la déforestation, sous formes de réduction du stock de bois, d'érosion des bassins-versants et d'envasement des barrages, d'inondations, de perte de biodiversité et de perte de valeur paysagère, ont été estimés à 0,03 % du PIB.

Les évaluations de la dégradation de l'environnement effectuées par l'étude publiée en 2003 ont contribué à la prise de conscience des enjeux, stimulé les décisions de réformes et facilité la mobilisation des ressources pour l'engagement d'investissement dans des chantiers vitaux pour le pays, tels que la collecte, le traitement et le recyclage des eaux usées et des déchets ménagers.

Concernant les politiques environnementales, l'étude de 2003 a servi de référence à plusieurs travaux fondateurs lancés en vue d'élaborer les instruments de la politique environnementale du Maroc. Les estimations réalisées dans l'étude du CDE ont été utilisées pour élaborer les documents de référence du Plan National d'assainissement en 2005, du Programme national des déchets ménagers et assimilés en 2006. Une importante étude régionale a été réalisée en 2006, adoptant la même méthodologie en vue d'améliorer le programme de dépollution du bassin du Sebou (MATEE 2006). De même, il convient de citer une étude de la Wilaya du Grand Agadir établissant un tableau de bord des dégradations environnementales et de leurs coûts (Royaume du Maroc 2004).

Concernant les instruments économiques, il convient de citer à cet égard l'étude, réalisée en 2007, portant sur la fiscalité environnementale et l'important rapport, qui en est dérivé, présenté en 2009 au Conseil national de l'environnement, intitulé « Les instruments économiques au service de la protection de l'environnement ».

Plusieurs des travaux qui ont suivi l'étude ont permis de renforcer l'argumentaire en faveur de la **mobilisation de ressources** destinées à protéger, valoriser et remédier aux dégradations de l'environnement. L'estimation du coût de la dégradation, à 3,7 % du PIB, a ainsi permis de dénoncer la faiblesse de la dépense publique nationale allouée à la protection et à la valorisation de l'environnement, estimée en moyenne annuelle à 0,7 % du PIB (Royaume de Maroc 2009).

Concernant la comptabilité environnementale, dont l'objet est de compléter l'information de la Comptabilité Nationale en mesurant les interactions entre l'environnement et l'économie, la stratégie récemment adoptée (MEMEE 2014) a désigné deux axes prioritaires : l'axe « ressources naturelles » concernant l'eau et les déchets et l'axe économique concernant les dépenses publiques et privées en biens et services environnementaux, ainsi que les recettes de la fiscalité environnementale. La stratégie de la comptabilité environnementale envisage d'institutionnaliser le dispositif à travers l'établissement entre les organismes producteurs d'informations environnementales et des mesures visant le renforcement des compétences humaines dans le domaine. La première action envisagée par cette stratégie concerne le secteur des déchets pour lequel est proposée l'élaboration de quatre tableaux: les ressources physiques, les emplois physiques, les ressources monétaires et les emplois monétaires.

Concernant les instruments institutionnels et légaux, la « Stratégie de proximité du département de l'environnement » est un document de référence, elle a été présentée au Conseil national de l'environnement et adoptée en 2009 (Royaume du Maroc 2009). Depuis la production de l'étude, plusieurs textes de loi ont été adoptés. Ces textes ont abordé les domaines de l'eau²⁸, de

²⁸ Le décret n° 2-05-1533 relatif à l'assainissement autonome (2006) et le décret n° 2-04-553 relatif aux déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects dans les eaux superficielles ou souterraines (2005).

l'énergie²⁹, de l'air³⁰ et des déchets³¹. La loi la plus récente concerne le domaine du littoral (Loi n° 81.12 relative au littoral du 6 août 2015). Tous ces textes adoptés contribuent à une meilleure gestion de l'environnement et des ressources naturelles.

Un vaste débat a été lancé par Sa Majesté le Roi Mohamed VI en 2009 mobilisant l'ensemble des acteurs de la société civile et de l'économie en vue d'adopter une Stratégie pour l'environnement. À l'issue de ce débat, la Charte nationale de l'environnement et du développement durable élaborée en 2010 a été formalisée dans une Loi-cadre adoptée par le Parlement en février 2014. Conformément à ses dispositions, une Stratégie nationale de développement durable (SNDD) a été élaborée basée sur une large concertation avec l'ensemble des parties prenantes : secteur public, opérateurs privés et société civile (Royaume de Maroc 2014).

La SNDD véhicule une vision qui s'appuie sur la promotion d'une société tolérante et créative, le renforcement de la compétitivité, le développement humain et la cohésion sociale, et enfin la prise en compte systématique des enjeux environnementaux. Le tout devrait contribuer à converger vers une « économie verte et inclusive » d'ici 2020. **Pour atteindre cette vision, la SNDD a été déclinée en 7 enjeux, 31 axes stratégiques et**

²⁹ Loi n° 13-09 relative aux énergies renouvelables (2010) et ses décrets d'application.

³⁰ Dans le domaine de l'air, citons la Loi n°13-03 relative à la lutte contre la pollution de l'air (2003) et ses textes d'application, le décret n 2-09-286 (2009) fixant les normes de qualité et les modalités de surveillance de l'air et le décret n°2-09-631 fixant les valeurs limites de dégagement, d'émission ou de rejet de polluants dans l'air et les modalités de leur contrôle (2010).

³¹ Dans le domaine des déchets, citons la Loi n° 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination (2006) et ses décrets d'applications portant sur la classification des déchets et fixant la liste des déchets dangereux, la gestion des déchets médicaux et pharmaceutiques, les procédures administratives et les prescriptions techniques relatives aux décharges contrôlées, etc.

132 objectifs et nécessitera une enveloppe de 97 milliards de dirhams entre 2015-2020. Sa mise en œuvre devrait se traduire par un gain de 6 % du PIB, face à un coût brut de 2 % du PIB. Parmi ces gains, 2 % pourraient être obtenus en ramenant le coût de dégradation de l'environnement de 3,7 % (année 2000) à 1,7 % en 2020.

RÉFÉRENCES

- MATEE (Ministère Chargé de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement). 2006. Etude du coût de la dégradation de l'environnement dans le bassin de Sebou. Direction des Etudes, de la Planification et de la Prospective.
- MEMEE (Ministère délégué auprès du Ministre l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Environnement). 2014. Etude sur la démarche de mise en place d'un système de Comptabilité Environnementale au Maroc.
- Sarraf, M., M. Belhaj et A. Jorio. 2003. Royaume du Maroc. Evaluation du coût de la dégradation de l'environnement. Rapport No. 25992—MOR. Banque mondiale.
- Royaume du Maroc. 2004. Tableau de bord méso-économique des coûts et bénéfices environnementaux du Grand Agadir—Résultats et Guide méthodologique. Secrétariat d'État à l'Environnement, Wilaya du Grand Agadir. Pillet, Zein, Benyahia et al.
- Royaume du Maroc. 2009. Stratégie de proximité du département de l'environnement. Conseil National de l'Environnement—Ministère de l'Énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement—Secrétariat d'État chargé de l'Environnement.
- Royaume du Maroc. 2014. Stratégie Nationale de Développement Durable 2015-2020. Rapport final. Août 2014.



CHAPITRE 2

CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Lelia Croitoru et Maria Sarraf

La dégradation de l'environnement impose un large éventail de coûts pour la société. Un cadre méthodologique exhaustif est nécessaire pour s'assurer que ces coûts soient considérés d'une façon systématique et cohérente. Ce chapitre décrit le cadre méthodologique utilisé pour l'estimation du coût de la dégradation environnementale (CDE), en se concentrant sur l'objectif et le contexte d'évaluation (Section 2.1), les méthodes appliquées (Section 2.2), ainsi que d'autres considérations liées à l'évaluation (Section 2.3).

2.1. OBJECTIF ET CONTEXTE

L'objectif de cette étude est d'actualiser l'estimation du CDE réalisée en 2003 au Maroc. Plus précisément, la présente étude estime en termes monétaires le coût économique de la dégradation environnementale causée par les activités déroulées pendant l'année de référence 2014 - l'année la plus récente pour laquelle la plupart des informations sont disponibles.

Il faudrait noter que certaines activités ont des impacts à court terme (*impacts actuels*); par exemple, la pollution de l'air cause souvent des problèmes de santé (p.e. bronchite, symptômes respiratoires). D'autres activités ont des répercussions à long terme (*impacts futurs*): le défrichement induit des pertes des services éco systémiques pour une période assez longue, jusqu'à la régénération des écosystèmes. **Cette étude estime la valeur des impacts actuels et futurs causés par les activités déroulées pendant l'année de référence.** Ainsi, elle mesure la valeur actualisée des coûts annuels et futurs en utilisant un taux d'actualisation de 6% (Banque mondiale 2016) et un horizon temporel de 25 ans, choisi comme durée moyenne d'une génération³².

Le CDE estime des pertes à trois niveaux: social, à travers la morbidité et mortalité dues à la pollution de l'air et de l'eau; économique, tel que les pertes de production des forêts et des terres de parcours dues aux défrichements; et environnemental, comme

³² En supposant qu'une personne d'âge moyen pourra bénéficier des services environnementaux pour encore 25 ans.

la réduction de la valeur récréative des plages causée par la dégradation du littoral. L'évaluation se fonde sur des informations secondaires. Les résultats finaux sont exprimés en pourcentage du produit intérieur brut (PIB) pour montrer l'ampleur des dommages par rapport à un indicateur macroéconomique.

L'étude s'est déroulée entre Mai 2015 et Mai 2016. La collecte de données s'est basée sur des consultations avec des représentants des ministères concernées, des publications officielles et des articles scientifiques publiés aux niveaux national et international.

2.2. MÉTHODES D'ÉVALUATION

L'analyse est groupée selon sept catégories environnementales: eau, air, sols, forêts, déchets, littoral et environnement global. Pour chaque catégorie, l'étude estime les impacts de la dégradation environnementale à travers plusieurs méthodes d'évaluation. Le Tableau 2.1 présente un résumé de ces méthodes, alors que les paragraphes suivants décrivent brièvement leur application pour chaque catégorie. Pour une description détaillée de la méthodologie d'évaluation, plusieurs publications sont disponibles (Dixon et al., 1994; Freeman 2003; NRC 2005; Barbier 2007; Markandya 2014; Mendelsohn et Olmstead 2009).

Eau. La dégradation de l'eau induit plusieurs coûts pour l'économie et l'environnement. Certains dommages, comme l'ensablement des barrages, la surexploitation des eaux souterraines et le déversement des eaux domestiques et industrielles, sont estimés à travers la méthode basée sur le coût de remplacement, qui apprécie la valeur d'un dommage à travers le coût de restauration des bénéfices perdus à cause de la dégradation. D'autres dommages, comme ceux liés aux changements et variabilité climatiques et à la dégradation des zones humides, sont estimés à travers la méthode du changement en productivité. Cette méthode évalue la conséquence d'une pression (p.ex. diminution de la disponibilité en eau) sur la productivité (p.ex. de l'agriculture), ou bien sur la valeur économique totale d'une zone (p.ex. zones humides).

En outre, les pratiques inadéquates d'approvisionnement en eau potable, d'assainissement et d'hygiène ont des effets

négatifs sur la santé, tels que la diarrhée et la malnutrition. Ces maladies causent des pertes en termes de mortalité, évaluées à travers le concept de valeur statistique de la vie (VSV), et de morbidité, estimées sur la base du nombre d'années de vie vécues avec de l'incapacité (AVI) (Encadré 2.1). En plus, l'étude estime les coûts de traitement et de soin en considérant les coûts effectivement payés (médicaments, consultations médicales, hospitalisation) imputables à la diarrhée, aussi bien que les coûts d'opportunité du temps passé par la famille auprès des enfants malades.

Air. La pollution de l'air a des impacts significatifs sur la santé humaine. L'étude estime les effets de la pollution de l'air extérieur due à l'exposition de la population aux particules fines en suspension dans l'air ($PM_{2,5}$) au Maroc; et ceux de la pollution de l'air intérieur causés par l'exposition aux $PM_{2,5}$ de la population rurale utilisant du combustible solide pour la cuisson. La pollution de l'air extérieur et intérieur provoque des décès prématurés chez les adultes et les enfants³³. L'étude quantifie ces impacts en utilisant les plus récentes relations cause à effet développées par la littérature épidémiologique³⁴. En termes monétaires, l'estimation des coûts de mortalité se base sur la VSV, alors que celle de la morbidité se fonde sur le consentement à payer (CAP) pour éviter la perte d'utilité créée par des risques de morbidité (Encadré 2.1).

Sols. La dégradation des sols affecte les terres agricoles, à travers l'érosion des terres de culture en sec et la salinisation des terres de culture irriguées; et les terres de parcours, à cause du défrichement, de la désertification et de la dégradation. Les impacts de ces problèmes sont estimés sur la base de la méthode du changement de productivité, en s'appuyant sur des relations cause à effet entre les pressions sur les sols (p.ex. érosion, salinisation) et la réduction de la productivité des terres. L'estimation monétaire se base sur le prix de marché (pour la production agricole) et le transfert des bénéfices (pour les services de régulation et culturels fournis par les terres de parcours).

³³ Il s'agit de décès dus aux cardiopathies ischémiques, accidents vasculaires cérébraux, maladies pulmonaires obstructives chroniques et cancer du poumon chez les adultes ; ainsi que des infections aiguës des voies respiratoires inférieures chez les enfants (Pope et al. 2009 ; 2011 ; Lim et al. 2012).

³⁴ Voir l'Encadré 4.2, chapitre 4 pour une description détaillée de ces relations.

Tableau 2.1. Dégradation de l'environnement et méthodes d'évaluation

	Les impacts principaux	Méthode d'évaluation employée
Eau	Impacts sur l'environnement et l'économie <ul style="list-style-type: none"> • envasement des barrages • surexploitation des eaux souterraines • dégradation des zones humides • variabilité climatiques sur la disponibilité en eau • déversement eaux domestiques et industrielles 	Coût de remplacement Coût de remplacement Changement de productivité Changement de productivité Coût de remplacement
	Impacts sur la santé <ul style="list-style-type: none"> • diarrhée • malnutrition 	VSV (mortalité) et AVI (morbidité) Coût de traitement et d'opportunité
Air	Impacts sur la santé <ul style="list-style-type: none"> • pollution de l'air extérieur • pollution de l'air intérieur 	VSV (mortalité) CAP (morbidité)
Sols	Terres agricoles <ul style="list-style-type: none"> • impact de l'érosion sur les terres de cultures en sec • impact de la salinisation des terres de cultures irriguées 	Changement de productivité Prix de marché
	Terres de parcours <ul style="list-style-type: none"> • impact du défrichement, désertification et dégradation 	Changement de productivité ; Prix de marché ; Transfert des bénéfices
Forêts	Défrichement	Prix de marché Prix des biens de substitution
	Incendies	Transfert des bénéfices Coût de remplacement
Déchets	Déchets ménagers <ul style="list-style-type: none"> • collecte insuffisante des déchets • pollution des eaux souterraines • moins-value des terrains • potentiel d'électricité et recyclage perdus 	CAP Coût de restauration Prix hédoniques Coût d'opportunité
	Déchets industriels dangereux <ul style="list-style-type: none"> • absence de valorisation huiles usagées • coût d'exposition au plomb 	Prix de marché AVI (morbidité)
Littoral	<ul style="list-style-type: none"> • impact de la surpêche • pertes récréatives dues à la dégradation des plages 	Changement de productivité CAP
Environnement global	<ul style="list-style-type: none"> • impacts des émissions CO₂ provenant de différents secteurs économiques sur l'environnement global 	Prix du carbone et la valeur sociale du carbone

Notes: VSV = valeur statistique de la vie; AVI = années de vie vécues avec de l'incapacité; CAP = consentement à payer

Encadré 2.1. Estimation de la mortalité et morbidité

L'estimation de la **mortalité** peut se baser sur le concept de la valeur statistique de la vie (VSV, ou *Value of Statistical Life*) ou de la valeur statistique des années de vie (VSAV, ou *Value of Statistical Life Years*) (Desaigues et al. 2011 ; Narain et Sall 2016). Ce chapitre utilise le premier concept pour mesurer la valeur de la mortalité. La VSV se fonde sur le principe que les actions et les décisions humaines impliquent souvent l'évaluation des risques pour la santé. Par exemple, en acceptant une offre de travail, nous évaluons implicitement tous ses caractéristiques comme le salaire, l'ambiance de travail et le risque pour la santé. Les emplois qui comportent des risques pour la santé offrent souvent des compensations additionnelles, par exemple un salaire plus élevé. En examinant ces évaluations implicites, nous pouvons déduire la valeur que les individus donnent pour une réduction marginale du risque de mortalité, et calculer la VSV (Viscusi 2005).

L'estimation de la VSV a été l'objet de nombreuses études dans le monde (p.ex. Etats Unies, Canada, Italie, Chine, Suède), citées par plusieurs méta analyses (Biausque 2012 ; Bellavance et al. 2009 ; Lindjehm et al. 2011). A notre connaissance, aucune évaluation n'a été conduite pour Maroc. Cependant, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE 2012) a évalué la VSV pour neuf pays de la région à une moyenne variant de 4,4 à 4,8 millions de \$EU (valeur ajustée en prix 2014). En utilisant la méthode du transfert des bénéfices, nous estimons la VSV pour Maroc, comme suit (Narain et Sall 2016):

$$VSV_{\text{Maroc}} = VSV_{\text{OCDE}} * [(PIB/habitant)_{\text{Maroc}} / (PIB/habitant)_{\text{OCDE}}]^e$$

Ou :

$$VSV_{\text{Maroc}} = VSV \text{ pour Maroc}$$

$$VSV_{\text{OCDE}} = VSV \text{ pour les pays OCDE (moyenne)}$$

$$(PIB/habitant)_{\text{Maroc}} = \text{PIB par habitant au Maroc}$$

$$(PIB/habitant)_{\text{OCDE}} = \text{PIB par habitant pour les pays OCDE (moyenne)}$$

e = élasticité de la VSV au revenu (variant de 1 à 1,4 avec une estimation centrale de 1,2)

Sur cette base, la VSV_{Maroc} est estimée entre 183,000 et 200,000 de \$EU. Ceci correspond à un intervalle de 1,5 millions de dirhams à 1,7 millions de dirhams, soit une moyenne de **1,6 millions de dirhams**. Nous utilisons cette estimation pour l'évaluation d'un décès prématuré du aux déterminants environnementaux.

L'estimation de la valeur de la **morbidité** est réalisée à travers deux façons:

(1) pour les impacts de la pollution de l'air sur la santé (Chapitre 4), la valeur de la morbidité se fonde sur le consentement à payer (CAP) pour éviter la perte d'utilité créée par les risques de morbidité (p. ex. toux chronique, etc.). Selon une analyse entreprise dans les pays de l'OCDE (Hunt et al. 2016 ; OCDE 2014), le coût de morbidité due à la pollution de l'air est environs 10% du coût de mortalité.

(2) pour les autres impacts liés aux déterminants hydriques de la santé (Chapitre 3) et à l'exposition au plomb (Chapitre 7), l'évaluation se base sur le concept de l'années de vie vécues avec de l'incapacité (AVI). Il n'y a pas de consensus sur l'évaluation monétaire de l'AVI. Deux approches pourraient être considérées:

» l'approche du capital humain, à travers laquelle la valeur économique d'une année perdue à cause d'une maladie est équivalente au PIB par habitant, soit 27 360 de dirhams.

» l'approche basé sur la VSAV, en utilisant le transfert des bénéfices estimés pour les pays OECD (Desaigues et al. 2011). Ainsi, la VSAV pour le Maroc serait estimée entre 31 200 de dirhams et 97 800 de dirhams, soit une moyenne de 64 500 de dirhams.

En considérant la valeur minimale entre les deux estimations obtenues ci-dessus, la valeur de la morbidité due aux déterminants hydriques de la santé et à l'exposition au plomb correspond à **27 360 de dirhams** en 2014.

Forêts. Les forêts marocaines sont sujettes à certaines pressions, telles que les défrichements, les incendies, et d'autres formes de surexploitation. Nous estimons les pertes des biens et services fournis par les forêts à cause des défrichements et incendies. L'estimation du coût lié au défrichement considère une perte totale des bénéfices sur la surface défrichée pour toute la période d'analyse. La valeur de ces pertes est estimée à travers plusieurs méthodes: prix de marché (pour le bois, le liège, les

produits non ligneux), prix des biens de substitution (fourrage) et transfert de bénéfices (recréation). L'évaluation du coût lié aux incendies prend en compte les pertes des services éco systémiques ainsi que d'autres coûts nécessaires pour la régénération des formations boisées incendiées (travaux sylvicoles, clôtures, etc.)³⁵.

³⁵ L'évaluation considère que ces pertes sont graduellement récupérées au fur et à la mesure que les forêts se régénèrent.

Déchets. Dans cette catégorie, nous estimons les coûts de dégradation liée aux déchets ménagers, en termes de: collecte insuffisante des déchets, sur la base du CAP de la population pour une meilleure couverture de la collecte; pollution des eaux souterraines, en s'appuyant sur le coût de traitement des eaux polluées avec lixiviats; moins-value des terrains, estimée à travers la différence des prix des terrains avec des caractéristiques similaires situés à proximité des dépotoirs sauvages; et potentiel d'électricité et recyclage perdus à cause du manque de récupération du méthane, sur la base du manque à gagner de ces bénéfices. En plus, nous évaluons le coût de dégradation liée aux déchets industriels dangereux en termes de pertes économiques dues à l'absence de valorisation des huiles usagées, en se basant sur le prix de marché; et l'impact de l'exposition au plomb sur la santé des enfants, en s'appuyant sur l'AVI (Encadré 2.1).

Littoral. La concentration des activités touristiques, portuaires et de pêche dans certaines zones du littoral est à l'origine de pressions exercées sur les écosystèmes vivants et les paysages. L'étude estime: (i) le coût de la surpêche, à travers la méthode du changement de productivité. Ainsi, les pertes de poisson sont évalués sur la base de la différence entre le stock optimal et le stock courant; (ii) la perte récréative due à la dégradation des plages, à travers le CAP des touristes pour une meilleure qualité des plages.

Environnement global. Le développement économique du pays conduit aux émissions de gaz à effet de serre, tels que le dioxyde de carbone (CO_2), le dioxyde de soufre (SO_2) et le méthane (CH_4). Cette étude estime le coût global lié aux émissions de gaz à effet de serre (GES) sur la base des émissions totales CO_2 -équivalentes, et la valeur de 1tCO_2 – sur la base du prix sur le marché international, ainsi que de la valeur sociale du carbone.

2.3. LIMITATIONS DE L'ETUDE

Malgré la gamme riche de méthodes disponibles, cette étude démontre que leur application est souvent contentieuse. Tout d'abord, la précision des résultats diminue

plus la portée de l'étude est vaste. Les évaluations à l'échelle nationale sont donc beaucoup moins précises que celles obtenues à un niveau local ou au niveau d'un projet.

Par ailleurs, il convient de préciser que certaines pertes ou dégâts restent difficiles à estimer. Dans certains cas, le manque de données nécessaires impose le recours à l'utilisation des résultats d'autres études (à travers la méthodologie du transfert des bénéfices) réalisés dans des contextes similaires. Ceci rend les résultats encore plus approximatifs ou partiels. Dans d'autres cas, le manque d'information rend certaines évaluations partielles (p.ex. l'impact de l'urbanisation, voir l'Encadré 2.2); ou empêche complètement l'évaluation d'autres impacts, au niveau micro (p.ex. les effets des nitrates sur la qualité de l'eau, de l'envasement des barrages sur la turbidité de l'eau, de la dégradation du milieu marin sur la biodiversité) ainsi que macro (p.ex. les impacts indirects de la dégradation environnementale sur la sécurité alimentaire, les exportations, la croissance du PIB). Par conséquent, il est important de souligner que les résultats finaux expriment des **ordres de grandeur**, qui sont souvent sujets à des sous-estimations.

Il convient aussi de noter que cette étude a bénéficié d'une disponibilité d'informations majeure par rapport à l'étude CDE réalisée en 2003. Ceci a permis d'inclure plusieurs coûts de dégradation qui n'ont pas été pris en compte dans l'étude précédente, tels que la surexploitation des eaux souterraines, les pertes en zones humides, la pollution de l'eau par les rejets domestiques et industriels, les impacts des déchets dangereux, etc. En outre, la présente étude utilise souvent une méthodologie différente par rapport à celle employée par le rapport précédent. Dans certains cas, ceci est dû à l'évolution de la méthodologie même pendant les derniers 15 ans, comme c'est le cas des relations cause à effet pour estimer les impacts de la pollution de l'air sur la santé (Chapitre 4); dans d'autres cas, les informations disponibles aux niveaux national et international ont permis l'utilisation des approches plus précises de la même méthodologie (Chapitre 5). En raison de ces différences, les résultats de ces deux études **sont difficilement comparables**.

Encadré 2.2. Les effets de l'urbanisation sur l'économie et l'environnement

L'urbanisation a des impacts sur l'environnement et les espaces naturels et agricoles. Bien que la présente étude ne dédie pas un chapitre aux effets de l'urbanisation, ces effets sont indirectement pris en compte dans plusieurs chapitres. Dans la mesure du possible, l'étude a essayé de tenir compte des impacts physiques et non physiques liés à l'urbanisation, afin d'estimer le coût de dégradation y afférant. Cependant, la disponibilité d'informations a permis une évaluation monétaire uniquement de certains impacts, et une évaluation qualitative d'autres effets, comme présenté ci-dessous :

- » Le phénomène d'urbanisation accentué génère un étalement urbain des villes au détriment des espaces naturels et agricoles environnant et s'accompagne d'un allongement des déplacements au quotidien, d'une hausse des émissions de gaz à effet de serre, ainsi que d'une imperméabilisation des sols. Ces effets ont été pris en compte dans le cadre du Chapitre 5 (pertes dues au défrichement des terres de parcours), Chapitre 6 (coût lié au défrichement des forêts), et Chapitre 9 (coût relatif aux émissions de gaz à effet de serre).
- » L'habitat non réglementaire dispose rarement de systèmes d'évacuation des eaux usées ou des déchets solides. Cette situation peut se traduire à travers une forte pollution des eaux et du sol. Certains de ces impacts ont été traités dans le Chapitre 3 (qui estime le coût lié au déversement des eaux domestiques et industrielles non traitées) et Chapitre 7 (à travers l'impact de la pollution des eaux souterraines par le lixiviat).
- » La densité urbaine accentuée a des impacts sur la pollution de l'air et sur l'augmentation des effets de serre. Ces effets ont été pris en compte dans le Chapitre 4 (à

travers le coût de la pollution de l'air) et le Chapitre 9 (qui estime le coût lié aux émissions de gaz à effet de serre).

- » Les opérations de construction sont susceptibles de modifier ou de perturber directement ou indirectement une composante des milieux naturels et humains. Elle sont reliés aux différentes phases de réalisation des projets, à savoir la pré construction, la construction et l'exploitation/entretien. Certains impacts de ces opérations ont été estimés dans le Chapitre 4 - dédié au coût de la pollution de l'air, qui traite les polluants atmosphériques générés aussi par le secteur de construction.
- » Le littoral marocain connaît une pression importante tant pour les ressources qu'il dispose que pour ses potentialités. Il fait également l'objet d'une forte spéculation foncière et subit un mouvement d'urbanisation important pouvant provoquer une dégradation des zones côtières et une pollution des sites. Le Chapitre 8 décrit l'importance de l'urbanisation comme facteur majeur de dégradation (Encadré 8.1) et prend en compte indirectement le coût de la pollution des sites à travers la réduction de la valeur récréative des plages.
- » La construction et l'entretien des routes absorbent une importante production nationale de granulats et génère des déchets routiers colossaux, mis en décharge. De même, les travaux routiers, en dehors de la circulation, contribuent en grande partie à l'augmentation des émissions de CO₂. Le Chapitre 9, dédié à l'estimation du coût des émissions des gaz à effet de serre prend en compte les émissions CO₂ provoqués par les travaux routiers.

RÉFÉRENCES

Banque mondiale. 2016. Discounting costs and benefits in economic analysis of World Bank projects.

Barbier, E. 2007. Valuing ecosystem services as productive inputs. *Economic Policy* 22: 177–229.

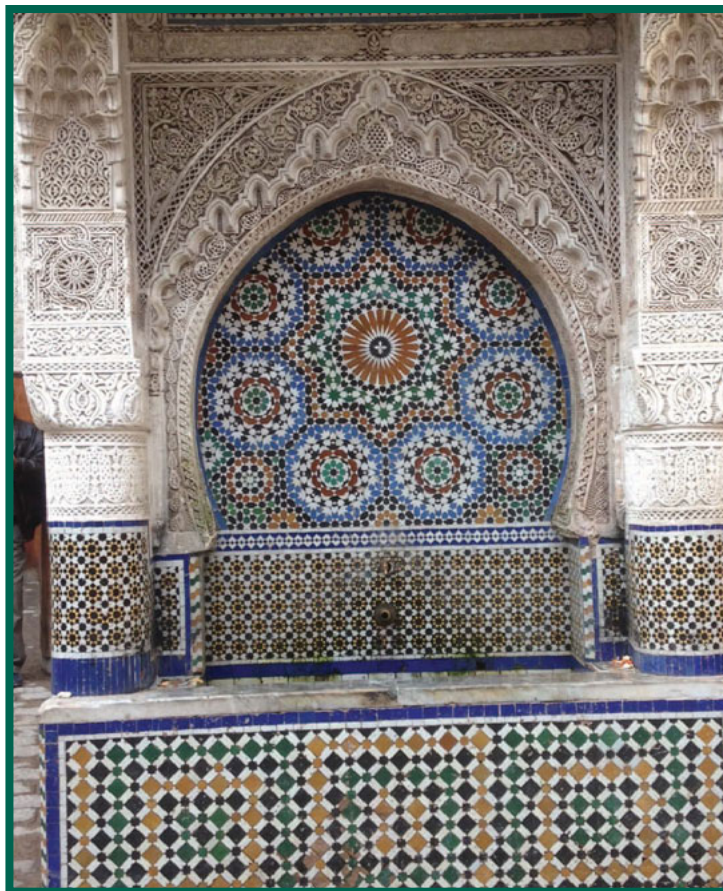
Bellavance, François & Dionne, Georges & Lebeau, Martin. 2009 “The value of statistical life: A meta analysis with a mixed effects regression model.” *Journal of Health Economics*, vol. 28(2), pages 444–464.

Biausque, V. 2012. The Value of Statistical Life: a meta-analysis. OECD ENV/EPOC/WPNEP(2010)9/FINAL.

Desaigues B., D. Amia, A. Bartczak, M. Braun-Kohlová, S. Chilton, M. Czajkowski, V. Farreras, A. Hunt, M. Hutchison, C. Jeanrenaud, P. Kaderjak, V. Mácac, O. Markiewicz, A. Markowska, H. Metcalf, S. Navrud, J.S. Nielsen, R. Ortiz S. Pellegrini, A. Rabl, R. Riera, M. Scasny, M.-E. Stoeckel, R. Szántó, J. Urban. 2011. Economic valuation of air pollution mortality: A 9-country contingent valuation survey of value of a life year (VOLY). *Ecological Indicators* 11 (2011) 902–910.

Dixon, J.A., Scura, L.F. Carpenter, R.A. and P.B. Sherman. 1994. *Economic Analysis of Environmental Impacts*. Earthscan, London.

- Freeman, A. M., III. 2003. The measurement of environmental and resource values: theory and methods. Second edition. Resources for the Future, Washington, D.C., USA.
- Hunt, A.J, Ferguson, Hurley F., Searl, A. 2016. Social Costs of Morbidity Impacts of Air Pollution, OECD Environment Working Papers, No. 99, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5jm55j7cq0lv-en>
- Lim, S.S., Vos, T., Flaxman, A.D., Danaei, G., et al. 2012. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010 : a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 380 : 2224-60.
- Lindhjem, H., S. Navrud et N. Axel Braathen. 2010. Valuing lives saved from environmental, transport and health policies: a meta-analysis of stated preference studies. OECD.
- Markandya, A. 2014. Economic principles and overview of valuation methods for environmental impacts. https://www.czp.cuni.cz/Vzdel/letni_skola/program/Markandya_Economic%20principles%20and%20overview%20of%20valuation%20methods%20for%20environmental%20impacts.pdf
- Mendelsohn, R., and S. Olmstead. 2009. The economic valuation of environmental amenities and disamenities: methods and applications. *Annual Review of Environment and Resources* 34:325–347.
- Narain, U. et C. Sall. 2016. Methodology for Valuing the Health Impacts of Air Pollution. Discussion of Challenges and Proposed Solutions. World Bank.
- NRC National Research Council, 2005. Valuing ecosystem services: toward better environmental decision making. National Academies Press, Washington, D.C., USA.
- OECD Organization for Economic Cooperation and Development, 2012. Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies
- OECD Organization for Economic Cooperation and Development, 2014. The Cost of Air Pollution : Health Impacts of Road Transport, Paris.
- Pope CA III, Burnett RT, Krewski D, et al. 2009. Cardiovascular mortality and exposure to airborne fine particulate matter and cigarette smoke : shape of the exposure-response relationship. *Circulation*, 120 : 941–948.
- Pope CA III, Burnett RT, Turner, M, et al. 2011. Lung cancer and cardiovascular disease mortality associated with ambient air pollution and cigarette smoke: shape of the exposure-response relationships. *Environmental Health Perspectives*, 119 (11) 1616–21.
- Viscusi, W. 2005. The Value of Life. Discussion Paper No. 517. Harvard Law School.



CHAPITRE 3

EAU

Abdellatif Khattabi et Lelia Croitoru

Le Maroc se caractérise par un climat fortement contrasté avec un régime pluviométrique marqué par une forte irrégularité spatiale et temporelle. Les ressources en eau y sont gravement menacées par la surexploitation et la détérioration de leurs qualités, et plus encore aujourd’hui alors que s’y ajoute l’impact du changement climatique. Ce chapitre estime les coûts économiques de la dégradation des ressources hydriques du Maroc. Après une introduction et une présentation générale du secteur de l’eau (Sections 3.1 et 3.2), le chapitre examine les principales pressions qui s’exercent sur la ressource (Section 3.3), présente l’approche d’évaluation (Section 3.4) et estime les principaux impacts de la dégradation de l’eau sur **l’environnement et l’économie** (Section 3.5) et sur **la santé** (Section 3.6). La section 3.7 présente les conclusions du chapitre.

3.1. INTRODUCTION

Les ressources en eau du Maroc sont sujettes à des pressions anthropiques croissantes et continues sous l’effet notamment de la croissance démographique, du développement socio-économique du pays et du changement des modes de vie et de consommation. Ces pressions affectent tant la disponibilité de l’eau que sa qualité, et se manifestent par des prélèvements excessifs, des rejets polluants et des changements dans l’affectation des sols (REEM 2015).

En outre, sous l’effet du changement climatique, les précipitations moyennes diminuent au fil du temps, tandis que leur intensité et leur variabilité intra-annuelle augmentent, induisant ainsi des risques de crues et de sécheresses (DMN 2007). La diminution des précipitations et leur irrégularité temporelle conduisent à une intensification de l’exploitation des réserves en eau souterraine pour la satisfaction des besoins en eau d’irrigation et à un dysfonctionnement de l’exploitation des infrastructures hydrauliques existantes.

Les statistiques de ces dernières années montrent une nette tendance à la baisse de la disponibilité hydrique par habitant. La disponibilité de l’eau – d’environ 1 700 m³

par personne dans les années soixante-dix – n’est actuellement que d’environ³⁶ 700 m³. Outre les sécheresses récurrentes subies par le pays au cours des trois dernières décennies, une demande croissante, résultant notamment de la croissance de la population et du développement économique, a accentué cette tendance.

Des études hydrologiques ont montré que la fréquence des sécheresses a augmenté. Une analyse des données historiques du climat du pays sur une période de 30 ans a démontré l’apparition de sécheresses modérées tous les trois ans, de sécheresses moyennes tous les cinq ans et de graves sécheresses tous les 15 ans (Banque mondiale 2013). Le déficit en termes de satisfaction de la demande d’eau à l’échelle nationale pourrait atteindre 4 milliards de m³ d’ici à 2050 dans une hypothèse de baisse de 15 % des apports (SCN 2010).

Aujourd’hui, plus que dans le passé, la question de l’eau se pose avec acuité au Maroc. Le pays est classé parmi les 20 pays les plus stressés en termes de disponibilité des ressources en eau. Il est indexé à 4,2 sur une échelle de 5, le qualifiant comme un pays « extrêmement risqué » en matière de disponibilité de l’eau (WRI 2014). Cette vulnérabilité est d’autant plus importante que la sécurité alimentaire du pays dépend de l’agriculture, elle-même fortement liée à la pluviométrie et à la disponibilité des ressources hydriques ; les terres agricoles pluviales représentent en effet 85 % de la superficie agricole utile, soit 7,4 millions ha (MAPM 2014a).

L’agriculture marocaine, principal pilier de l’économie du pays, est donc presque totalement dépendante de la pluviométrie dont le volume varie selon les régions et les années agricoles. Les rendements des principales cultures subiront des variations très importantes en raison de la forte variabilité des précipitations et de la fréquence élevée des sécheresses (Jlibene et Balaghi 2009). La dépendance du secteur agricole à l’égard des précipitations est très bien illustrée par la forte baisse du produit intérieur brut (PIB) agricole constatée en 1995, une année caractérisée par une faible hydraulité (198,2 mm), alors qu’en 1996, année de fortes précipitations (591,3 mm), il a enregistré une augmentation de 78 %. La variation de 1 à 3 de la

pluviométrie entre ces deux années consécutives a plus que quintuplé la production des céréales, le plus important contributeur à la formation du PIB agricole (Balaghi et al. 2007). La pénurie en eau qui se confirme d’année en année a des répercussions négatives aussi bien sur la santé et le bien-être de l’homme que sur la santé et l’intégrité des écosystèmes.

3.2. LES RESSOURCES EN EAU

Eaux conventionnelles. Les ressources hydriques dont dispose le Maroc sont limitées de manière naturelle par la situation géographique du pays et son exposition aux aléas climatiques. Le potentiel hydraulique mobilisable dans les conditions techniques et économiques actuelles est estimé à environ 22 milliards de m³, dont 18 milliards de m³ d’eaux superficielles et 4,3 milliards de m³ d’eaux souterraines (DRPE 2015). Cette estimation reste tributaire du niveau d’évaporation des eaux³⁷ et de l’intensité des précipitations qui dépendent du changement climatique. Devant ces défis, le stockage des eaux souterraines – en plus que la quantité d’eau renouvelable – représente une ressource d’importance stratégique pour faire face aux sécheresses futures.

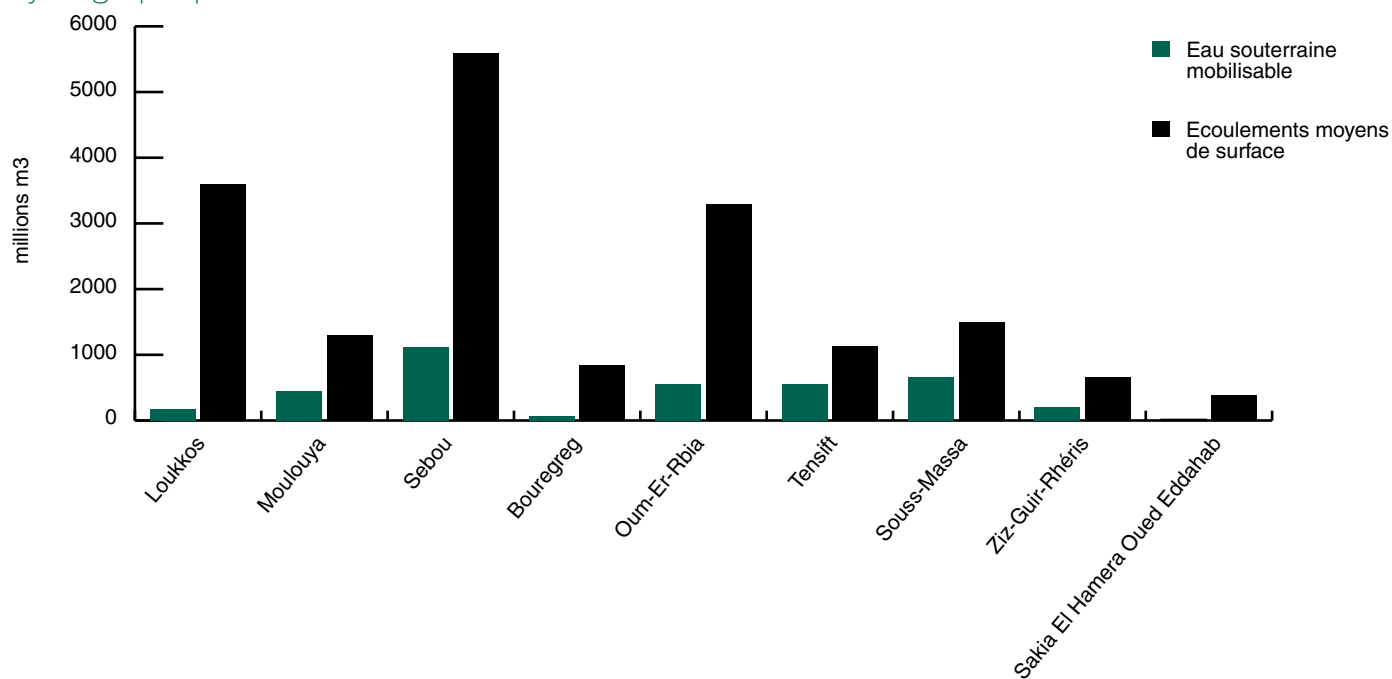
Les apports pluviométriques se caractérisent par une forte irrégularité spatiale et temporelle. Environ 50 % de ces apports sont concentrés sur 15 % seulement de la superficie totale du pays, et 67 % des ressources en eaux superficielles sont stockées dans les bassins hydrauliques de Loukkos, Sebou et d’Oum Er Rbia (Figure 3.1).

Dans un contexte de rareté des ressources hydriques, et pour accompagner le développement du pays, le Maroc s’est engagé depuis longtemps dans la mise en place d’importantes infrastructures hydrauliques. Cette politique a permis de doter le pays de 140 grands barrages totalisant une capacité de stockage d’environ 17,6 milliards de m³ et de plusieurs milliers de forages et de puits captant les eaux souterraines (MdEau 2016b).

³⁶ <http://www.water.gov.ma/ressources-en-eau/presentation-generale/>

³⁷ Ceci varie d’une région à une autre et selon les saisons, entre 1.35 et 2.7 mètres (Loup 1957), et atteint 2.8 mètres à Ouarzazate (Agoussine et al. 2004).

Figure 3.1. Eaux souterraines et écoulements moyens d'eau de surface par bassin hydrographique



Source : SNE (2010)

Ces infrastructures ont permis d'assurer le développement de l'irrigation à grande échelle sur une superficie avoisinant 1,5 million ha, l'approvisionnement en eau potable de presque la majorité de la population aussi bien urbaine que rurale, la satisfaction des besoins en eau industrielle et touristique et la production d'environ 10 % de l'énergie électrique consommée.

Le pays a aussi adopté une politique de solidarité entre les régions en vue d'assurer la répartition géographique des ressources hydriques. À cet effet, des transferts d'eau inter-régionaux ont été mis en œuvre bien que ces transferts soient très coûteux aussi bien pour l'économie que pour l'environnement.

Eaux non conventionnelles. Le Maroc s'est engagé dans la mobilisation des eaux non conventionnelles pour pallier le déficit hydrique. Il s'agit de la réutilisation des eaux usées traitées, de la recharge artificielle des nappes souterraines et de la production d'eau douce par dessalement d'eau de mer ou déminéralisation d'eau saumâtre (Casanova et al. 2013). Le Plan national de l'eau (PNE) fixe un objectif des eaux usées réutilisées de 325 millions m³ par an, à l'horizon 2030.

Le dessalement de l'eau de mer est une solution pour l'approvisionnement en eau potable des provinces du sud qui sont faiblement dotées en eau conventionnelle. Le volume d'eau de mer actuellement dessalée est de 300 000 m³ par jour, soit 109,5 millions de m³ par an (DRPE 2014)³⁸. La SNE prévoit une production d'eau de mer dessalée à l'horizon 2030 de près de 400 millions de m³ par an. Il est prévu de réaliser à court et à long termes des unités à Laayoune, Agadir, Tiznit, Sidi Ifni, Chtouka, Essaouira, Safi, El Jadida, Casablanca, Al Hoceima et Saidia (Ziyad 2009).

Outre la mobilisation des eaux non conventionnelles et le dessalement de l'eau de mer, le Maroc oriente sa politique de gestion de l'eau vers une rationalisation de la demande. La faible efficacité de l'utilisation de l'eau se manifeste par des systèmes d'irrigation et des réseaux de distribution d'eau potable faiblement performants à l'origine de pertes importantes de volumes d'eau. Des efforts sont entrepris pour réaliser des économies d'eau dans l'irrigation en favorisant l'adoption de systèmes d'irrigation localisée

³⁸ Le coût du dessalement de l'eau de mer est compris entre 10 et 20 dirhams par m³, soit un coût moyen de 15 dirhams par m³ (SECEE 2011).

ainsi que dans la consommation d'eau potable par l'amélioration des réseaux de distribution et de la facturation.

3.3. LES PRINCIPALES PROBLÉMATIQUES

Plusieurs problèmes affectent les ressources en eau au Maroc, liés à la réduction de la disponibilité et à la dégradation de la qualité de ces ressources.

» *Diminution de la quantité d'eau disponible*

La rareté. Les ressources hydriques dont dispose le Maroc sont naturellement limitées en conséquence de la situation géographique du pays et de son exposition aux aléas climatiques. Ces limitations s'accroissent avec la progression des besoins économiques liés à la croissance démographique et une utilisation peu efficace de l'eau caractérisée par le gaspillage de la ressource, plus particulièrement de l'eau d'irrigation.

L'envasement des barrages. La dégradation des écosystèmes naturels continentaux, causée principalement par les prélèvements excessifs de bois de forêts, le surpâturage et les défrichements des terrains forestiers et de parcours au profit de l'extension des cultures ou d'autres usages, contribue à l'accentuation de l'érosion hydrique et éolienne, surtout dans le cas des terrains qui sont déjà en état de vulnérabilité critique. Ces pressions anthropiques conjuguées aux impacts du changement climatique, engendrent un changement dans l'affectation des sols et accentuent par conséquent les différentes formes d'érosion. Il en résulte, entre autres impacts, l'envasement des retenues des barrages avec une perte de capacité de stockage estimée à 75 millions m³ par an (DRPE 2014). Celle-ci engendre une perte en volume régularisé ou garanti pour les usagers, qui varie selon les bassins hydrauliques.

La surexploitation des eaux souterraines. Sous l'effet d'une surexploitation occasionnée par la demande en eau des activités économiques et aussi par la satisfaction des besoins en eau potable, on constate un rabattement important des aquifères. L'impact de cette surexploitation est exacerbé par la diminution des précipitations liée à la variabilité du climat et à son changement.

L'évolution des niveaux du plan d'eau a connu des baisses généralisées sur l'ensemble des principales nappes du Royaume. On note que le volume annuel moyen surexploité est d'environ 955 millions de m³/an (MdEau 2016b).

Le changement climatique est aujourd'hui une réalité au Maroc, comme partout d'ailleurs dans le monde. Le GIEC (2015) estime avec un degré de confiance élevé que d'ici le milieu du siècle le débit annuel moyen des cours d'eau et la disponibilité des ressources en eau diminueront dans le bassin méditerranéen et cette baisse des ressources en eau est imputable aux changements climatiques.

Une étude (Driouech 2010) portant sur l'analyse des précipitations dans la région atlantique (notamment au nord de Safi), pendant la période 1961–2008, a montré des baisses décennales de 5 % (à Tanger) et de 17 % (à Midelt) par rapport à la moyenne des précipitations de la période 1961–1990. Une autre étude effectuée par la Banque mondiale (2013) a montré que, selon les modèles climatiques (MPI, MRI, CSIRO) et les scénarios d'émissions (A1B et A2) utilisés pour évaluer le climat du Maroc, les précipitations sont susceptibles d'atteindre des baisses de 41 % d'ici à la fin du siècle par rapport à la période de référence 1961–1990. Cette baisse varie selon les modèles et les scénarios, comme le montre le tableau ci-dessous.

Dans le cadre de la Troisième communication nationale (MEMEE 2016), il a été conclu après usage de deux scénarios du GIEC (RCP 2.6 et RCP 8.5) et pour les échéances fixées par le GIEC dans son cinquième rapport, qu'une tendance à la baisse des cumuls annuels des précipitations sera observée et cette baisse se situera entre 10 et 20 % pour atteindre 30 % sur les provinces sahariennes à l'horizon 2100.

Au Maroc, on a déjà assisté à une diminution significative des précipitations lors des dernières décennies (DMN 2007) affectant le remplissage des retenues des barrages et la recharge des nappes phréatiques. L'analyse de l'évolution historique des apports hydriques au Maroc entre 1950–1996 a fait apparaître une réduction de ces apports d'environ 20 %, soit une diminution moyenne annuelle de 0,43 %.

Tableau 3.1. Changement de précipitation

Période	Statistiques	A1B			A2		
		CSIRO	MPI	MRI	CSIRO	MPI	MRI
Référence (1961–1990)	Précipitations moyennes (mm)	197,04	209,74	199,64	197,04	209,74	199,67
Période actuelle (1991–2020)	Changement de précipitations	–1 %	–12 %	4 %	1 %	–15 %	3 %
Milieu du siècle (2040–2069)	Changement de précipitations	–15 %	–35 %	–21 %	–19 %	–24 %	–4 %
Fin du siècle (2070–2099)	Changement de précipitations	–21 %	–38 %	–3 %	–21 %	–41 %	–7 %

Banque mondiale (2013)

En se basant sur cette dernière estimation qui n'est qu'un ordre de grandeur qui renseigne sur une baisse observée et probablement aussi attendue, et sur un potentiel hydraulique mobilisable dans les conditions techniques et économiques actuelles d'environ 22 milliards de m³, on pourra estimer la perte annuelle d'eau qui résulterait du changement climatique à 94,6 millions de m³ (22 milliards de m³ * 0,43%). Cette situation se traduit par un manque à gagner au niveau de la production énergétique et par une faible intensification agricole (El Badraoui et Berdai 2011).

» **Dégradation de la qualité des ressources en eau**

Dans le cadre de la surveillance de la qualité des ressources en eau et en vue d'orienter les prises de décisions visant à sauvegarder ou à restaurer leur qualité, le Département de l'eau procède régulièrement, à travers ses Agences de bassins hydrauliques, à l'évaluation qualitative des ressources en eau.

La qualité des eaux de surface et souterraines est compromise par diverses pollutions solides et liquides. En effet, les mesures et les analyses de la qualité de l'eau effectuées au cours de l'année 2014–2015 (MdEau 2016a) ont conclu que les cours d'eau ont été globalement de qualité bonne à moyenne à l'exception des points de prélèvements situés en aval des rejets urbains. En effet 71 % des stations échantillonnées ont présenté une eau de qualité excellente à moyenne et 29 % des stations de qualité mauvaise à très mauvaise.

En ce qui concerne les eaux souterraines, la qualité bactériologique et organique des nappes contrôlées est excellente à bonne. La qualité minéralogique et azotée a connu une détérioration par endroits ou généralisée. En effet, 45 % des stations d'eaux souterraines affichent une qualité dégradée contre 55 % une qualité excellente à moyenne, résultant de la pollution par les nitrates et la salinité.

De nombreux déversements de déchets solides – domestiques ou industriels – se font soit dans des décharges non contrôlées (souvent localisées en bordures de cours d'eau), soit directement dans la nature. Le retard accusé dans l'équipement en infrastructures d'assainissement liquide conduit souvent à la vidange des eaux non épurées dans les cours d'eau ou dans la mer. L'impact de ces noyaux de vie sur l'environnement peut se traduire dans une forte pollution du sol et des eaux.

De fait, les charges polluantes domestiques générées par les rejets liquides urbains et ruraux sont estimées à près de 400 000 tonnes de matières oxydables et le volume des eaux usées épandues dans le milieu naturel par l'industrie atteint environ 964 millions de m³ par an, dont 80 millions de m³ déversés dans le Domaine public hydraulique (DRPE 2014). Il faudrait mentionner également que les eaux usées produites dans le monde rural contribuent aussi à la pollution des eaux, surtout dans des zones où cette production est concentrée.

L'activité industrielle est assurée par plus de 8 000 unités de production, réparties en 227 activités, dont 81 sont

jugées potentiellement polluantes. Dans le cadre du Fonds de Dépollution industrielle (FODEP), 74 projets de traitement des rejets liquides ont été réalisés et ont permis de traiter 40 000 m³ d'eau usée par jour (MdEau 2016a) soit environ 14,5 millions de m³ par an. En plus, dans le cadre du Mécanisme Volontaire de Dépollution Industrielle Hydrique (MVDIH), les projets retenus vont permettre le traitement d'environ 21 000 m³ d'eaux usées par jour, soit 7 millions de m³ par an (communication avec le Ministère délégué chargé de l'environnement). Les rejets industriels provoquent une augmentation de la température des ressources en eau ; une modification du pH ; une modification de la turbidité ; une consommation d'oxygène ; et, des effets inhibiteurs et toxiques des micropolluants organiques et métalliques (Jaouher 2009).

La dégradation de la qualité des eaux résulte aussi de l'écoulement et l'infiltration de lixiviats produits au niveau des décharges non contrôlées de déchets solides. Le coût qui en résulte est estimé dans le chapitre consacré aux déchets solides. Des informations précises en ce sens pouvant être exploitées à des fins d'estimation du coût de dégradation ne sont pas encore disponibles.

L'industrie minière est aussi une source non négligeable de pollution hydrique par le biais des eaux d'exhaure et de lavages des minerais, des eaux usées et des déchets solides qu'elle génère suite à l'extraction et au traitement des minerais. Il convient de noter à cet égard qu'une étude du Ministère chargé de l'eau relative à l'impact de la pollution minière sur la qualité des ressources en eau est en cours.

La pollution diffuse générée par l'usage d'intrants agricoles chimiques (engrais et pesticides) est aussi une source de pollution des eaux de surface par le lessivage d'éléments chimiques, ou des eaux souterraines par l'infiltration de ces éléments. On observe une dégradation de la qualité des eaux souterraines à cause de la pollution par les nitrates (MdEau 2016a). En effet 45 % des eaux souterraines ont été évaluées de qualité dégradée contre 55 % de qualité excellente à moyenne. Ces teneurs élevées ont été enregistrées dans les nappes de Béni Amir, Béni Moussa, Maâmora (73 mg/l) et Fès Meknès qui atteint 154 mg/l. Des tendances à la hausse ont été également constatées dans certaines régions. La pollution par les nitrates

constitue une pression importante sur les ressources en eau souterraine, représentant ainsi une menace pour la santé humaine, plus particulièrement dans le monde rural qui l'utilise comme eau potable.

Malgré les conclusions de ce rapport et d'autres études qui confirment l'impact négatif de l'agriculture intensive sur certaines nappes souterraines, le manque et l'insuffisance de données qui renseignent et documentent les impacts de la consommation de l'eau sur la santé humaine rendent l'évaluation du coût de dégradation de cet impact au niveau national difficile à réaliser.

La pollution des eaux se manifeste par la présence de teneurs élevées en nitrates dans les eaux souterraines et par une qualité chimique et biochimique dégradée des eaux de surface. L'évaluation de la qualité de l'eau a montré que près de la moitié des ressources hydriques souterraines et la moitié des ressources des eaux superficielles sont affectées par la pollution (DRPE 2014). La quasi-totalité des stations où les mesures ont été réalisées est située à proximité de cours d'eau affectés par les rejets urbains et industriels qui proposent une qualité d'eau dégradée.

La qualité des eaux des aquifères côtiers, aussi bien sur le littoral atlantique que le long du littoral méditerranéen, est aussi affectée par la salinisation. Les aquifères côtiers du Maroc, sont très vulnérables à la salinisation, due à des prélèvements supérieurs à la capacité de renouvellement³⁹, à la diminution des précipitations et à l'élévation du niveau de la mer liée au changement climatique. En conséquence, l'intrusion de l'eau de mer rend l'eau de ces aquifères non utilisable. Plusieurs cas sont observés le long des côtes atlantiques et méditerranéennes marocaines (El Mandour 1998 ; Hilali 2002 ; Stitou El Messari 2002).

La qualité des eaux des retenues de barrages et de rivières peut être aussi affectée par l'eutrophisation. Ce phénomène est observé dans de nombreux sites et il est dû aux conditions climatiques (faibles précipitations) et aux rejets organiques et minéraux dans les eaux. Cette eutrophisation, outre les problèmes techniques qu'elle engendre au

³⁹ Pour les besoins d'irrigation ou d'approvisionnement d'infrastructures touristiques

niveau des infrastructures hydrauliques, nuit à la qualité des eaux potables et augmente le coût de traitement.

3.4. APPROCHE ET MÉTHODES D'ÉVALUATION

Les ressources hydriques, de surface ou souterraines, fournissent plusieurs biens et services, tels que l'eau d'irrigation, l'eau potable, le maintien de l'habitat aquatique et de la biodiversité. La somme de ces catégories de valeurs forme la valeur économique totale (VET) de ces écosystèmes. Le concept de VET a été très utilisé pour estimer la valeur de divers écosystèmes, tels que les zones humides (Turner et al. 2000) et les forêts (Merlo and Croitoru 2005). La VET comprend trois composantes principales : la valeur d'usage direct, qui découle de l'utilisation directe de la ressource, telle que l'utilisation de l'eau potable ou de l'eau d'irrigation ; la valeur d'usage indirect, liée aux services fournis par la ressource ; et la valeur de non-usage, qui est attribuée aux autres espèces ou habitats sans intention ou possibilité de les utiliser, par exemple la conservation de la biodiversité.

Toute variation négative des flux de biens et services fournis par les ressources hydriques induit une perte de

valeur. En particulier, la dégradation de l'eau engendre des impacts en termes de : i) valeurs d'usage direct, telles que pertes dans l'agriculture irriguée, la pêche, la santé et le tourisme ; ii) valeurs d'usage indirect : déclin du prix des terrains urbains avoisinant le littoral pollué ; et iii) valeurs de non-usage : perte de la biodiversité aquatique. Ces pertes se traduisent par des coûts économiques. Le Tableau 3.2 illustre brièvement les méthodes utilisées pour évaluer les coûts des différentes formes de dégradation, alors que les sections suivantes présentent l'application détaillée de chaque méthode.

Il faudrait noter que le processus d'évaluation des coûts économiques est relativement délicat compte tenu de la diversité et de la complexité des différents coûts qui peuvent être associés à la dégradation de la qualité ou de la quantité d'eau disponible. De plus, certains coûts (par exemple ceux induits par la salinisation des aquifères et par l'eutrophisation) n'ont pas été estimés en raison d'un manque de données ; d'autres dommages, tels que les pertes dans les secteurs de la pêche et du tourisme dues à la dégradation marine et côtière sont analysés dans le chapitre relatif au littoral. Le résultat de cette évaluation ne peut être qu'approximatif et renseigne sur un ordre de grandeur plutôt que sur un coût exact et exhaustif.

Tableau 3.2. Dégradation de l'eau et méthodes d'évaluation

Les impacts principaux	La méthode employée
Impacts sur l'économie et l'environnement	
Envasement des barrages	Coût de remplacement
Surexploitation des eaux souterraines	Coût de remplacement
Dégradation des zones humides classées sites Ramsar	Coût de remplacement
Changements et variabilité climatiques et diminution des apports pluviométriques	Méthode de la productivité
Pollution de l'eau et coût d'épuration des eaux usées urbaines	Coût de remplacement
Impacts sur la santé	
Diarrhée	VSV (mortalité) AVI (morbidité) Coût de traitement Coût d'opportunité
Malnutrition	VSV (mortalité) AVI (morbidité)

3.5. IMPACTS SUR L'ÉCONOMIE ET L'ENVIRONNEMENT

Cette section présente les coûts liés à la diminution de la quantité (Section 3.5.1) et de la qualité des ressources en eau (Section 3.5.2), ainsi que le coût total des impacts sur l'économie et l'environnement (Section 3.5.3).

3.5.1. COÛTS LIÉS À LA DIMINUTION DE LA QUANTITÉ DES RESSOURCES EN EAU

La diminution de la disponibilité de l'eau résulte de l'envasement des retenues des barrages, de la surexploitation des nappes phréatiques ou/et de la diminution des précipitations suite à l'impact du changement climatique. Cette diminution entraîne une perte de productivité agricole, une perte de productivité hydro-électrique, un manque à gagner en termes d'approvisionnement en eau potable et industrielle et une diminution de la valeur totale des écosystèmes humides, y compris la valeur d'usage récréatif. Cette section estime les coûts liés : i) à l'envasement des barrages ; ii) à la surexploitation des eaux souterraines ; iii) aux pertes en zones humides ; et iv) aux pertes liées au changement climatique.

i) L'envasement des barrages

L'envasement annuel des barrages correspond à une perte en capacité de stockage des retenues d'environ 75 millions de m³ par an (DRPE 2014). Ceci engendre une perte en volume régularisé ou garanti pour les usagers. En considérant qu'au moins 30 %⁴⁰, en moyenne, de l'érosion du sol est susceptible d'être induite par des activités anthropiques dégradant le milieu telles que la surexploitation des forêts, les défrichements, le surpâturage, les pratiques agricoles inadaptées, la perte de capacité de stockage des barrages occasionnée serait de l'ordre de 22,5 millions de m³ par an.

Le coût de l'envasement des barrages a été évalué sur la base du coût de développement des ressources en eaux par les barrages qui varie entre 0,6 à 2 dirhams par m³ (MdEau 2016b). Sur cette base, le coût total varie entre

13,5 millions de dirhams et 45 millions de dirhams, soit une moyenne de **29,3 millions de dirhams**.

Il convient de mentionner que l'envasement des barrages entraîne aussi d'autres coûts que nous n'avons pas la possibilité d'estimer dans la présente étude, faute de données suffisantes. Il s'agit des coûts qui sont dus à la turbidité des eaux, source de coûts supplémentaires pour le traitement des eaux potables et des coûts de maintien des systèmes d'irrigation localisée, l'eutrophisation, l'envasement des canaux d'irrigation dû aux eaux trop chargées en matières en suspension occasionne aussi des coûts supplémentaires, etc.

ii) La surexploitation des eaux souterraines

Le volume annuel moyen surexploité est d'environ 955 millions de m³/an, reparti par bassins hydrauliques comme illustré par le tableau ci-dessous.

Tableau 3.3. Surexploitation par bassin hydraulique

Bassins	Volume surexploité Mm ³ /an
Loukkos	–
Moulouya	30
Sebou	157
Bouregreg et la Chaouïa	32
Oum Er Rbiâa	298
Tensift	180
Souss-Massa- Drâa	255
Guir- Ziz-Rhris	–
Sakia El Hamra et Oued Eddahab	3
Total	955

Source : MdEau (2016b)

Le coût annuel induit par la surexploitation des nappes souterraines a été estimé sur la base du coût de mobilisation des eaux en quantité équivalente, plus particulièrement pour les bassins les plus concernés par la surexploitation de Souss Massa, Sebou, Tensift et Oum Errabiaa.

» **Bassin Souss Massa Draa** : Le volume d'eau souterraine surexploité de ce bassin est estimé à

⁴⁰ Estimée sur la base de l'avis des experts en aménagement des bassins versants

255 millions de m³/an. Le dessalement de l'eau de mer, aussi bien pour l'alimentation en eau potable que pour l'irrigation, peut alléger la pression sur la nappe. En se basant sur un coût moyen de dessalement de⁴¹ 10 dirhams/m³, le coût engendré par ce remplacement est de l'ordre de 2 550 millions de dirhams.

» **Bassin Sebou** : Un projet de transfert de l'eau à partir du complexe Mdez-Ain Timdrine vers la plaine de Saiss est prévu pour la sauvegarde de la nappe de Saiss. La totalité de la production de l'eau du barrage, soit 120 millions de m³, est destinée à l'irrigation de 30 000 ha de terres agricoles réparties en 5000 exploitations appartenant à 25 000 agriculteurs. Le coût financier pour l'année 2010 du complexe est de 1 138 millions de dirhams et le coût des aménagements de l'infrastructure d'irrigation est de 3800 millions de dirhams (prix de l'année 2014) (communication avec le Chef de Service, Ministère de l'agriculture, 9 septembre 2016). En considérant que le complexe a une durée de vie de 50 ans et l'aménagement d'infrastructures d'irrigation une durée de vie de 45 ans, une valeur résiduelle nulle après ces périodes, un taux de capitalisation de 6 % et un taux d'inflation de 1,2%, on peut estimer le coût de transfert associé à l'année 2014 à 68,8 millions de dirhams⁴² pour le complexe et à 245,9 millions de dirhams⁴³ pour les infrastructures d'irrigation, soit un total de 314,7 millions de dirhams.

» **Bassin Tensift** : La réutilisation des eaux usées pour alléger la pression sur la nappe dont la surexploitation est évaluée à 180 millions de m³/an, nécessitera six stations d'épuration des eaux usées (STEP) de capacité identique à celle actuellement installée à Marrakech en 2011 qui offre une capacité de 33 millions de m³/an pour un coût total d'investissement de 1 232 millions de dirhams⁴⁴. En se basant sur une durée de vie de 25 ans par STEP, une valeur résiduelle nulle à la

fin de la période et un taux d'inflation de 1,2%, l'annuité actualisée pour l'année 2014 serait de 550,8 millions de dirhams.

» **Bassin Oum Errabiaa** : La mobilisation de l'eau par les barrages pour soulager la pression sur la nappe (dont la surexploitation est estimée à 298 millions de m³/an) coûterait environ 1,3 dirhams/m³. Ainsi le coût moyen annuel serait de 387,4 millions de dirhams.

Le coût total annuel est donc estimé à **3 803 millions de dirhams**.

iii) Les pertes en zones humides

Selon le premier inventaire national des zones humides (INZH), on dénombre au Maroc plus de 120 sites situés principalement entre le Moyen et le Haut Atlas. Depuis, les résultats provisoires du deuxième INZH, publiés au début de 2014, mentionnent l'existence de 300 zones humides, dont vingt-quatre sites Ramsar. Ces zones humides sont sources d'une multitude de biens et services écosystémiques. Cependant, ces écosystèmes fragiles subissent diverses pressions anthropiques et naturelles, notamment par la réduction de l'approvisionnement ou leur surexploitation. Outre les perturbations hydrologiques causées par l'usage croissant des eaux de surface et souterraines à des fins domestiques ou agricoles, ces zones humides subissent les pressions des rejets polluants et des défrichements (Chillasse et Dakki 2004).

Sur un échantillon de 23 zones humides, on estime qu'environ 25 % de la surface ont été perdus par assèchement entre 1978 et 1999, soit une perte moyenne annuelle minimum de 1,2 % de la superficie des 23 sites (Green et al. 2002). Si on applique ce taux de perte aux 24 sites Ramsar couvrant une superficie d'environ 272 000 ha, la superficie minimum perdue annuellement dans des zones humides d'importance majeure serait de l'ordre de 3 264 ha.

Khattabi (1997) estime la VET approximative⁴⁵ d'une lagune atlantique (Merja Zerga) et de ses environs. Cette

⁴¹ http://www.entreprendre.ma/Deux-nouvelles-stations-de-dessalement-d-eau-de-mer-dans-le-Souss_a5242.html

⁴² = $1138 \times 0,06 / (1 - 1/1,06^{50}) \times (1 - 0,012)^4$

⁴³ = $3800 \times 0,06 / (1 - 1/1,06^{45})$

⁴⁴ 746 millions de dirhams (coût du traitement primaire et secondaire) + 486 millions de dirhams (coût du traitement tertiaire et du réseau de réutilisation)

⁴⁵ Elle comprend les valeurs d'usage telles que l'agriculture, la pêche, la récréation pendant la saison estivale, l'exploitation de la végétation aquatique, le pâturage ainsi que la valeur de non-usage.

VET comprend les valeurs d'usage telles que l'agriculture, la pêche, la récréation pendant la saison estivale, l'exploitation de la végétation aquatique, le pâturage ainsi que la valeur de non-usage. Corrigée par l'indice des prix à la consommation des biens et services divers pour l'année 2014, cette valeur est estimée à 93 108 dirhams par ha perdu. Le coût de dégradation de l'ensemble des zones humides peut donc être estimé à **304 millions de dirhams**.

iv) Le changement et la variabilité climatiques
Le changement et la variabilité climatiques provoquent une perte annuelle d'eau estimée à 94,6 millions de m³ (voir section 3.3). Une estimation de l'impact de cette perte sur la principale utilisation de l'eau pluviale qui est l'agriculture se base sur la perte de production ou de productivité associées à la perte ou aux insuffisances des apports en eau. La valeur économique unitaire de cette perte de production ou de productivité agricole varie de 2,5 dirhams à 5 dirhams/m³ (Communication avec M. El Balghiti, MAPM, 2016). La perte économique annuelle correspondant à la baisse des apports hydriques causée par le changement et la variabilité climatiques est évaluée⁴⁶ entre 241,5 millions de dirhams et 483 millions de dirhams, soit une moyenne de **362,3 millions de dirhams**.

Cette perte ne prend pas en considération le manque à gagner en termes de charge des nappes par les précipitations, d'impact sur les écosystèmes et la biodiversité, de recharge des retenues de barrages, etc.

3.5.2. COÛTS DE LA DÉGRADATION DE LA QUALITÉ DES RESSOURCES EN EAU

Cette section essaye d'estimer le coût lié à la dégradation due au **déversement des eaux domestiques et industrielles** non traitées dans la nature.

Eaux usées domestiques. Le rejet des eaux usées non épurées de certains centres urbains et l'absence de raccordement de certains quartiers au réseau d'assainissement entraînent des problèmes de pollution des eaux.

Selon les données du Ministère chargé de l'Eau, le volume annuel d'eaux usées domestiques urbaines collectées est de 528 millions de m³, et le taux d'épuration des eaux usées domestiques urbaines est de 38 % (MdEau, 2016a). On en déduit que le volume des eaux non épurées est d'environ 327 millions de m³ par an (62 % du total). Le coût du dommage à l'environnement engendré par le déversement des eaux usées domestiques urbaines non épurées dans la nature est estimé, en hypothèse basse, sur la base du coût moyen d'épuration. En utilisant un coût d'épuration des eaux usées domestiques compris entre 1,5 et 3,5 dirhams/m³ (estimation auteurs) variant en fonction du niveau et du type de pollution et du degré de dépollution ciblé, le coût de la dégradation de la qualité de l'eau causée par les rejets domestiques urbaines est compris entre 491 millions de dirhams et 1 145,8 millions de dirhams, soit une moyenne de **818 millions de dirhams**.

Eaux usées industrielles. Pour les eaux usées industrielles répandues dans le milieu naturel, elles sont estimées à environ 964 millions de m³ par an, dont 80 millions de m³ déversés dans le domaine public hydraulique (DRPE 2014). Les projets FODEP ont pu traiter environ 14,5 millions de m³ par an (MdEau 2016a). En plus, les projets mis en œuvre dans le cadre du MVDIH permettent le traitement d'environ 21 000 m³ par jour, soit environ 7 millions m³ par an (communication avec le Ministère délégué chargé de l'environnement). N'ayant pas plus d'information sur la quantité totale d'eaux industrielles traitées (mise à part celle du FODEP et du MVDIH), nous considérons d'une manière grossière qu'au moins la moitié du volume des eaux usées industrielles n'est pas traitée, soit environ 471 millions de m³ par an $[964 - (14,5 + 7)]/2 = 471.3$ millions de m³. En se basant sur un coût moyen de traitement⁴⁷ de 7 dirhams/m³, le coût engendré serait de l'ordre de **3 297 millions de dirhams**.

À ceci s'ajoutent les coûts de la dégradation engendrée par le rejet des eaux usées produites dans le monde rural, par l'eutrophisation des eaux au niveau des retenues de barrages et par la salinisation des aquifères, qui n'ont pas pu être estimés dans le cadre de cette étude.

⁴⁶ Ce coût dépend du type de pollution, du degré d'épuration, de la capacité de traitement de l'unité d'épuration, etc. Ce coût moyen estimatif a été communiqué par le responsable du Bureau chargé du programme FODEP au niveau du MdE.

3.5.3. COÛT TOTAL DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT ET L'ÉCONOMIE

Globalement, le coût total des impacts sur l'environnement et l'économie est compris entre 8,2 milliards de dirhams et 9 milliards de dirhams, avec une moyenne **de 8,6 milliards de dirhams** pour 2014 (Tableau 3.10).

3.6. SANTÉ

Les pratiques inadéquates d'approvisionnement en eau potable, d'assainissement et d'hygiène – appelées *déterminants hydriques de la santé*⁴⁸ dans ce chapitre – peuvent causer des effets néfastes sur la santé humaine. Il s'agit d'une large gamme de maladies susceptibles d'être véhiculées par plusieurs voies de transmission : ingestion d'eau (diarrhée, arsenicose, fluorose), hygiène personnelle insuffisante (diarrhée, trachome, gale, encéphalite japonaise), contact avec l'eau contaminée (schistosomiase) et systèmes d'eau contaminée (légionellose) (OMS 2014).

Les risques pour la santé causés par les déterminants hydriques ont été analysés en profondeur dans la littérature scientifique (Esrey et al. 1991 ; Fewtrell et al. 2005 ; Waddington et al. 2009). L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a établi des relations au niveau global entre ces déterminants et la santé humaine pour certaines maladies, tels que la schistosomiase, le trachome et les infections de nématodes intestinaux (ascaridiase trichocéphalose, ankylostomiase, autre) (OMS 2014)⁴⁹. En outre, l'OMS a fourni récemment des fractions attribuables à l'environnement pour plusieurs maladies (OMS 2016)⁵⁰, y compris

⁴⁸ Ce terme correspond à l'abréviation anglaise "*inadequate WASH*" (*inadequate water, sanitation and hygiene*).

⁴⁹ En particulier, ce document cite des fractions globalement attribuables aux déterminants hydriques de la santé de 66 % à 100 % (pour l'ascaridiase, l'ankylostome, la trichocéphalose, la dengue, la schistosomiase, l'encéphalite japonaise et la trachome), de 33 % à 66 % (pour la filariose lymphatique, le paludisme, la dénutrition et ses conséquences, et la noyade). Selon le même document, la contribution des déterminants hydriques de la santé à d'autres maladies (telles que l'hépatite A, E, F, la légionellose, la gale, l'arsenicisme, la fluorose et la méthémoglobinémie) n'a pas été quantifiée globalement.

⁵⁰ Il s'agit des maladies infectieuses et parasitaires (p.e. les infections respiratoires, les infections de nématodes intestinaux, la trachome, la schistosomiase, l'encéphalite japonaise, la dengue, le paludisme, la maladie de Chagas, l'onchocercose, la leishmaniose), des maladies néonatales et nutritionnelles (p.e. des conditions néonatales et la malnutrition protéino-énergétique), et des maladies non transmissibles (p.e. cancers, cataracte).

certaines maladies vectorielles: le paludisme, la maladie de Chagas, l'onchocercose et la leishmaniose⁵¹. Cependant, puisque ces fractions sont calculées uniquement aux niveaux global et régional, et non pas au niveau de pays, nous ne les utilisons pas dans cette étude.

Des méthodes ont été développées pour le calcul des fractions attribuables aux déterminants hydriques sur la santé pour la diarrhée (Prüss-Ustun et al. 2014) et la malnutrition (Blossner et Onis 2005). Sur la base de ces méthodes, nous évaluons les impacts des déterminants hydriques sur ces maladies.

Les estimations se basent principalement sur les statistiques du Ministère de la Santé et sur des consultations avec les services de ce ministère (par exemple la Direction de l'hygiène du milieu, le Centre antipoison et de pharmacovigilance, etc.), ainsi que sur les statistiques de l'OMS pour le Maroc.

3.6.1. LA DIARRHÉE

Dans cette section, nous estimons les coûts liés : i) à la mortalité, ii) à la morbidité, ainsi que iii) aux dépenses de traitement et de soins imputables aux cas de morbidité dus à la diarrhée causée par des déterminants hydriques de la santé. Le paragraphe final iv) évalue le coût total de la diarrhée.

i) La mortalité

La mortalité chez les enfants de moins de 5 ans.

La diarrhée est l'une des causes principales de mortalité chez les enfants de moins de 5 ans dans les pays en voie de développement (voir Prüss et al. 2002). Cependant, il est important de noter qu'au Maroc, le taux de mortalité pour ce groupe d'âge a diminué considérablement au cours des dernières décennies, passant de 138 pour mille en 1979 (Ministère de la Santé 2012a) à 30,5 pour mille en 2011 (ENPSF 2011) et à 28 pour mille en 2014 (UNIGME 2015). Cette réduction est le fruit des efforts louables des programmes de santé infantile, en particulier le Programme national de vaccination et le Programme de lutte contre la malnutrition, de développement de

⁵¹ D'après les statistiques de l'OMS, parmi ces maladies vectorielles, uniquement la leishmaniose existe encore au Maroc.

soins de santé primaire en milieu rural, d'amélioration des conditions de vie et de meilleure accessibilité des populations les plus démunies aux services de santé (Ministère de la Santé 2012). Selon l'UNIGME (2015), ce taux correspond à environ 20 000 décès annuels. De plus, le pourcentage des cas de mortalité dus à la diarrhée a sensiblement baissé, passant de 9,7 % en 2000 à 5,4 % en 2013 (base de données OMS⁵²). On compte 1 080 décès infanto juvéniles dus à la diarrhée au Maroc.

Toutes les maladies diarrhéiques ne sont pas imputables au manque d'approvisionnement adéquat en eau potable ou d'assainissement et d'hygiène. Récemment, l'OMS a estimé la proportion des décès attribuables aux déterminants hydriques pour tous les pays à revenu faible et moyen pour l'année 2012 (Prüss-Ustün et al. 2014 ; OMS 2016). Ils ont établi que les déterminants hydriques sont responsables de 50 % des cas de mortalité dus à la diarrhée au Maroc⁵³. Par conséquent, on peut estimer que 540 décès infanto juvéniles sont imputables à la diarrhée causée par le manque d'approvisionnement adéquat en eau potable, d'assainissement et d'hygiène (g).

La mortalité chez les sujets de plus de 5 ans.

L'enquête nationale sur la population et la santé familiale (ENPSF 2011) ainsi que les statistiques sur la santé consultées (Ministère de la Santé 2014 ; Ministère de la Santé 2012a) ne fournissent pas d'informations sur les décès imputables à la diarrhée chez les sujets de plus de 5 ans. Cependant, les statistiques OMS (2014a) indiquent 800 décès dus à la diarrhée chez les sujets âgés de plus de 5 ans, à savoir : 0 décès pour le groupe 5–14 ans, 100 pour les 15–29 ans, 200 pour les 30–59 ans, 400 pour les 60–69 ans et 400 pour les sujets de plus de 70 ans. En considérant que 50 % seulement de ces cas sont imputables aux pratiques inappropriées liées à l'eau, ceci correspond à 400 décès (h).

Ainsi, les pertes totales annuelles liées à la mortalité sont chiffrées à 940 décès (g + h). Cette estimation est du même

ordre de grandeur que celle réalisée par l'OMS (2014b) pour le Maroc, indiquant 1 048 décès liés à l'approvisionnement en eau, assainissement et hygiène avec un intervalle de confiance de 95 %. Ce chapitre retient la valeur de 940 décès comme une estimation conservatrice.

Nous estimons les coûts liés à la mortalité sur la base de la valeur statistique de la vie (VSV). Au Maroc, elle a été estimée entre 1,5 et 1,7 million de dirhams, soit 1,6 million de dirhams en moyenne (voir le Chapitre 2, Encadré 2.1). Sur cette base, la perte annuelle due aux décès diarrhéiques est estimée entre 1,45 milliard de dirhams et 1,58 milliard de dirhams, soit une moyenne de **1,51 milliard de dirhams**.

ii) La morbidité

La morbidité chez les enfants de moins de 5 ans.

Le Recensement général de la population et de l'habitat 2014 indique une population totale de 33,8 millions habitants en 2014 (HCP 2015). Par ailleurs, la proportion des enfants de moins de 5 ans s'élève à 8,8 % de la population totale (Ministère de la Santé 2014). On peut donc estimer la population infanto juvénile à 3 millions d'enfants (Tableau 3.4).

L'ENPSF (2011) indique que la prévalence de diarrhée durant les deux dernières semaines précédant l'enquête est de 16,3 % au niveau national; les enfants les plus touchés par la diarrhée habitent dans les régions de Taza-Al Hoceima-Taounate (36,7 %), Souss-Massa-Draa (23,7 %) et Rabat-Salé-Zemmour-Zaer (23,5 %). Aucune information n'est disponible concernant les variations saisonnières de la morbidité chez les enfants. En utilisant la prévalence estimée au niveau national, nous obtenons 11,8 millions de cas de diarrhée par an. La proportion des cas imputables aux déterminants hydriques de la santé est estimée à 50 % (données OMS), ce qui correspond à 5,9 millions de cas. En considérant une durée moyenne de 4,6 jours/épisode (ENPSF 2011), la durée totale de cette maladie est estimée à 27,2 millions de jours.

Nous estimons les pertes dues à la morbidité sur la base de la valeur des années de vie vécues avec de l'incapacité (AVI), développée par l'OMS. Ce concept se base sur le fait qu'une maladie légère représente une petite fraction d'une AVI, alors qu'une maladie plus sévère représente

⁵² OMS, Global Health Observatory data repository, <http://apps.who.int/gho/data/view.main.ghe300-MAR?lang=en> (Février 2016)

⁵³ Estimé en divisant le nombre de décès dus à la diarrhée causée par des déterminants hydriques (1048 décès en 2012 selon l'OMS 2014b, p. 23) par le nombre total de décès diarrhéiques (2 078 décès en 2012 selon la base de données OMS http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/en/)

Tableau 3.4. Coût de la morbidité des enfants de moins de 5 ans

	Évaluation	Notes/sources
Population enfants (< 5 ans) (millions)	3	HCP 2015 et Ministère de la Santé 2014
Prévalence de la diarrhée durant les 2 dernières semaines	16,3 %	ENPSF 2011
Nombre des cas de diarrhée par an (millions)	11,8	= 3 x 16,3 % x (365/15)
• % causé par des facteurs environnementaux (<5 ans)	50 %	Communication OMS
Nombre de cas de diarrhée due aux facteurs environnementaux (< 5 ans) (millions)	5,9	= 11,8 x 50 %
Durée d'un cas de diarrhée (jours/cas)	4,6	ENPSF 2011
Durée de la maladie (jours, millions)	27,2	= 5,9 x 4,6
Distribution des cas :		
• forme légère (% des cas)	90,5 %	ENPSF 2011
• forme modérée (% des cas)	8,9 %	ENPSF 2011
• forme sévère (% des cas)	0,6 %	ENPSF 2011
Facteurs de pondération :		
• forme légère	0,061	Salomon et al. 2012
• forme modérée	0,202	Salomon et al. 2012
• forme sévère	0,281	Salomon et al. 2012
Années vécues avec invalidité (AVI) totaux (< 5 ans)	5,574	27,2 millions jours * (90,5% * 0,061 + 8,9% * 0,202 + 0,6% * 0,281)/365
Valeur AVI (dirhams)	27 360	HCP 2015
Coût de la diarrhée chez les enfants (millions dirhams)	152,5	

une fraction importante d'une AVI. Pour exprimer la sévérité des maladies, cette méthodologie utilise des facteurs de pondération. Pour la diarrhée, ils varient de 0,061 pour une forme légère, à 0,202 pour une forme modérée, et à 0,281 pour une forme sévère (Salomon et al. 2012).

Sur la base de l'ENPSF (2011), 0,6 % des cas de diarrhée étaient sévères⁵⁴, 8,9 % modérés⁵⁵ et le solde de 90,5 % légers. En appliquant les facteurs de pondération de chaque forme de diarrhée, le nombre de cas total est estimé à 5 574 AVI (i). Il faudrait noter que cette estimation est largement inférieure à celle obtenue par l'OMS pour l'année 2012, indiquant 12 900 AVI⁵⁶. Puisque ce chapitre utilise des informations nationales relatives à une

année plus récente, nous retenons 5 574 AVI comme une estimation conservatrice.

Morbidité chez les sujets de plus de 5 ans. Comme dans le cas de la mortalité, nous n'avons pas trouvé d'informations sur la morbidité imputable à la diarrhée dans les enquêtes (ENPFS 2011) et statistiques nationales. Cependant les statistiques OMS (2014a) indiquent 21 000 AVI dus à diarrhée chez les sujets âgés de plus de 5 ans, à savoir : 4 200 AVI pour le groupe d'âge 5–14 ans, 5 000 AVI pour les 15–29 ans, 9 100 AVI pour les 30–59 ans, 1 400 AVI pour les 60–69 ans, et 1 300 AVI pour les sujets âgés de plus de 70 ans. En estimant que 50 % de ces cas seulement sont imputables aux déterminants hydriques de la santé, ceci correspond à 10 500 AVI (j).

Ainsi, les pertes totales annuelles dues à la morbidité sont chiffrées à 16 074 AVI (i + j). Nous évaluons le coût lié à la morbidité sur la base de la valeur monétaire d'une AVI, soit 27 360 dirhams (voir le Chapitre 2, Encadré 2.1). Par

⁵⁴ Ces cas incluent la diarrhée sanglante (0,4%) ainsi que la diarrhée sanglante accompagnée de fièvre (0,2%) (ENPFS 2011, p. 224).

⁵⁵ Ces cas présentaient une association diarrhée et fièvre (ENPFS 2011, p. 224).

⁵⁶ Dans le GBD (2014), l'OMS fournit une estimation de 25 900 AVI pour ce groupe d'âge. Si l'on considère que 50 % sont dus aux facteurs environnementaux, l'estimation atteint 12 900 AVI.

conséquent, le coût de la morbidité due aux maladies diarrhéiques atteint **592 millions de dirhams**.

iii) Coûts de traitement et de soin

Nous estimons le coût des traitements sur la base des dépenses directes engagées pour traiter les enfants malades. Selon l'ENPSF (2011), les mères ont cherché à obtenir un traitement uniquement dans 36,4 % des cas⁵⁷, à savoir 2,15 millions d'enfants. Les coûts de traitement et de soin varient largement selon la gravité de la maladie.

⁵⁷ La justification du non recours aux soins (63,6 % des cas de diarrhée) varie : état de l'enfant jugé peu grave ; éloignement des structures de soin ; coût élevé ; expérience antérieure ; non disponibilité du service ; ainsi qu'indisponibilité des parents (ENPSF 2011).

Le Tableau 3.3 fournit l'estimation des coûts de traitement pour chaque forme de diarrhée. En conséquence, le coût total de traitement est estimé à **454 millions de dirhams**.

En outre, pour les cas les plus sévères, la famille ou le personnel spécialisé doit consacrer du temps aux enfants malades. Le coût de ce temps est estimé sur la base du revenu perdu au cours de la période passée avec les enfants. En se basant sur le salaire minimum horaire de 12,2 dirhams en 2014, une période de 8 heures par jour et la durée moyenne d'un cas (4,6 jours), le coût d'opportunité du temps consacré aux enfants malades est estimée à **6 millions de dirhams**. Ainsi, les coûts de traitement et de soin des maladies diarrhéiques s'élèvent à environ **460 millions de dirhams**.

Tableau 3.5. Coûts de traitement et de soin des enfants atteints de diarrhée

	Évaluation	Notes/sources
Cas de diarrhée imputables aux facteurs liés à l'eau (millions)	5,9	Voir Tableau 3.4
Cas de diarrhée ayant reçu un traitement (% du total)	36,4 %	ENPSF 2011
Nombre de cas ayant reçu un traitement (millions)	2,2	
• Forme légère		
Nombre de cas	1 946 109	90,5 % du total (ENPSF 2011)
Coût de traitement (DH/cas)	150	Inclut le coût de consultation d'un médecin généraliste (100 DH) et des médicaments (50 DH/cas) (communication médecin)
<i>Coût de traitement de la diarrhée légère (millions DH) (1)</i>	292	
• Forme modérée		
Nombre de cas	191 385	8,9 % du total (ENPSF 2011)
Coût de traitement (DH/cas)	750	Inclut le coût de consultation d'un médecin généraliste (100 DH), des médicaments (150 DH/cas) et le coût d'une journée d'hospitalisation pour hydratation (500 DH) (communication médecin)
<i>Coût de traitement de la diarrhée modérée (millions DH) (2)</i>	144	
• Forme sévère		
Nombre de cas	12 902	0,6 % du total (ENPSF 2011)
Coût de traitement (DH/cas)	1 450	Inclut le coût de consultation d'un médecin spécialiste (200 DH), des médicaments (250 DH/cas) et le coût d'1 journée d'hospitalisation pour hydratation (1 000 DH) (communication médecin)
<i>Coût de traitement de la diarrhée sévère (millions DH) (3)</i>	19	
Coût total de traitement (millions DH) (1+2+3)	454	
• Coût du temps passé à s'occuper des enfants malades		
Nombre total des cas de diarrhée sévère	12 902	
Valeur d'une journée de travail perdu (DH/jour)	100	Basé sur le SMIG horaire (12,24 DH/h) et 8h / jour
Durée moyenne d'1 cas (jours/cas)	4,6	
Coût de soin (millions DH)	6	
Coût total de traitement et de soin (millions DH)	460	

Note : Les résultats peuvent ne pas correspondre exactement à cause de l'arrondissement.

iv) Coût total de la diarrhée

Globalement, le total des coûts liés à la diarrhée causée par des pratiques inappropriées liées à l'eau, l'assainissement et l'hygiène est estimé entre 2,5 milliards de dirhams et 2,63 milliards de dirhams, soit une moyenne de **2,57 milliards de dirhams** en 2014.

Il est intéressant de comparer les estimations des cas de mortalité et de morbidité infanto juvénile dues à la diarrhée en 2014 et en 2000 (Banque mondiale 2003). Les estimations de l'étude précédente ne peuvent toutefois pas être comparées directement à celles de cette étude à cause de différences méthodologiques⁵⁸. Pour arriver à des

⁵⁸ Par exemple, l'étude précédente a utilisé seulement l'approche du capital humain et non pas celle basée sur la VSV.

estimations comparables, nous avons recalculé l'estimation pour l'année 2000 en adoptant la méthode de calcul de 2014 (Tableau 3.6).

Concernant la mortalité, il faut noter que : i) la mortalité chez les enfants (toutes causes) a baissé de presque 30 % ; ii) grâce au Programme de lutte contre les maladies diarrhéiques, le taux moyen de mortalité infanto juvénile due à la diarrhée a diminué de 20 % à 5,4 %. Par conséquent, le coût de la mortalité a été divisé par cinq, passant de 4,3 milliards de dirhams en 2000 à environ 844 millions de dirhams en 2014. Concernant la morbidité, la prévalence de la diarrhée pendant les deux semaines précédant l'enquête a baissé de 21 % à 16,3 %. Ceci correspond à une baisse des cas de diarrhée de 7,8 millions en 2000 à 5,9 millions en 2014, soit une diminution de 24 %.

Tableau 3.6. Comparaison de la mortalité et la morbidité entre 2000 et 2014

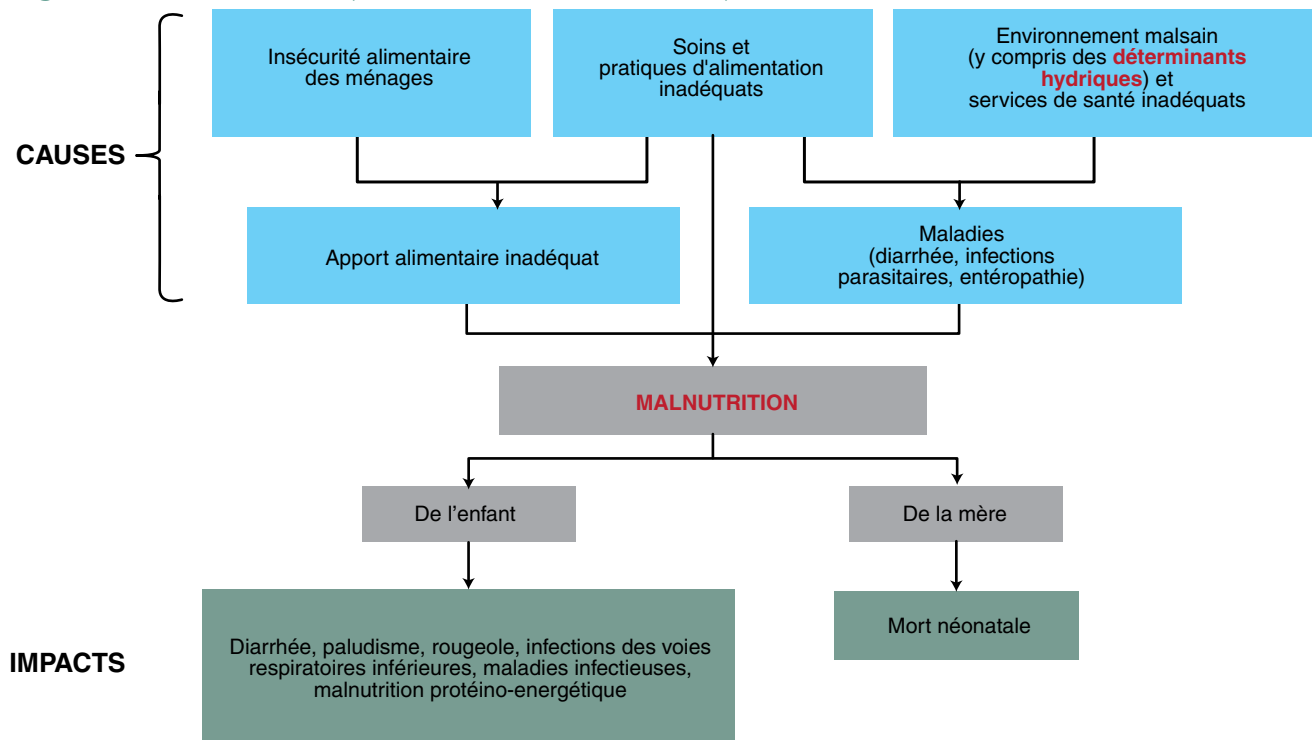
	Quantité (2000)	Quantité (2014)
Mortalité enfants < 5 ans		
Décès annuels chez les enfants (toutes causes, < 5 ans)	27 951	20 000
Taux de mortalité due aux maladies diarrhéiques chez les enfants (<5 ans)	20 %	5 %
Décès dus aux maladies diarrhéiques chez les enfants (<5 ans)	5 590	1 080
• causés par des facteurs environnementaux (%) (<5 ans)	50	50
Décès annuels dus à la diarrhée causée par des facteurs environnementaux (<5 ans)	2 795	540
Morbidité enfants < 5 ans		
Population enfants (< 5 ans) (millions)	3	3
Prévalence de la diarrhée durant les 2 dernières semaines	21 %	16 %
Cas de diarrhée (millions)	15,6	11,8
• causée par des facteurs environnementaux (%) (<5 ans)	50	50
Cas de diarrhée causés par des facteurs environnementaux (<5 ans)	7,8	5,9

3.6.2. LA MALNUTRITION

La malnutrition désigne les carences, excès ou déséquilibres de l'apport énergétique, protéique et nutritif. Elle englobe à la fois la dénutrition et la surnutrition. Dans cette section, le terme « malnutrition » se réfère uniquement à la dénutrition, qui se traduit par un déficit de l'apport

énergétique de macronutriments (lipides, glucides et protéines) et des carences en micronutriments (vitamines et minéraux). Elle se traduit habituellement par une perte de poids corporel (OMS 2015). La Figure 3.2 et les paragraphes suivants illustrent les causes et les impacts de la malnutrition.

Figure 3.2. Cadre conceptuel des causes et des impacts de la malnutrition



Sources : Basé sur OMS (2005 et 2015)

Causes de la malnutrition. La malnutrition peut être le résultat des plusieurs facteurs, tels qu'un apport alimentaire insuffisant, de mauvaises conditions d'alimentation, de logement et de soins de santé, ainsi que des déterminants hydriques de la santé. Ces derniers facteurs peuvent affecter l'état nutritionnel de l'enfant de diverses manières, telles que : i) maladies diarrhéiques, nuisant à l'état nutritionnel par une perte d'appétit, une malabsorption des nutriments et une augmentation du métabolisme (Caulfield et al. 2004 ; Petri et al. 2008 ; Dewey et al. 2011) ; ii) par l'intermédiaire d'infections parasitaires intestinales, telles que les infections d'ankylostome pouvant provoquer une anémie chez les femmes enceintes et les enfants ; et iii) les entéropathies, susceptibles d'apparaître chez les enfants vivant dans des conditions sanitaires précaires les exposant à une forte charge de pathogènes⁵⁹ (OMS 2015).

Impacts de la malnutrition. Selon l'OMS, la malnutrition, source de plusieurs maladies, peut affecter directement l'enfant par : la diarrhée, le paludisme, la rougeole, les

infections des voies respiratoires inférieures, d'autres maladies infectieuses (hors le virus de l'immunodéficience humaine, VIH)⁶⁰ et la malnutrition protéino-énergétique. De plus, la malnutrition maternelle (insuffisance pondérale) peut contribuer à la mortalité néo-natale.

La malnutrition au Maroc. À l'échelle mondiale, la malnutrition cause environ 3,1 millions de décès d'enfants chaque année, ce qui représente 45 % de tous les décès d'enfants de moins de 5 ans (Black et al. 2013). Au Maroc, l'état nutritionnel des enfants a connu un progrès très significatif par rapport à la décennie précédente. Le Tableau 3.7 illustre ceci en proposant une comparaison entre différents indicateurs de nutrition, sur la base des résultats de l'ENPSF (2011) et EPSF (2003). Ce progrès est le fruit des stratégies et programmes mis en œuvre par le Ministère de la Santé en faveur de la promotion d'une alimentation saine et de la lutte contre les carences en micronutriments, tels que le Programme national de lutte

⁵⁹ L'ingestion chronique d'agents pathogènes peut provoquer une inflammation et des dommages récurrents à l'intestin, entraînant une malabsorption des nutriments.

⁶⁰ Selon l'OMS, ces maladies comprennent la tuberculose, la poliomyélite, la diphtérie, le tétanos, la méningite, l'hépatite B et C, la lèpre, la dengue, l'encéphalite japonaise, le trachome, les infections par des nématodes intestinaux et les infections des voies respiratoires supérieures.

Tableau 3.7. Pourcentage des enfants âgés de 0-59 mois qui sont modérément ou sévèrement malnutris selon les normes de l'OMS

Indicateur de malnutrition	Sévérité	Résultats EPSF (2003)	Résultats ENPSF (2011)
Insuffisance pondérale ^(a)	Modéré	10,7 %	3,1 %
	Sévère	n.d.	0,8%
Retard de croissance ^(b)	Modéré	23,7 %	14,9 %
	Sévère	n.d.	4,5 %
Émaciation ^(c)	Modéré	12,7 %	2,3 %
	Sévère	n.d.	1 %
Surpoids/obésité ^(d)	Surpoids	10,4 %	12 %
	Obésité	n.d.	2,6 %

Source : ENPSF (2011). Note : n.d. = non disponible. ^(a) L'insuffisance pondérale (*underweight*) se réfère à un faible rapport poids-pour-âge, quand un enfant est mince ou petit pour son âge. ^(b) Le retard de croissance (*stunting*) se réfère à un faible rapport taille-pour-âge, quand un enfant est petit pour son âge, mais pas nécessairement mince. ^(c) L'émaciation (*wasting*) se réfère à un faible rapport poids-pour-taille où l'enfant est mince pour sa taille, mais pas nécessairement petit ^(d). Un indice de masse corporelle supérieur ou égal à 25 correspond à un surpoids; un indice de masse corporelle supérieur ou égal à 30 signale l'obésité.

contre les carences en micronutriments, le Programme de lutte contre les troubles dus à la carence en iode, etc. En outre, la Stratégie nationale de nutrition (2011–2019) a pour but de contribuer à l'amélioration de l'état de santé de la population en agissant sur l'un de ses déterminants majeurs qui est la nutrition (Ministère de la Santé 2011).

Coût de la malnutrition causée par des déterminants hydriques de la santé. L'OMS (2005) a développé une méthodologie pour estimer les impacts des déterminants hydriques sur la malnutrition. La même organisation a aussi mis à disposition un modèle numérique qui permet d'estimer ces impacts, sur la base d'informations spécifiques. Les paragraphes suivants résument les étapes et les résultats de l'application de cette méthodologie au Maroc.

i) Impacts de la malnutrition de l'enfant

La Figure 3.2 recense une gamme large de maladies générées par la malnutrition de l'enfant. Dans le cas du Maroc, il faut noter que : i) les cas de diarrhée ont été estimés dans la section précédente ; ii) d'après les statistiques de l'OMS (2014), il n'y aurait pas de cas de paludisme et de rougeole ; iii) les cas d'infections des voies respiratoires inférieures sont pris en compte dans le chapitre relatif à l'air. Par conséquent, cette section se focalise uniquement sur l'estimation des impacts des déterminants hydriques de la

santé sur les **maladies infectieuses** (hors VIH) et sur la **malnutrition protéino-énergétique**. L'estimation est réalisée en **six étapes**, décrites ci-dessous.

Étape 1 : Estimation de l'exposition des enfants à la malnutrition. Cette étape estime le pourcentage des enfants de moins de 5 ans souffrant d'insuffisance pondérale. Cet indicateur se réfère aux enfants ayant un faible rapport poids-pour-âge par rapport à la référence OMS de croissance internationale. Au Maroc, cet indicateur a été estimé à 3,1 % pour les filles et les garçons âgés de moins de 5 ans (ENPSF 2011).

Étape 2 : Calcul de la sévérité de l'exposition à la malnutrition. Cette étape estime la distribution des enfants en fonction de la sévérité de la malnutrition à laquelle ils sont exposés. Il en résulte qu'au Maroc, la malnutrition affecte 0,2 % des enfants de moins de 5 ans d'une manière sévère, 2,9 % d'une manière modérée et 16,2 % d'une manière légère (Tableau 3.8). Ces pourcentages sont légèrement supérieurs à la prévalence de la malnutrition dans une population en bonne santé selon les normes de l'OMS⁶¹.

⁶¹ Selon l'OMS (2005), la prévalence attendue dans une population en bonne santé est : 0,13 % de la population touchée par une malnutrition sévère, 2,14 % affectée par une malnutrition modérée et 13,6 % touchée par une malnutrition légère.

Tableau 3.8. Proportion des enfants exposés à la malnutrition au Maroc

Distribution des enfants < 5 ans (Maroc)	
Non affecté	80,7 %
Malnutrition légère	16,2 %
Malnutrition modérée	2,9 %
Malnutrition sévère	0,2 %

Source : Estimation sur la base du modèle de l'OMS.

Étape 3 : Estimation de la proportion de la mortalité des enfants imputable à la malnutrition.

La mortalité des enfants due aux maladies infectieuses et à la malnutrition protéino-énergétique résulte de plusieurs facteurs. Cette étape estime la proportion des décès qui est imputable à la malnutrition (« la fraction attribuable », selon l'OMS). Dans la littérature scientifique, cette proportion est évaluée en fonction de deux paramètres : la distribution des enfants en fonction de la sévérité de la malnutrition ; et la probabilité de développer ces maladies dans chaque groupe exposé par rapport à un groupe témoin (OMS 2005). Sur cette base, la proportion des décès imputable à la malnutrition a été estimée

à 4,5 % pour les maladies infectieuses et 100 % pour la malnutrition protéino-énergétique. En d'autres termes, la malnutrition cause 4,5 % des décès dus aux maladies infectieuses et la totalité des décès associés à la malnutrition protéino-énergétique.

Étape 4 : Estimation de la proportion de la morbidité des enfants imputable à la malnutrition.

La relation entre la malnutrition et la morbidité causées par les maladies infectieuses n'est pas documentée dans la littérature scientifique. Par contre, pour la malnutrition protéino-énergétique, la proportion imputable est de 100 %.

Étape 5 : Estimation de la charge totale liée à la malnutrition des enfants.

La charge de mortalité et de morbidité liée à la malnutrition est estimée en multipliant le nombre de décès et d'AVI dus aux maladies présentées ci-dessus par la proportion imputable à la malnutrition. Les informations sur les décès et les AVI sont tirées des statistiques de l'OMS (2014), alors que la proportion imputable a été estimée dans les étapes précédentes (3, 4). Il a été ainsi décompté 364 décès et 10 400 AVI dus à la malnutrition de l'enfant. En considérant que les déterminants hydriques de la santé causent seulement 50 % de ces cas (OMS 2008), la charge totale liée à la malnutrition correspond à 182 décès et 5 700 AVI (Tableau 3.9).

Tableau 3.9. Mortalité et morbidité liées à la malnutrition chez les enfants

Cause	Mortalité			Morbidité		
	Décès/an	Proportion due à la malnutrition	Décès dus à la malnutrition	Morbidité (AVI)	Proportion due à la malnutrition (%)	Morbidité due à la malnutrition (AVI)
Maladies infectieuses	1 400	4,5 %	64	n.c.	n.c.	n.c.
Malnutrition protéino-énergétique	300	100 %	300	10 400	100 %	10 400
Total cas	1 700		364	10 400	100 %	10 400
Total dû aux déterminants hydriques de la santé			182			5 700

Source : OMS (2014) pour la mortalité et morbidité par cause ; n.c. = non calculé ; n.a. = non applicable.

Étape 6 : Évaluation en termes monétaires du coût de la malnutrition des enfants. Nous estimons le coût lié à la malnutrition des enfants de la même manière que pour la diarrhée. Sur la base de la VSV (variant entre 1,5 million de dirhams et 1,7 millions de dirhams), le coût de la mortalité est évalué entre 280 millions de dirhams et 307 millions de dirhams, ce qui correspond à une moyenne de 284 millions de dirhams. De plus, si l'on considère qu'une AVI vaut 27 360 dirhams, le coût de la morbidité est estimé à 142 millions de dirhams. Globalement, le coût de la malnutrition liée aux maladies infectieuses et protéino-énergétiques chez les enfants est estimé entre 423 millions de dirhams et 449 millions de dirhams, soit **436 millions de dirhams** en moyenne.

ii) Impacts de la malnutrition maternelle

Cette section estime les impacts de la malnutrition maternelle sur la mort néo-natale. Les étapes d'évaluation sont similaires à celles de l'estimation précédente, elles se basent cependant sur des indicateurs différents.

Étape 1 : Estimation de l'exposition à la malnutrition. Cette étape estime l'exposition à la malnutrition à l'aide de deux indicateurs : i) le pourcentage des nouveau-nés ayant un faible poids à la naissance. Le Ministère de la Santé (2011) estime cet indicateur à 5,9 % ; ii) la moyenne de l'Indice de masse corporelle (IMC) des femmes âgées de 15 à 44 ans. L'ENPSF (2011) ne fournit aucune information sur cet indicateur. Cependant, les données EPSF (2003) permettent d'évaluer l'IMC à 22,5 pour le groupe d'âge 15–29 ans, et à 25,7 pour les 30–44 ans.

Étape 2 : Calcul de la proportion des enfants ayant subi une croissance intra-utérine retardée. Cet indicateur, estimé sur la base du pourcentage des nouveau-nés ayant un poids faible à la naissance, reflète la proportion des nouveau-nés affectés par la malnutrition. Pour le Maroc, il a été estimé à 1,8 % des nouveau-nés.

Étape 3 : Calcul du pourcentage de femmes ayant un faible indice de masse corporelle avant la grossesse. Cet indicateur indique le degré de sous-pondération maternel, se répercutant sur le poids des nouveau-nés. Sur la base de l'IMC des femmes âgées

de 15 à 44 ans, il a été estimé à 24 % pour le groupe d'âge 15–29 ans et à 5 % pour les 30–44 ans.

Étape 4 : Estimation de la proportion des nouveau-nés avec une croissance intra-utérine retardée due à la malnutrition maternelle. Cet indicateur mesure la proportion des nouveau-nés malnutris en raison d'une malnutrition maternelle. Pour le Maroc, la malnutrition maternelle est responsable d'une croissance retardée de 0,8 % des nouveau-nés.

Étape 5 : Estimation du coût lié à la mort néo-natale due à la malnutrition maternelle La charge de mortalité néo-natale due à la malnutrition maternelle est estimée en multipliant le nombre de décès néo-natals (4 981, selon l'OMS) par la proportion imputable à la malnutrition maternelle (0,8 %). Il en résulte 41 décès néo-natals dus à la malnutrition maternelle. En considérant que l'approvisionnement en eau, l'assainissement et l'hygiène sont responsables de 50 % de ces cas (OMS 2008), ceci correspond à 20 décès. Sur la base de la VSV ce coût est estimé entre 31 millions de dirhams et 34 millions de dirhams, soit **33 millions de dirhams** en moyenne.

iii) Coût total de la malnutrition due aux déterminants hydriques de la santé

Globalement, le coût de la malnutrition chez les enfants due aux déterminants hydriques de la santé varie entre 454 millions de dirhams et 483 millions de dirhams. Ceci correspond à **469 millions de dirhams** en moyenne, soit 0,05 % du PIB en 2014. Ceci représente la première estimation de ce coût pour le Maroc. Il est considérablement inférieur à celui d'autres pays, tels que la Bolivie (0,7 % du PIB ; Banque mondiale 2011) et le Bangladesh (5,3 % du PIB ; Banque mondiale 2012).

3.6.3. COÛT TOTAL DES IMPACTS SUR LA SANTÉ

Globalement, le coût total lié aux impacts sur la santé est estimé à **3 milliards de dirhams**, soit 0,33 % du PIB pour 2014 (Tableau 3.10). Cette estimation est considérablement inférieure à celle du rapport précédent, évaluée à 1,11 % du PIB en 2000 (Banque mondiale 2003).

3.7. CONCLUSIONS

Le coût total de la dégradation des ressources en eau est estimé à **11,6 milliards de dirhams**, soit **1,26% du PIB** en 2014 (Tableau 3.10). Si l'on exclut les impacts du changement et de la variabilité climatiques, le coût de la dégradation des ressources en eau serait 11,3 milliards de dirhams, soit 1,22 % du PIB. Le coût lié aux impacts sur l'économie et l'environnement représente 0,93% du PIB, essentiellement en raison de l'effet de la surexploitation des eaux souterraines, ainsi que de la dégradation due au déversement des eaux usées industrielles dans la nature. Les impacts des déterminants hydriques sur la santé représentent 0,33% du PIB, et sont induits principalement par la diarrhée.

Globalement, le résultat final (1,26 % du PIB en 2014) est du même ordre de grandeur avec celui obtenu pour l'année 2000 (1,2 % du PIB en 2000). Il faut noter que les deux résultats ne sont pas directement comparables, pour deux raisons : i) une méthodologie différente a été appliquée pour l'estimation de certains coûts ; ii) le présent chapitre prend en compte une gamme nettement plus large de dommages qui n'ont pas été estimés dans le rapport précédant, tels que la surexploitation des eaux souterraines, les pertes en zones humides, le changement et la variabilité climatiques, la pollution par les rejets domestiques et industriels et la malnutrition.

Tableau 3.10. Coût des dommages (2014)

	Borne inférieure	Borne supérieure	Moyenne	% du PIB
	(millions de dirhams)			
ENVIRONNEMENT ET ECONOMIE				
Envasement des barrages	14	45	29	0,00%
Surexploitation des eaux souterraines	3 803	3 803	3 803	0,41%
Pertes en zones humides	304	304	304	0,03%
Changement et variabilité climatiques	242	483	362	0,04%
Eaux usées domestiques	491	1 146	818	0,09%
Eaux usées industrielles	3 297	3 297	3 297	0,36%
Sous total	8 150	9 078	8 614	0,93%
SANTÉ				
Diarrhée	2 503	2 637	2 570	0,28%
Malnutrition	454	483	469	0,05%
Sous total	2 957	3 120	3 039	0,33%
COÛT TOTAL	11 107	12 198	11 652	1,26%

RÉFÉRENCES

Agoussine, M. M. Saidi et B. Igmoullan. 2004. Reconnaissance de ressources en eau du bassin d'Ouarzazate (Sud-Est marocain). Bulletin de l'Institut Scientifique. Rabat, Section Sciences de Terres, 2004, No. 26, 81–92.

Amghara S. et Jellalb J., 2005. « La valorisation de l'eau d'irrigation par les productions végétales dans le périmètre irrigué de Doukkala. » Faculté des sciences et techniques de Settat, Département des sciences de la

vie, Laboratoire de biotechnologie. École Mohammedia des Ingénieurs, Département de génie civil, Laboratoire de l'eau, Maroc ; in *Ingénieries* n° 14, p. 39–49.

Badraoui, M., Bouabid, R., Rachidi, F., Ljouad, L., 2003. "Degradation and Conservation in the Agroecosystems of Morocco." P. Zdruli éd., "Based Assessment of Soil Degradation to Facilitate Land Users' and Land Owners' Prompt Actions", in *Medcoastland net project workshop*, Adana, Turkey, 2–7 juin 2003. pp. 247–258.

- Balaghi, R., Jlibene, M., Tychon, B., Mrabet, R., 2007. *Gestion du risque de sécheresse agricole au Maroc*. Centre régional de la recherche agronomique de Meknès, Institut national de la recherche agronomique (Inra), Université de Liège, Département des sciences et gestion de l'environnement, 8 p.
- Banque mondiale, 2011. *Health Losses Associated with Inadequate WSSH in Bolivia*. Prepared by Elena Strukova.
- Banque mondiale, 2012. Flagship Report. *Economic Impacts of Inadequate Sanitation in Bangladesh*. Water and Sanitation Programme.
- Banque mondiale, 2013. *Assessment of Shifts in Ecosystems and Agro-Ecosystems Induced by Climate Change in the Middle East and North Africa Region*. 233 p.
- Belhamd, A., 2007. « Enjeux agricoles et ruraux au Maroc. » Centre d'études et de recherches Aziz Belal, Maroc. In *Recherches internationales*, n° 80, pp. 199–218.
- Benjelloun Touimi, M., 2003. « Valorisation de l'eau d'irrigation par les productions végétales dans les grands périmètres irrigués au Maroc (cas des productions végétales), situation actuelle et éléments de stratégie. » In *Revue H.T.E* N° 125, pp. 88–93.
- Blossner, M. et de Onis, M., 2005. *Malnutrition. Quantifying the Health Impact at National and Local Levels*. Environmental Burden of Disease Series, No. 12. OMS.
- Casanova, J., M. Cagnimel, N. Devau, M. Pettenati et P. Stollsteiner. 2013. Recharge artificielle des eaux souterraines : état de l'art et perspectives. Rapport final BRGM/RP-61821-FR. Étude réalisée dans le cadre de la convention Onema-BRGM.
- Caulfield, LE., de Onis, M., Blossner, M, Black, RE., 2004. "Undernutrition as an Underlying Cause of Child Deaths Associated with Diarrhea, Pneumonia, Malaria and Measles." In *Am J Clin Nutr*. 80 (1) : 193–198.
- CESE, 2014 Conseil économique social et environnemental. *La gouvernance par la gestion intégrée des ressources en eau au Maroc : Levier fondamental de développement durable*.
- Chillasse, L., Dakki, M., 2004. « Potentialités et statuts de conservation des zones humides du Moyen-Atlas (Maroc), avec référence aux influences de la sécheresse. » Faculté des sciences de Meknès, Département de biologie et Institut scientifique, Département de zoologie et écologie animale, Rabat-Agdal, in *Étude de cas Sécheresse 2004* ; 15 (4) pp. 337–345.
- Département de l'eau. 2015. Ministère délégué auprès du MEMEE chargé de l'eau. Communication des données dans un tableur.
- Dewey, KG., Mayers, DR., 2011. "Early Child Growth : How Do Nutrition and Infection Interact?" In *Maternal Child nutrition* 7 (Supplement 3), pp. 129–142.
- DMN, 2007 Direction de la météorologie nationale *Les changements climatiques au Maroc : Observations et projections*. Météo Maroc, Casablanca.
- DRPE, 2014 Direction de la recherche et de la planification de l'eau *Les sources de pollution de l'eau au Maroc*, 24 p.
- El Badraoui, MH., Berdai, M., 2011. *Adaptation du système eau-énergie au changement climatique : Étude nationale – Maroc*, 94 p.
- El Mandour, A. 1998. *Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de Triffa : Salinisation et modélisation*. Doctorat ès Sciences, Université Mohamed 1er, Faculté des sciences, Oujda. 206 p.
- ENPSF. 2011. *Enquête nationale sur la population et la santé familiale*. Ministère de la Santé. Projet PAFAM DPRF/DPE/SEIS. Rabat, Maroc.
- Esrey, SA., Potash, JB., Roberts, L., Schiff, C., 1995. *Effects of Improved Water Supply and Sanitation on Ascariasis, Diarrhea, Dracunculiasis, Hookworm Infection, Schistosomiasis, and Trachoma* OMS, II Rapport de synthèse, Résultats de l'enquête nationale sur les terres agricoles soumises à l'érosion, MAMVA Ministère de l'agriculture et de la mise en valeur agricole, 1991.
- Fenn, B., Bulti, AT., Nduna, T., Duffield, A., Watson, F., 2012. "An Evaluation of an Operations Research Project to Reduce Childhood Stunting in a Food-Insecure Area in Ethiopia." In *Public Health Nutr*. 15 (9) : 1746–54.
- Fewtrell, L., Prüss-Ustün, A., Boss, R., 2007. *Water, Sanitation and Hygiene. Quantifying the Health Impact at National and Local Levels in Countries with Incomplete Water Supply and Sanitation Coverage*.
- Green, AJ., El Hamzaoui, M., El Agbani, MA., Franchimont, J., 2002 – "The Conservation Status of Moroccan Wetlands with Particular Reference to Waterbirds and to Changes since 1978." In *Biological Conservation* 104 : 71–82.
- Hammani, A., Yechi, H., 2009. « Caractérisation des pompages des eaux souterraines et étude de leurs

- performances techniques dans la zone côtière du Gharb. » Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Département de génie rural, BP 6202, Rabat-Instituts, in *Symposium international « Agriculture durable en région méditerranéenne (AGDUMED) »*, Rabat, Maroc, 14–16 mai 2009 p. 102–110.
- HCP, 2015 Haut-Commissariat au plan. *Recensement général de la population et de l'habitat 2014. Présentation des principaux résultats*. Rabat, 13 octobre 2015. www.hcp.ma
- Hilali, M., 2002. *Hydrogéologie et modélisation de l'intrusion marine dans les aquifères côtiers de Martil et du Sahel-Maroc*. Thèse Doctorat ès Sciences appliquées, Université Mohamed V, EMI, Rabat.
- Jaouher, T., 2009. « Gestion des eaux industrielles au Maroc. » In *Atelier sur l'assainissement, l'épuration et la réutilisation des eaux usées*. Agadir, du 7 au 11 décembre 2009. Département de l'eau.
- Jliben, M., Balaghi, R., 2009. *Le risque sécheresse en agriculture pluviale : cas des céréales*. Institut national de la recherche agronomique, Maroc, 6 p.
- Larbi, K., 2013. *Bonnes pratiques : Réutilisation des eaux usées épurées au niveau de la ville de Settat Maroc. Synthèse internationale du projet : Sécurité d'utilisation des eaux usées en agriculture*. Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime, 15 p.
- Loup, J. 1957. Note sur l'évaporation au Maroc. *Revue de géographie alpine*, Volume 45, Numéro 2, pp. 351–379.
- MAPM, 2014 Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime « Situation de l'agriculture marocaine. » in *Dossier stratégie de développement des zones oasiennes et de l'arganier* n°11, pp. 3–189.
- MAPM, 2014a. Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime *L'agriculture marocaine en chiffres*
- MdEau, 2016a. Etat de la qualité des ressources en eau au Maroc (année 2014–2015). Ministère Délégué auprès du Ministère de l'Énergie, de l'Eau et de l'Environnement, Chargé de l'Eau.
- MdEau, 2016b. Ministère Délégué auprès du Ministère de l'Énergie, de l'Eau et de l'Environnement, Chargé de l'Eau, courrier transis par courrier au Ministère de l'Environnement après a réunion tenue le 02 mai 2016.
- Merlo, M., Croitoru, L. (Eds.), 2005. *Valuing Mediterranean Forests. Towards Total Economic Value*, CABI Publishing, 406 p.
- Ministère de la Santé, 2011. *La Stratégie nationale de la nutrition 2011–2019*. UNICEF.
- Ministère de la Santé, 2012a. État de santé de la population marocaine.
- Ministère de la Santé, 2014. *Santé en chiffres 2013*. Direction de la planification et des ressources financières/ Division de la planification et des études/Service des études et de l'information sanitaire.
- Moghli, E., Benjelloun Touimi, M., 2000. « Valorisation de l'eau d'irrigation par les productions végétales dans les grands périmètres irrigués au Maroc. » in *Transfert de technologie en agriculture 2000* ; 66 : 1–4.
- OMS, 2005. *Malnutrition. Quantifying the Health Impact at National and Local Levels*. Environmental Burden of Disease Series, No. 12. Prepared by Monika Blossner and Mercedes de Onis.
- OMS, 2008. *Safer Water, Better Health : Costs, Benefits and Sustainability of Interventions to Protect and Promote Health*.
- OMS, 2014. *Preventing Diarrhea Through Better Water, Sanitation and Hygiene. Exposures and Impacts in Low and Middle Income Countries*.
- OMS, 2014a. *Global Burden of Disease*.
- OMS, 2015. *Improving Nutrition Outcomes With Better Water, Sanitation and Hygiene : Practical Solutions for Policies and Programs*. OMS/UNICEF/USAID
- OMS, 2016. *Preventing disease through healthy environments. A global assessment of the burden of disease from environmental risks*.
- Petri, WA., Miller, M., Binder, HJ., Levine, MM., Dillingham, R., Guerrant, RL., 2008. “Enteric Infections, Diarrhea and their Impact on Function and Development.” in *J. Clin. Invest.* 118 (4) : 1277–90.
- Prüss-Ustün, A., Bartram, J., Clasen, T., Colford, JM., Cumming O., Curtis V., et al., 2014. “Burden of Diarrhoeal Disease from Inadequate Water, Sanitation and Hygiene in Low- and Middle-Income Settings” in *A Retrospective Analysis of Data from 145 Countries*. *Tropical Medicine & International Health*. 2014. 19 (8) : 894–905.

- REEM, 2001. *Rapport sur l'état de l'environnement du Maroc*, Ministère de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement.
- REEM, 2015. *Rapport sur l'état de l'environnement du Maroc*. Ministère délégué auprès du Ministre de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Environnement
- Sabir, M., 2016. Communication personnelle.
- Salomon et al., 2012. "Common Values in Assessing Health Outcomes from Disease and Injury : Disability Weights Measurement Study for the Global Burden of Disease Study 2010." *Lancet* 2012, 380 : 2129–43.
- Sarraf et al., 2003. *Royaume du Maroc. Évaluation du coût de la dégradation de l'environnement*. Rapport n° 25992 Banque Mondiale 2003. Washington D.C.
- SCN, 2010 Seconde communication nationale. À la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, 217 p.
- Secrétariat d'État chargé de l'Eau et de l'environnement (SECEE), 2011. *Rapport annuel 2011*.
- SNE, 2010. *Stratégie nationale de l'eau*. MEMEE, Rabat.
- Stitou El Messari, J.E., 2002. Étude de la salinité des eaux souterraines des aquifères côtiers Martil-Alila et Smir : Intégration des méthodes hydrogéochimiques, géophysiques et isotopiques. Thèse d'État en hydrogéologie, Université Abdelmalek Essaadi, Faculté des sciences de Tétouan. 250 p.
- Turner, K., den Bergh, J., Soderquist, T., Baerendregt, A., der Straaten, J., Maltby, E., van Ierland, E., 2000. "Ecological-Economic Analysis of Wetlands." In *Ecological Economics* 35, 7–23.
- UNIGME (United Nations Inter-Agency Group for Child Mortality Estimation), 2015. *Levels and Trends in Child Mortality*. Report 2015. Estimates Developed by the UN Inter-Agency Group for Child Mortality Estimation.
- WRI, 2014 World Resources Institute. *Aqueduct's Global Water Risk Mapping*.
- Ziyad, A., 2009. « Gestion des ressources en eau au Maroc : Bilan et perspectives. » In *Revue H.T.E* n° 142, mars-juin 2009, p. 17–20.



CHAPITRE 4

AIR

Lelia Croitoru et Elena Strukova

Au cours des quinze dernières années, le Maroc a enregistré une forte croissance économique grâce au développement de plusieurs secteurs – énergie, transport, industries, etc. Ceci s’est accompagné d’une hausse rapide des émissions de polluants atmosphériques, source de potentielles répercussions sur la santé et sur le cadre de vie de la population vivant dans les zones fortement urbanisées ou industrielles. Ce chapitre estime les impacts de la pollution de l’air sur la santé humaine au Maroc. Il fournit tout d’abord une brève vue d’ensemble de la situation de la pollution de l’air dans le pays (Section 4.1). Il estime ensuite le coût lié à la **pollution de l’air extérieur** (Section 4.2) et celui relatif à la **pollution de l’air intérieur** (Section 4.3). La Section 4.4 présente les conclusions du chapitre.

4.1. INTRODUCTION

Au cours de la période 2004–2014, le Maroc a enregistré une forte croissance économique, avec une augmentation totale du PIB par habitant de 34 % (WDI 2015). Pendant la même période, la population a augmenté de 1,25 % par an avec une hausse annuelle de 2,1 % de la population urbaine, caractérisée par une forte concentration dans les zones côtières (HCP 2015). Les activités économiques, telles que la production de l’énergie et les industries, se concentrent particulièrement dans ces zones, et il en résulte un développement rapide du trafic routier (CENUE 2014). Ces activités ont provoqué une hausse rapide des émissions de polluants atmosphériques locaux et globaux (REEM 2015).

Surveillance de la qualité de l’air. La surveillance de la qualité de l’air a commencé en 1997, avec les premières campagnes menées par le Ministère de l’Environnement au niveau de la ville de Rabat à l’aide d’un laboratoire mobile, suivies par la Direction de la météorologie nationale (DMN) sur l’agglomération du Grand Casablanca (DMN 2014). La mesure de la qualité de l’air s’est améliorée en 2005, lorsque la coordination de cette activité a été confiée à la Fondation Mohammed VI pour la protection de l’environnement. Outre des efforts d’équipement des principales villes

du pays en stations fixes de mesure de la qualité de l'air, la Fondation a incité à unifier la gestion du réseau national de surveillance de la qualité de l'air. En 2007, le Ministère de l'Environnement a confié la gestion de l'ensemble des stations de mesure à la DMN.

Un Comité national de suivi et de surveillance de la qualité de l'air instauré par le décret 2-09-286 a été mis en place en 2013 au sein du Ministère chargé de l'Environnement dont le secrétariat est assuré par ce dernier. Toutes les institutions gouvernementales compétentes impliquées dans la surveillance de la qualité de l'air y sont représentées. Les données sur la qualité de l'air sont collectées par plusieurs stations et dans certaines localités, le suivi de la qualité de l'air résulte d'un travail collectif impliquant les représentations sectorielles aux niveaux régional et local, les industries et les organisations non gouvernementales (ONG) locales, la DMN et les Observatoires Régionaux de l'Environnement et du Développement Durable relevant du Ministère chargé de l'Environnement. En particulier, le Ministère de l'Intérieur, à travers la Direction Générale des Collectivités Locales, est un acteur principal en matière de la qualité de l'air et notamment au niveau de l'acquisition des stations de mesure, au sein du comité national de suivi et surveillance de la qualité de l'air, au niveau du renforcement des compétences territoriales, ainsi qu'à travers son rôle dans les collectivités territoriales⁶². Actuellement, la DMN gère le réseau national de surveillance de la qualité de l'air qui compte 29 stations fixes et 3 stations mobiles réparties sur 15 villes du Royaume.

Bilan de la qualité de l'air extérieur. Les stations existantes mesurent la concentration du dioxyde de soufre (SO_2), du dioxyde d'azote (NO_2), des particules en suspension (PM_{10}), de l'ozone (O_3), et du monoxyde de carbone (CO)⁶³. L'évaluation de la qualité de l'air effectuée en 2013 a permis de mettre en lumière les résultats suivants (DMN 2014) :

- » Pour le dioxyde de soufre, la valeur limite pour la protection des écosystèmes ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été dépassée dans plusieurs localités (Aïn Sebâa, Ain Harrouda, Mohammedia, Zrektouni, Derb sultan et Aïn chock). En revanche, la valeur limite pour la protection de la santé ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'a été dépassée qu'au niveau d'une seule station (Aïn Sebâa) à Casablanca.
- » Pour le dioxyde d'azote, il y a un dépassement de la norme de protection de la végétation ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) au niveau de deux zones du Grand Casablanca (Aïn Sebâa, Ain Harrouda) et de Marrakech (Jamâa lafna). La valeur limite pour la protection de la santé ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est dépassée à Ain Harrouda, alors que Marrakech est proche de cette limite.
- » Pour les particules en suspension (PM_{10}) – Leur valeur dépasse la norme de protection de la santé ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dans presque toutes les stations suivies. Les dépassements sont majeurs à Mohammedia, Casablanca, Marrakech, mais d'autres villes comme Tanger, Fès et Settat souffrent également de la pollution.
- » Pour l'ozone, la valeur limite pour la protection de la santé ($110 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est dépassée principalement à Casablanca, Mohammedia, Houribga, Benslimane, Tanger et Marrakech.
- » Pour le monoxyde de carbone, la valeur limite pour la protection de la santé ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'a été dépassée par rapport au maximum journalier que pendant cinq jours à Fès.

Consommation énergétique. Les publications existantes ne fournissent pas d'informations relatives aux concentrations $\text{PM}_{2,5}$ au niveau des ménages ruraux. Cependant, la consommation énergétique par habitant a été estimée à 0,54 tonne d'équivalent pétrole (tep) en 2012 – ce qui est très faible par rapport à la moyenne mondiale (1,9 tep/habitant) et à celle de l'Afrique (0,67 tep/habitant). Selon le Ministère chargé de l'Environnement/PNUD (2015), ce faible niveau de consommation s'explique en partie par le recours massif aux énergies traditionnelles en milieu rural, essentiellement bois et charbon. D'après les communications du Département de l'énergie et des mines, le bois et le charbon représentent 25 % de la consommation totale d'énergie en milieu rural (Tableau 4.1).

⁶² particulièrement pour ce qui concerne l'acquisition de certaines stations de mesure et leur constitution au sein des comités régionaux de suivi et de surveillance de la qualité de l'air.

⁶³ L'évaluation de la qualité de l'air se fait par référence aux normes en vigueur au Maroc, qui définissent les valeurs limites ne devant pas être franchies pendant une période déterminée. Ces normes sont fixées par le décret n° 2-09-286 du 8 décembre 2009.

Tableau 4.1. Consommation d'énergie en milieu rural (ktep, 2012)

Type d'énergie	Résidences primaires				Résidences secondaires	Ménages non électrifiés	Total
	Tranche de revenu (DH/mois)						
	< 2 250	2 250–5 200	5 200–7 100	> 7 100			
Électricité	41	67	27	36	17	0	186
Butane	228	251	66	93	74	76	788
Bois	97	36	7	17	20	156	333
Charbon de bois	2	2	2	0	1	0	6
Ensemble	368	355	102	146	112	233	1 314

Source : Communication avec le Département de l'énergie et des mines (2015).

Note : Les résultats peuvent ne pas correspondre exactement à cause de l'arrondissement.

Il est important de noter que la progression du secteur énergétique au Maroc a été considérable, surtout celle de l'électricité. Aujourd'hui, toutes les villes sont raccordées au réseau de l'Office National de l'Eau et de l'Electricité et le taux d'électrification rurale est de 96,8 %. En outre, la Stratégie énergétique nationale – fondée sur la mobilisation des ressources nationales propres et la montée en puissance des énergies renouvelables dans le mix énergétique – place le Maroc parmi les pays leaders en matière de développement des énergies renouvelables (Ministère chargé de l'Environnement/PNUD 2015).

Effets de la pollution sur la santé. La littérature disponible démontre les effets néfastes de la pollution de l'air sur la santé. Au niveau mondial, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a montré qu'en 2012 la pollution de l'air a provoqué sept millions de décès prématurés dans les villes et les zones rurales résultant d'une exposition aux PM₁₀ (OMS 2014).

Conscient des répercussions négatives de la pollution de l'air sur la santé, le Maroc a initié depuis plus de 15 ans des études d'épidémiologie environnementale (éco-épidémiologie) visant à évaluer l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé des populations urbaines et périurbaines des villes caractérisées par une forte concentration industrielle et un trafic routier dense. Parmi ces études, il y a lieu de citer *Casa-Airpol*⁶⁴ réalisée en

1999 dans la ville de Casablanca et *Mohammedia-Airpol*⁶⁵ en 2001 dans la ville de Mohammedia. Elles ont établi pour la première fois une corrélation entre la pollution de l'air et les effets sur la santé au Maroc. Plus récemment, d'autres études ont confirmé les impacts négatifs de la pollution de l'air sur la santé humaine (Ministère de l'environnement 2010) :

- » Une étude de type transversal à *Mohammedia* a cherché à estimer la relation entre la pollution de l'air (SO₂ et les particules totales en suspension) et la santé respiratoire des enfants dans cinq zones: Oulad Himinoune, Al Kabah, La Colline, El Louizia et El Marsa. Les résultats ont montré que la prévalence d'asthme, de maladies respiratoires et d'infections augmente avec le niveau de pollution.
- » Une autre étude réalisée à *Fès* a eu pour but d'évaluer la perception des risques liés à la pollution atmosphérique chez les consultants des centres de santé de la ville. Il faut noter que 44 % des personnes interrogées étaient exposées au tabagisme passif. Les résultats ont montré que les problèmes environnementaux les plus préoccupants étaient la pollution des sols (15 %) et la pollution de l'air (12 %). En outre, 86 % des experts estiment que la pollution de l'air présente des risques importants pour la santé, en particulier respiratoire (Ministère de l'environnement 2010).

⁶⁴ Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement et Ministère de la Santé 2000.

⁶⁵ Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement et Ministère de la Santé 2003.

- » L'étude sur le cadastre des émissions atmosphériques dans la région du **Grand Casablanca** a permis d'avoir une base de données et des cartographies sur les sources de la pollution atmosphérique et il a proposé un plan d'actions pour la réduction des émissions aussi bien dans le secteur des transports que de l'industrie. L'analyse s'est basée sur les résultats de l'inventaire des émissions de 2004 et de trois scénarios d'évolution des émissions (défavorable, probable, favorable) pour les horizons 2010 et 2015. Dans ce contexte, le Ministère de l'environnement (2010) cite un effort d'évaluation des effets des niveaux des concentrations des particules fines sur la santé des populations de Casablanca, réalisé pour chaque scénario (basé sur les résultats l'étude Casa-Airpol).
- » Une étude éco épidémiologique **Qualité de l'air et santé dans la région du grand Casablanca** a été menée en 2015 par le Ministère de la Santé et la Fondation Mohammed VI pour la protection de l'environnement, avec l'objectif d'évaluer l'effet de la pollution atmosphérique sur la santé de la population de la région du Grand Casablanca, dans la perspective de la mise en place d'un dispositif de surveillance éco épidémiologique (Ministère de la Santé 2015). L'étude a montré une corrélation significative entre les consultations chez les adultes et les enfants et la concentration des polluants (O_3 , NO_2 , PM_{10} , SO_2) dans de différentes zones de la région.

4.2. LA POLLUTION DE L'AIR EXTÉRIEUR

Les matières particulaires, c'est-à-dire les particules fines en suspension dans l'air, (*Particulate matter* en anglais, PM), sont le polluant atmosphérique qui – à l'échelle mondiale – est associé aux effets sur la santé les plus importants. Plus précisément, les particules en suspension dont le diamètre est inférieur à 2,5 micromètres ($PM_{2,5}$) sont considérées comme les plus nocives pour la santé (Pope 2009 ; 2011 ; USEPA 2016). L'exposition à ce polluant provoque des cardiopathies ischémiques, des accidents vasculaires cérébraux, des maladies pulmonaires obstructives chroniques et le cancer du poumon chez les adultes, et des infections aiguës des voies

respiratoires inférieures chez les jeunes enfants (Pope et al. 2009 ; 2011 ; Lim et al. 2012 ; Mehta et al. 2013 ; Apte et al. 2015). Cette section évalue les impacts de la concentration en $PM_{2,5}$ sur la mortalité et la morbidité liées à ces maladies.

Quatre étapes principales permettent de quantifier les impacts de la pollution de l'air sur la santé. Tout d'abord, le polluant doit être identifié et sa concentration ambiante mesurée. Deuxièmement, le nombre de personnes exposées au polluant doit être calculé pour chaque site. Troisièmement, les effets sur la santé (mortalité et morbidité) liés à cette exposition sont estimés en se fondant sur les fonctions concentration-réponse. Enfin, les effets sur la mortalité et la morbidité sont estimés en termes monétaires.

Étape 1 : Mesurer la concentration des polluants atmosphériques. Il faut d'emblée souligner qu'à l'heure actuelle des activités fondées sur l'imagerie par satellite sont engagées dans tous les pays du monde visant à estimer à l'échelle mondiale les concentrations de $PM_{2,5}$ (Encadré 4.1). Toutefois, la présente section se fonde sur des données sur les concentrations de $PM_{2,5}$ récoltées auprès de stations de mesure au sol car elles sont considérées comme plus fiables. Le Ministère chargé l'Environnement ne surveille que les particules d'un diamètre inférieur à 10 micromètres (PM_{10}). Les données de surveillance disponibles comprennent les concentrations moyennes quotidiennes en PM_{10} pour la période 2012–2015 fournies par plusieurs stations de mesure à Casablanca, Mohammedia, Marrakech, Tanger, Fès, Agadir, El Jadida, Safi, Salé, Essaouira, Khouribga et Benslimane. Nous avons utilisé ces données pour estimer les concentrations annuelles en $PM_{2,5}$ pour chaque ville, de la manière suivante :

- » En premier lieu, une estimation de la moyenne annuelle des concentrations de PM_{10} pour chaque station est établie en se basant sur les données de surveillance quotidienne (Tableau 4.2, colonne 5).
- » Ensuite, les estimations de chaque station de mesure sont converties en concentrations de $PM_{2,5}$. Le facteur de conversion est tiré des études scientifiques les plus récentes sur la composition des PM au Maroc. Le rapport d'Ait Bouh et al. (2013) présente les moyennes hebdomadaires de PM_{10} et de $PM_{2,5}$ de Meknès. La part moyenne annuelle des $PM_{2,5}$ dans les PM_{10}

Encadré 4.1. Efforts déployés à l'échelle mondiale pour estimer les moyennes annuelles de concentration de $PM_{2,5}$.

Van Donkelaar et al. (2015) ont effectué des recherches à l'échelle mondiale en vue d'estimer la concentration moyenne annuelle des $PM_{2,5}$ dans chaque pays. Dans cette étude, les auteurs ont combiné trois sources de données satellitaires pour établir des estimations sur une base géographique d'environ $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ de 1998 à 2012. Ils ont recensé, en outre, 210 mesures au sol de $PM_{2,5}$ dans le monde à partir de la littérature disponible afin de valider les estimations satellitaires par des valeurs mesurées dans des zones autres que l'Amérique du Nord et l'Europe.

Cette approche semble sous-estimer la moyenne annuelle des niveaux de $PM_{2,5}$ dans les zones à fortes concentrations de polluants et fortes densités de population, telles que les grandes villes. Dans le cas du Grand Casablanca par exemple, la concentration de $PM_{2,5}$ est estimée à $12,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la base des données satellitaires, par opposition à $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mesurés dans les données au sol. Le processus spécifique d'étalonnage des données satellitaires effectué sur une grille

géospatiale plus vaste peut expliquer cette sous-estimation. Les concentrations estimées à partir des données satellitaires sont généralement proches des données recueillies au sol dans les régions à faible concentration démographique et revenus élevés (Apte et al. 2015).

Cette méthode peut aider à calculer approximativement les concentrations de $PM_{2,5}$ dans les zones peu peuplées. Pour ces régions, Van Donkelaar et al. (2015) ont établi deux estimations : l'une dans des conditions normales et l'autre excluant les poussières d'origine naturelle et les sels marins car ces particules résultent des conditions naturelles du terrain et ne dépendent pas d'une activité anthropique locale. Les résultats pour le Maroc montrent une concentration moyenne pondérée par la population de $PM_{2,5}$ de $12,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (scénario « avec poussière ») et de $6,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (scénario « sans poussière »). Cette dernière concentration est inférieure au seuil de qualité de l'air pour les $PM_{2,5}$ en dessous duquel aucune corrélation entre la pollution atmosphérique et la santé humaine n'est signalée.

à Meknès est estimée à environ 0,4, avec une fourchette de 0,1–0,7 au cours d'une année (Figure 4.1). En manque d'informations pour d'autres villes marocaines, nous utilisons la valeur moyenne de cet intervalle (0,4) pour convertir les concentrations de PM_{10} en concentrations de $PM_{2,5}$ pour chaque station de mesure (Tableau 4.2, colonne 6).

- » Pour chaque ville, nous estimons la concentration de $PM_{2,5}$ à travers la moyenne des estimations fournies par chaque station de mesure situées dans cette ville. Pour les plus grandes villes (Casablanca et Marrakech) dotées de plusieurs stations de surveillance, la valeur annuelle est calculée à travers la moyenne des concentrations $PM_{2,5}$ par station de mesure, pondérée par la population exposée à cette concentration, en s'appuyant sur des cartes réalisées en Système d'information géographique (SIG). Les résultats indiquent que les concentrations moyennes de particules présentes dans l'air varient fortement : de très faibles à Safi ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), à très élevées à Tanger ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Tableau 4.2, colonne 7). Les étapes suivantes présentent une estimation des impacts sur la santé limitée aux villes affichant des

concentrations supérieures à la norme de qualité de l'air de l'OMS⁶⁶ de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $PM_{2,5}$.

Étape 2 : Identifier la population exposée à la pollution de l'air extérieur. Les données sur la population exposée à la pollution ne sont pas disponibles pour toutes les stations de mesure du Maroc. De ce fait, il est présumé que le niveau moyen d'exposition à la pollution (concentration) calculé lors de l'étape 1 s'applique à la population totale de chaque ville. Les données sur la population sont tirées du recensement de la population de 2014 effectué en 2015 (HCP 2015) (Tableau 4.2, colonne 2).

Étape 3 : Estimer les impacts sur la santé de l'exposition aux $PM_{2,5}$.

Mortalité. L'impact sur la santé des particules fines présentes dans l'air ($PM_{2,5}$) est bien établi (OMS 2010). Des études épidémiologiques récentes ont démontré de solides corrélations entre une exposition à long terme aux $PM_{2,5}$ et la mortalité prématurée (Apte et al. 2015). Il s'agit notamment de quatre pathologies d'adultes (cardiopathie

⁶⁶ <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>

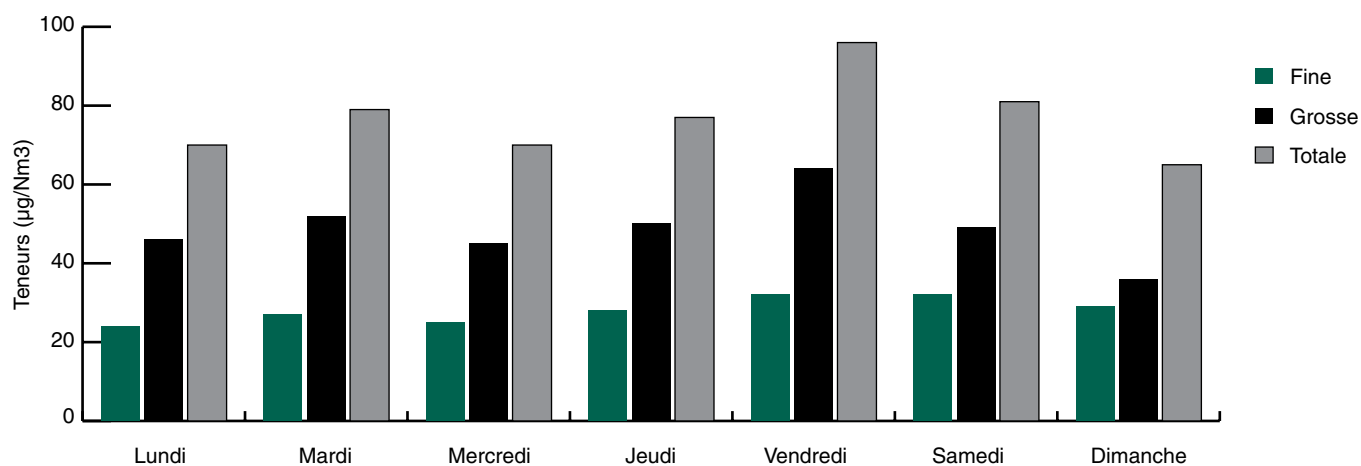
Tableau 4.2. Population et concentration des polluants dans les principales villes au Maroc

Ville	Population (no.)	Nom de la station	Emplacement	Concentration PM ₁₀ (moyenne 2012–2015) (µg/m ³)	Concentration PM _{2,5} (estimée) (µg/m ³)	Concentration PM _{2,5} par ville (estimée) (µg/m ³)
Tanger	1 005 041	Wilaya	Jardin du siège de la wilaya	54	22	22
Marrakech	980 548	Jamae Lafnae	Collège Ibnou Albana	42	17	20
		Mhamid	Collège Annahda	50	20	
		Daoudiate	Complexe ouvres sociales daoudiat	59	24	
Casablanca	3 359 818	CHU	Hôpital d'enfants	65	26	20
		ONCF	Club ONCF à Ain Sebâa	54	22	
		Wilaya	Jardin face siège wilaya Grand Casa	68	27	
		Jahid	Lycée Jahid à Derb Sultan	21	9	
		Sidi Othmane	Hôpital Sidi Othmane	27	11	
		Casa-Hay Hassani	Siège Météo	39	16	
		Casa-Ain Chok	Faculté des lettres	41	16	
		Bernoussi	Siège de la préfecture Bernoussi	56	22	
		Harouda	Lycée Ain Harouda	40	16	
		Bouskoura	Collège Bouskoura	55	22	
		Casa-AinSebâa	Faculté des sciences	51	21	
		Mohammedia	289 002	Préfecture	Siège préfecture Mohammedia		62	25	18
Khansâa	Lycée Khansâa Mohammedia Al Alia			26	10	
Settat	217 631	Settat	Jardin de la municipalité de Settat	43	17	17
Fès	1 129 768	Centre-ville	Bd Mly Youssef	40	16	16
Benslimane	114 192	Benslimane	Benslimane 2 ^{ème} district	33	13	13
Khouribga	377 760	Khouribga	Siège de la préfecture	30	12	12
Agadir	508 155	Abattoir	Ecole Soukainabent Alhoussein	11	5	5
El-Jadida	312 275	Municipalité Jorf Lasfar	Jardin du Siège de la municipalité Jorf	11	4	4
Salé	915 658	Château	Hay Essalam	9	4	4
Safi	345 890	Laarissa	Complexe associatif Laarissa	8	3	3
Essaouira	106 515	Préfecture	Siège de la province d'Essaouira	146	86	n.c.

Source : HCP (2015) pour le recensement de la population, DMN pour les concentrations en PM₁₀ par station

Note : n.c. = non calculé

Figure 4.1. Moyennes hebdomadaires des particules fines (PM_{2,5}) et grossières (PM₁₀) à Meknès en 2007–2008



Source : Ait Bouh et al. (2013)

Encadré 4.2. Fonctions concentration-réponse

Les publications épidémiologiques ont très récemment démontré avec certitude la corrélation entre l'exposition à différentes concentrations de polluants de type $PM_{2,5}$ (par ex. pollution de l'air domestique, tabagisme passif et actif, etc.) et le risque de décès. Cette méthode comporte deux étapes. La première étape consiste en une estimation du risque relatif⁶⁷ (RR) de décès dans le groupe de personnes exposées.

$$RR = 1 + \alpha * [1 - \exp(-\gamma (C - C_0)^\delta)]$$

Où :

RR = risque relatif de décès associé à l'exposition

C = concentration de $PM_{2,5}$

C_0 = niveau théorique de concentration à risque minimal, au-dessus duquel il est démontré qu'une réduction des $PM_{2,5}$ est bénéfique pour la santé

α , γ , et δ = coefficients déterminant la forme générale de la relation de concentration-réponse

Dans une deuxième étape, le RR est utilisé pour estimer la part des décès dus à une maladie donnée attribuable à l'exposition aux $PM_{2,5}$. Ce pourcentage du risque attribuable est appelé Fraction attribuable (FA). Si dans un pays, par exemple, le nombre total de décès par cardiopathie ischémique est de 10 000 et si la FA est estimée à 5 %, sur ce total, 500 décès sont dus à une exposition aux $PM_{2,5}$.

$$FA = (RR - 1) / RR$$

Source : Apte et al. (2015)

ischémique, accident vasculaire cérébral, maladie pulmonaire obstructive chronique et cancer du poumon) et des infections aiguës des voies respiratoires inférieures chez les enfants. L'encadré 4.2 résume cette méthodologie.

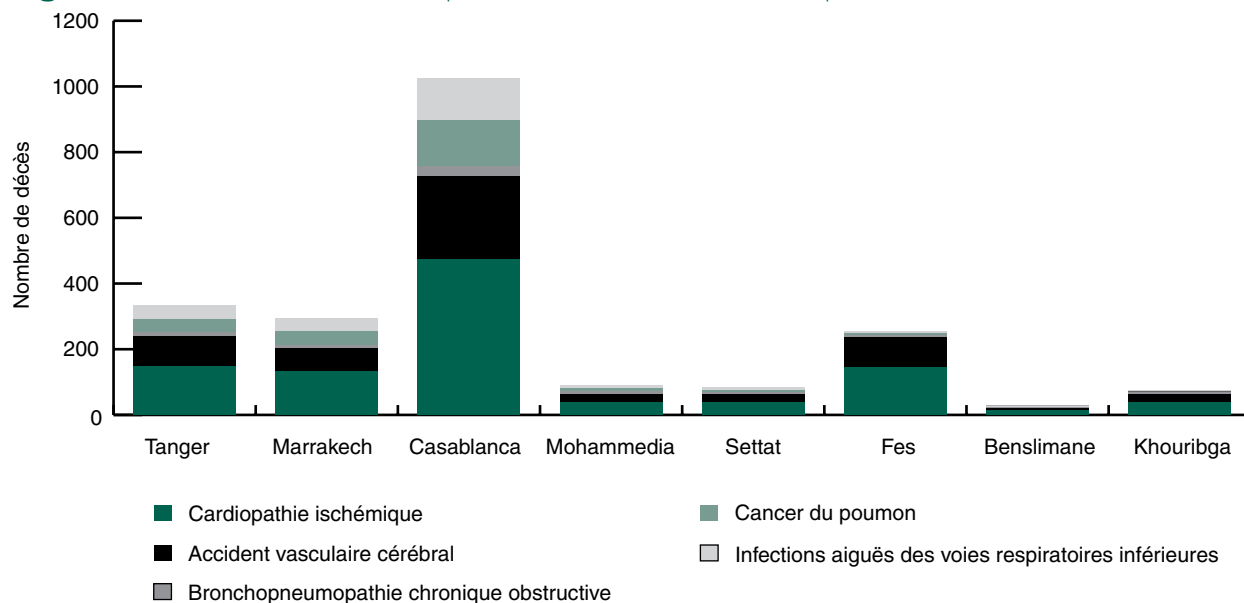
Dans cette section, nous évaluons le nombre de décès attribuables à la pollution de l'air en utilisant des données

sur : (i) la mortalité par maladie et par groupe d'âge, en se basant sur la charge mondiale de morbidité (en 2013, ajustée pour 2014) ; (ii) la proportion de décès dus à la pollution de l'air calculée à l'aide des fonctions concentration-réponse élaborées par Apte et al. (2015) pour chaque maladie, âge et concentration de $PM_{2,5}$.

La Figure 4.2 résume les résultats. Elle indique que la pollution de l'air extérieur est responsable d'environ 2 200 décès en 2014. Une part importante (47 %) des décès d'adultes provient de Casablanca, suivie de Marrakech

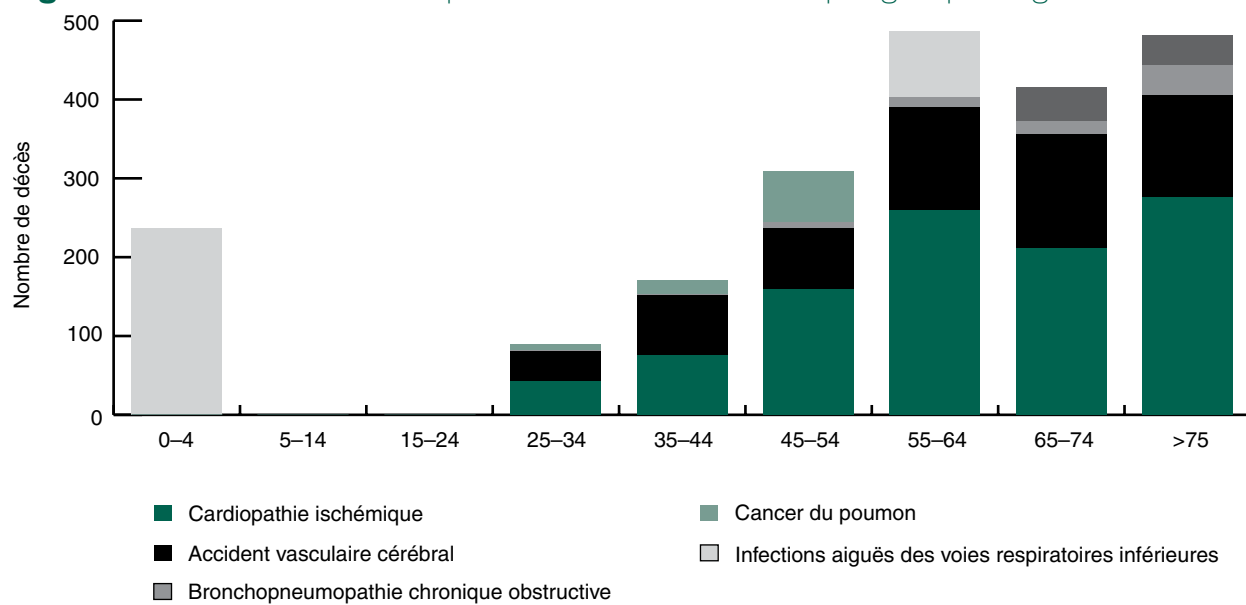
⁶⁷ En épidémiologie, le risque relatif (RR) mesure le risque de survenue d'un événement critique (maladie, décès) dans un groupe exposé par rapport à un autre groupe non exposé.

Figure 4.2. Mortalité due à la pollution de l'air extérieur, par ville



Source: les auteurs

Figure 4.3. Mortalité due à la pollution de l'air extérieur, par groupe d'âge



Source: les auteurs

et Tanger, dus principalement aux cardiopathies ischémiques, accidents vasculaires cérébraux et cancers du poumon. Au total, toutes villes confondues, la grande majorité des décès (73 %) résultent de cardiopathies ischémiques et d'accidents vasculaires cérébraux.

La Figure 4.3 présente l'estimation de la mortalité pour chaque groupe d'âge et par maladie. Les adultes âgés de plus de 55 ans sont les plus affectés par des décès liés à la pollution atmosphérique – principalement cardiopathies ischémiques et accidents vasculaires cérébraux. Les enfants de moins de cinq ans constituent un autre groupe vulnérable à la mort due à une infection aiguë des voies respiratoires inférieures.

Il convient de noter que l'Institut de Métrologie et d'Évaluation de la Santé (*Institute of Health Metrics and Evaluation*) a estimé le nombre de décès au niveau national pour chaque pays, sur la base des informations disponibles concernant les concentrations $PM_{2,5}$. Pour Maroc, le calcul a été réalisé pour tout le pays, sur la base d'une combinaison des mesures du sol et satellitaires des concentrations $PM_{2,5}$ dans l'atmosphère (<http://ihmeuw.org/3ts8>). Ainsi, la mortalité due à l'exposition aux $PM_{2,5}$ a été évalué à environ 6 000 décès. Cette estimation a été considérée dans une récente étude de la Banque mondiale et de l'Institut de Métrologie et d'Évaluation de la Santé qui évalue

le coût de la pollution de l'air au niveau global (Narain et Sall 2016).

Nous considérons que l'évaluation de la mortalité conduite pour les 8 villes (2 200 décès) est assez conservatrice, en se référant uniquement à 8 villes marocaines. L'estimation de l'Institut de Métrologie et d'Évaluation de la Santé (6 000 décès) couvre le pays entier ; cependant, elle reste approximative, en se basant en partie sur des données satellitaires, qui sont moins précises que les mesures du sol. Par conséquent, cette étude considère que la mortalité se trouve dans l'intervalle fournit par les deux estimations, à savoir entre **2 200 et 6 000 décès**.

Morbidité. Une méthodologie antérieure de l'OMS a été utilisée pour estimer la charge de morbidité en se fondant sur le nombre d'années de vie vécues avec de l'incapacité (AVI) et le coût de traitement lié à plusieurs causes de morbidité⁶⁸. Il a été suggéré plus récemment d'établir les évaluations du coût de la pollution de l'air en se fondant sur le consentement à payer (CAP) pour éviter la perte d'utilité créée par les facteurs de risques de morbidité (p. ex. toux chronique, etc.), plutôt que sur les coûts de traitement. Une

⁶⁸ Bronchite chronique, admissions hospitalières pour troubles respiratoires, consultations aux urgences, journées d'activité restreinte, maladies respiratoires des voies inférieures des enfants et autres pathologies respiratoires des adultes.

analyse de plusieurs études de ce type entreprise dans les pays de l'OCDE (Hunt et al. 2016 ; OCDE 2014) indique que le coût de la morbidité représente environ 10 % du coût de la mortalité⁶⁹, et suggère d'utiliser cet indicateur dans les pays ne disposant pas de sondages sur le CAP pour éviter la morbidité. L'étape suivante utilise ce pourcentage pour estimer le coût de la morbidité au Maroc.

Étape 4 : Estimer les impacts sur la santé en termes monétaires. Nous estimons le coût lié à la mortalité sur la base de la valeur statistique de la vie (VSV).

⁶⁹ Lorsque les coûts de la mortalité ont été basés sur la Valeur statistique de la vie.

Elle a été estimée pour le Maroc à environs 1,6 million de dirhams en moyenne (voir Chapitre 2, Encadré 2.1). Sur cette base, la perte annuelle due aux décès (entre 2 200 et 6 000) causés par la pollution de l'air extérieur est estimée entre 3,5 milliards de dirhams et 9,7 milliards de dirhams. En outre, comme expliqué dans le paragraphe précédent, les coûts de morbidité sont estimés à 10 % de cette valeur, soit entre 354 millions de dirhams et 969 millions de dirhams. En additionnant ces valeurs, le coût total de la mortalité et morbidité dues à la pollution extérieure de l'air varie entre **3,9 milliards de dirhams et 10,7 milliards de dirhams**, soit 7,3 milliards de dirhams en moyenne (Tableau 4.3).

Tableau 4.3. Coûts de la mortalité et morbidité dus à la pollution de l'air en 2014

	Borne inférieure (millions de DH)	Borne supérieure (millions de DH)	Valeur moyenne (millions de DH)	Valeur moyenne (% du PIB)
Pollution de l'air extérieur				
Mortalité	3 537	9 686	6 611	0,71%
Morbidité	354	969	661	0,07%
Sous-total (air extérieur)	3 890	10 655	7 273	0,79%
Pollution de l'air intérieur				
Mortalité	2 186	2 186	2 186	0,24%
Morbidité	219	219	219	0,02%
Sous-total (air intérieur)	2 404	2 404	2 404	0,26%
Coût total	6 295	13 059	9 677	1,05%

4.3. LA POLLUTION DE L'AIR INTÉRIEUR

La pollution de l'air intérieur résultant de l'utilisation de combustibles solides pour la cuisson, et à d'autres fins, est associée à des effets substantiels sur la santé (Apte et al. 2015). L'utilisation de combustibles solides (bois, charbon de bois, résidus agricoles) dans les ménages pauvres produit des PM_{2,5} et d'autres polluants nocifs pour la santé humaine de la même façon que ceux qui sont générés par la pollution de l'air extérieur. D'autres carburants (par ex., le gaz de pétrole liquéfié, le biogaz) sont plus propres et génèrent moins de PM. Cette section présente une estimation du coût de la pollution de l'air intérieur, en suivant les mêmes étapes que celles de la section précédente.

Étape 1 : Mesurer la concentration des polluants atmosphériques pour les ménages. Les concentrations de PM_{2,5} dans les foyers des ménages utilisant un combustible solide pour la cuisson varient considérablement selon l'emplacement de la cuisine (p. ex. à l'intérieur ou à l'extérieur de l'habitation), le type de combustible solide, le type de cuisinière et les pratiques de ventilation, la durée de la cuisson, la structure de l'habitation, etc. Les concentrations de PM_{2,5} atteignent souvent plusieurs centaines de µg/m³ dans la cuisine, et plus de 100 µg/m³ dans le reste du foyer.

Il n'existe pas de mesure de la concentration des PM_{2,5} dans les habitations des ménages ruraux du Maroc, mais l'OMS a compilé une base de données mondiale de mesures de

la pollution de l'air domestique⁷⁰. Elle présente les résultats de 154 études sur des mesures de la pollution de l'air intérieur. Cette base de données ne fournit des mesures de concentration $PM_{2,5}$ dans aucun pays d'Afrique du Nord. Cependant, y figure notamment l'étude de Balakrishnan et al. (2013) rapportant des concentrations de $PM_{2,5}$ dans certaines régions de l'Inde passant d'environ $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les zones d'habitation à environ $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les cuisines ; une extrapolation de ces résultats à tous les États de l'Inde basée sur des critères considérant l'emplacement de cuisson, ventilation et mix de combustibles a permis d'estimer les concentrations moyennes à $450 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les cuisines et $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les pièces d'habitation. Zuk et al. (2007) ont mesuré dans les régions rurales du Mexique des concentrations d'environ $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la terrasse extérieure des logements pratiquant une cuisson à feu ouvert après adoption d'une cuisinière à bois améliorée.

Les cuisinières ou four à bois sont très souvent utilisés au Maroc pour la cuisson du pain, même lorsque les ménages disposent d'une cuisinière à gaz (Atouk 2013). En l'absence de données sur l'emplacement des cuisines, la ventilation et la part des cuisinières à gaz, la présente étude retient une estimation prudente de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle de la concentration des $PM_{2,5}$ dans

les foyers des ménages qui utilisent des combustibles solides.

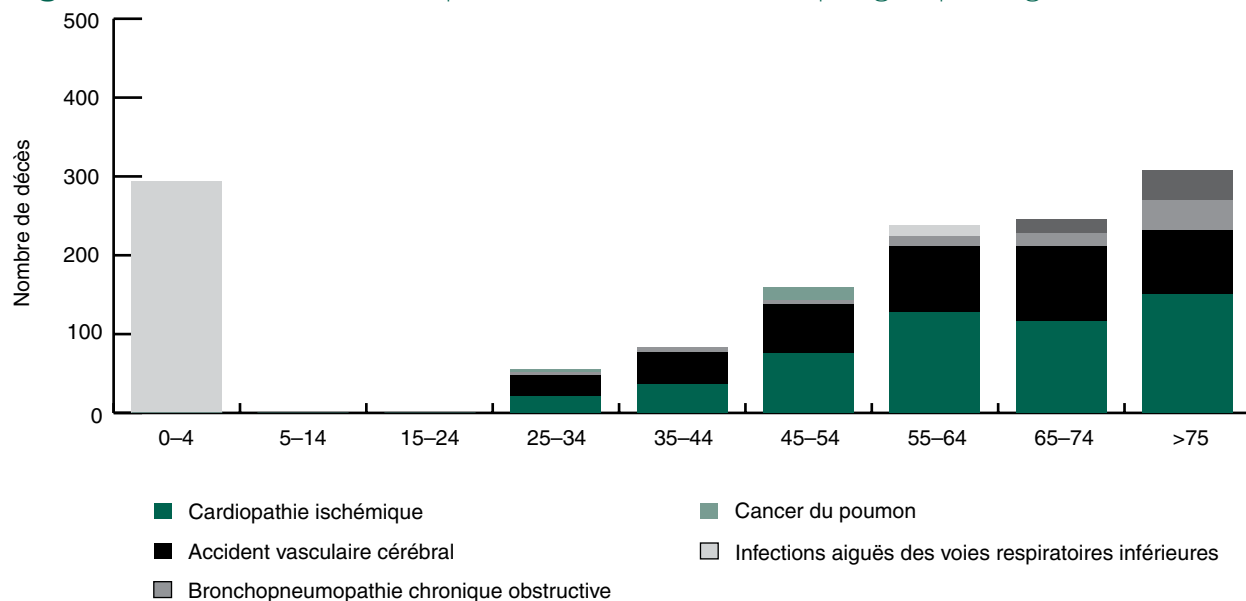
Étape 2 : Estimation de la population exposée aux polluants. L'exposition des ménages aux $PM_{2,5}$ provenant de la combustion de combustibles solides dépend de leurs habitudes d'activité à l'intérieur et à l'extérieur de la zone de vie familiale. L'enquête démographique et de santé (EDS) la plus récente, effectuée en 2011 (Ministère de la Santé 2012) ne fournit pas d'informations sur l'utilisation des combustibles solides pour la cuisson par les ménages ruraux. Toutefois, une étude du Ministère chargé de l'Environnement/PNUD (2015) indique que 20 % des foyers ruraux utilisent le bois pour la cuisson en 2010 et prévoit une diminution de cette part à 5 % en 2040. En l'absence d'information plus précise, l'application d'une tendance linéaire dans le temps permet d'estimer qu'environ 18 % des ménages ruraux ont utilisé du bois pour la cuisson en 2014. Sur une population rurale de 13,4 millions (HCP 2015), cette proportion correspond à environ 2,4 millions de personnes⁷¹ exposées aux concentrations domestiques de $PM_{2,5}$.

Étape 3 : Estimer les impacts sur la santé de l'exposition des ménages aux $PM_{2,5}$. D'une façon similaire à la section relative à la pollution de l'air

⁷⁰ http://www.who.int/indoorair/health_impacts/databases_iap/en/

⁷¹ 13,4 millions * 18% = 2,4 millions

Figure 4.4. Mortalité due à la pollution de l'air intérieur, par groupe d'âge



Source: les auteurs

extérieur, l'estimation de la mortalité et de la morbidité associée à la pollution de l'air intérieur est basée sur : (i) la mortalité par maladie et par groupe d'âge, en se basant sur la charge mondiale de la morbidité (Global Burden of Disease ajustée pour 2014) ; (ii) la proportion de décès dus à la pollution de l'air calculée à l'aide des fonctions concentration – réponse élaborées par Apte et al. (2015) pour chaque maladie, âge et concentration de $PM_{2,5}$. Les résultats montrent qu'en 2014, la pollution de l'air intérieur peut être tenue responsable d'environ **1 350 décès**. Près de 90 % d'entre eux sont causés par une cardiopathie ischémique, un accident vasculaire cérébral ou des infections aiguës des voies respiratoires inférieures. La Figure 4.4 présente l'estimation de la mortalité pour chaque groupe d'âge et par maladie. Les éléments les plus jeunes (moins de 5 ans) et les plus âgés (plus de 75 ans) forment les groupes les plus touchés par la pollution de l'air intérieur.

Étape 4 : Estimer les impacts sur la santé en termes monétaires Comme dans la section précédente, nous estimons le coût lié à la mortalité sur la base de la VSV. Dans une telle hypothèse, la perte due aux décès causés par la pollution de l'air intérieur est estimée à 2,2 milliards de dirhams. En outre, les coûts de morbidité sont évalués à 10 % de cette valeur, soit 0,2 milliard de dirhams. Par conséquent, le coût total de la mortalité et morbidité dues à la pollution de l'air intérieur s'élève à **2,4 milliards de dirhams**.

4.4. CONCLUSIONS

Le coût total de la pollution de l'air est estimé entre 6,3 et 13 milliards de dirhams. Ceci correspond à une moyenne de **9,7 milliards de dirhams, soit 1,05% du PIB en 2014** (Tableau 4.3). Le coût lié à la pollution de l'air extérieur représente 0,79 % du PIB. Le coût lié à la pollution de l'air intérieur s'élève à 0,26 % du PIB, alimenté surtout par les cardiopathies ischémiques chez les adultes et les infections respiratoires aiguës des voies inférieures chez les enfants.

Il convient de noter que les estimations de ce chapitre sont soumises à plusieurs contraintes. Du point de vue méthodologique, les évaluations liées à la mortalité se réfèrent seulement à cinq maladies respiratoires ; alors que celles relatives à la morbidité ne sont pas liées à des maladies

spécifiques. Du point de vue spatial, les estimations liées à la pollution de l'air extérieur ne couvrent que les villes pour lesquelles les données de surveillance étaient disponibles. Par conséquent, l'évaluation finale **sous-estime** les impacts réels de la pollution de l'air sur la santé.

RÉFÉRENCES

- Ait Bouh, H., Benyaich, F., Bounakhla, M., Noack, Y., Tahri M., Zahry, F., 2013. Seasonal variations of the atmospheric particles and its chemical components in Meknes city-Morocco. *J. Mater. Environ. Sci.* 4 (1) 2013, 49–62.
- Apte, J., Marshall, J., Cohen, A., Brauer, M., 2015. Addressing Global Mortality from Ambient $PM_{2.5}$. *Environ. Sci. Technol.* 2015, 49, 8057–8066 ; DOI : 10.1021/acs.est.5b01236.
- Atouk, S., 2013. *Les énergies renouvelables et les populations rurales pauvres : Le cas du Maroc*. Maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke.
- Balakrishnan, K., Ghosh, S., Ganguli, B., et al., 2013. State and national household concentrations of $PM_{2.5}$ from solid cookfuel use: Results from measurements and modeling in India for estimation of the global burden of disease. *Environmental Health*, 12: 77–90.
- Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CENUE). 2014. *Examen des performances environnementales*. Maroc. Nations Unies. New York et Genève.
- DMN, 2014 Direction de la météorologie nationale. *Rapport national sur la qualité de l'air au Maroc*.
- HCP, 2015 Haut-commissariat au Plan. *Recensement général de la population et de l'habitat 2014. Présentation des principaux résultats*. www.hcp.ma
- Hunt, A. et al., 2016. *Social Costs of Morbidity Impacts of Air Pollution*, OECD Environment Working Papers, No. 99, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5jm55j7cq0lv-en>
- Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., et al., 2012. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 380: 2224–60.
- Mehta, S., Shin, H., Burnett, R., North, T., Cohen, A., 2013. Ambient particulate air pollution and acute lower respiratory infections: a systematic review and

- implications for estimating the global burden of disease. *Air Qual Atmos Health*, 6 : 69–83.
- MEMEE, 2009. Étude sur le cadastre des émissions atmosphériques dans la région du Grand Casablanca. Analyse prospective d'évolution des émissions. ADS Maroc.
- Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement et Ministère de la Santé, 2000. Étude de la pollution atmosphérique et de son impact sur la santé des populations à Casablanca.
- Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement et Ministère de la Santé, 2003. Évaluation de l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé des enfants asthmatiques de Mohammedia.
- Ministère de l'Environnement, 2010. Étude relative à l'élaboration du programme national de lutte contre la pollution atmosphérique. Mission I : Analyse de l'existant. Rapport définitif. Octobre 2010.
- Ministère chargé de l'Environnement/PNUD, 2015. Mission II. Évaluation des programmes comportant des mesures visant à atténuer les émissions des gaz à effet de serre, p. 77.
- Ministère de la Santé, 2012. *Enquête nationale sur la population et la santé familiale* (ENPSF-2011). Ministère de la Santé, DPRF/DPE/SEIS.
- Ministère de la Santé, 2015. Etude CAP éco-épidémiologique "Qualité de l'air et santé dans la région du Grand Casablanca". Rapport Mai 2015.
- Narain, U. et C. Sall, 2016. *What does air pollution cost ?* Banque mondiale et l'Institut de Métrologie et d'Évaluation de la Santé.
- OCDE, 2014 Organisation de coopération et de développement économiques. *The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport*, OECD Publishing, Paris.
- OMS, 2010 Organisation mondiale de la santé. *Global Burden of Disease*. OMS.
- OMS, 2014 Organisation mondiale de la santé. *Public health, environmental and social determinants of health*. Issue 63, mars 2014.
- Pope C. A. III, Burnett, R. T., Krewski, D., et al., 2009. Cardiovascular mortality and exposure to airborne fine particulate matter and cigarette smoke: shape of the exposure-response relationship. *Circulation*, 120 : 941–948.
- Pope C. A. III, Burnett, R. T., Turner, M., Cohen, A., Krewski, D., Jerrett, M., Gapstur, S. M. and M. Thun, 2011. Lung cancer and cardiovascular disease mortality associated with ambient air pollution and cigarette smoke : shape of the exposure-response relationships. *Environmental Health Perspectives*, 119 (11) : 1616–21.
- REEM, 2015. *Rapport sur l'état de l'environnement du Maroc*. Ministère délégué auprès du Ministre de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Environnement.
- Sarraf et al., 2003. *Royaume du Maroc. Évaluation du coût de la dégradation de l'environnement*. Rapport n° 25992 Banque Mondiale 2003. Washington D.C.
- USEPA, 2016. <https://www3.epa.gov/pmdesignations/faq.htm>
- Van Donkelaar, A., Martin, R. V., Brauer, M., Boys, B. L., 2015. Use of Satellite Observations for Long-Term Exposure Assessment of Global Concentrations of Fine Particulate Matter. *Environmental Health Perspectives*. 123 (2) : 135–143. doi : 10.1289/ehp.1408646.
- WDI 2015. World Development Indicators. World Bank data base.
- Zuk, M., Rojas, L., Blanco, S., Serrano, P., et al. 2007. The impact of improved wood-burning stoves on fine particulate matter concentrations in rural Mexican homes. *J Exposure Sci and Environ Epidemiology*, 17 : 224–32.

CHAPITRE 5

SOLS

Abdeljaouad Jorio

La dégradation des sols au Maroc est le résultat d'une conjugaison de facteurs climatiques (érosion, sécheresse) et anthropiques (défrichements, surpâturage, arrachage des espèces ligneuses, urbanisation, etc.). Le surpâturage, l'extension des mises en culture, la salinisation et le pompage de la nappe phréatique, le défrichement et la déforestation constituent les principales causes de dégradation. Cette dégradation touche les terres en sec (bour), les terres irriguées, les oasis et les parcours. Ce chapitre présente le concept et l'approche d'évaluation de la dégradation des sols et introduit la problématique de cette dégradation au Maroc (Section 5.1). Ensuite, il estime le coût de la dégradation des **terres agricoles** cultivées (Section 5.2) et des **terres de parcours** (Section 5.3). La Section 5.4 présente les conclusions du chapitre.

5.1. LA DÉGRADATION DES SOLS : CONCEPT ET APPROCHE D'ÉVALUATION

La dégradation des sols représente un changement dans l'état de santé du sol qui entraîne une diminution de la capacité de l'écosystème à fournir des biens et services pour ses bénéficiaires⁷². La terre est traitée comme un écosystème produisant des services économiques, écologiques, culturels et de régulation (MEA 2005). Sa dégradation se traduit non seulement par une perte de production agricole, mais aussi par une perte de la biodiversité, une baisse de la séquestration du carbone, l'envasement des barrages et d'autres impacts. Le Tableau 5.1, sans être exhaustif, résume la relation entre les causes de dégradation et leurs impacts.

La dégradation des terres agricoles et des parcours conduit aux impacts *sur site*, tels que réduction de productivité ou pertes des terres ; et aux impacts *hors site*, tels que l'envasement des barrages ou des lacs, ces derniers à leur tour pouvant affecter la biodiversité (Pimentel et al. 1995). Ce chapitre estime les impacts *sur site* de la dégradation des terres, alors que l'évaluation des effets *hors site* se trouve dans le chapitre relatif à l'eau.

⁷² www.fao.org

Tableau 5.1. Désertification et dégradation des terres et leurs impacts

Causes de la désertification et dégradation des terres	Service écosystémique affecté	Impacts
Climat Démographie Systèmes de production agricole Pauvreté Politiques publiques	Productivité agricole	Perte de rendement agricole Malnutrition
	Élevage/pastoralisme	Perte de fourrage et des produits élevage
	Eau	Envasements des cours d'eau et des barrages Baisse du stock de poissons Maladies hydriques
	Biodiversité	Perte d'espèces emblématiques
	Carbone	Émissions de carbone (voire Chapitre 9)
	Écotourisme et récréation	Diminution du nombre de visiteurs

Source : Basé sur UNCCD (2013)

Les estimations de la perte de productivité et de terres se basent sur la méthode du changement de la productivité. Cette méthode estime le coût de la dégradation des terres à partir du changement de productivité du à l'érosion, la salinisation ou au défrichement⁷³. Il convient de noter que la productivité dépend de plusieurs facteurs, tels que la main-d'œuvre, les intrants, le type de sols, l'érosion ; cependant, faute de pouvoir isoler l'impact de l'érosion sur le rendement, on supposera, toutes choses égales par ailleurs, que ses effets se traduisent par une baisse du rendement agricole. L'estimation se base sur l'évaluation de la perte de rendement en termes physiques (q/ha), ainsi qu'en termes monétaires en utilisant les prix agricoles⁷⁴.

La dégradation du sol d'une année a des conséquences pendant plusieurs années successives. Certains auteurs (Magrath et Arens 1989) estiment qu'elle peut être

⁷³ Une méthode alternative est celle basée sur le coût de remplacement. Cette méthode consiste à estimer le coût de dégradation en se basant sur les dépenses qu'il faut engager pour remplacer l'actif endommagé. C'est aussi la méthode utilisée par les promoteurs du Plan national d'aménagement des bassins versants au Maroc (HCFELCD, non daté)

⁷⁴ Le rendement sur un sol donné est le résultat d'interactions des éléments suivants : éléments fertilisants du sol, matière organique, profondeur du sol et capacité de rétention de l'eau. Par conséquent, la baisse du rendement comprend aussi la perte d'éléments fertilisants (Barbier 1995). En conséquence, ce chapitre estime uniquement la baisse du rendement due à la dégradation.

permanente en cas d'inaction. Ce chapitre estime le coût de la dégradation à travers la valeur actualisée ou présente des dommages futurs sur une période de 25 ans avec un taux d'actualisation de 6 % (référence : Chapitre 2).

Afin d'adapter le Programme national de lutte contre la désertification (PANLCD) aux spécificités zonales, le HCFELCD (2013) a divisé le Maroc en huit « zones homogènes »⁷⁵ où il a mené pour chacune d'entre elles une analyse « DPSIR »⁷⁶.

5.2. TERRES AGRICOLES

Cette section estime le coût de la dégradation des terres agricoles en termes de : coût de la dégradation liée aux terres des cultures pluviales (Section 5.2.1) ; et coût de la salinisation des terres de cultures irriguées (Section 5.2.2). Le Tableau 5.2 fournit la répartition des terres agricole ainsi que les menaces les plus importantes qui pèsent sur eux.

⁷⁵ Leur identification s'est basée sur trois critères : le relief, le climat et le capital sol.

⁷⁶ Forces motrices (**D**ivers), pressions (**P**ressures), états (**S**tate), impacts (**I**mpacts) et les réponses (**R**esponses). Cette analyse met en relief les interactions entre la société et l'environnement.

Tableau 5.2. Les terres agricoles et les menaces (millions ha)

	Superficie (Millions ha)	Principales menaces
Terres agricoles		
Jachère	0,5	
Agriculture irriguée	1,5	Salinisation, urbanisation
Agriculture pluviale	7	Érosion hydrique et éolienne, urbanisation
Total	9	

Sources : MAPM ; FAOSTAT ; MATEE (2004) ; HCEFLCD (2013)

5.2.1. COÛT DE LA DÉGRADATION DES TERRES DE CULTURE PLUVIALE

La dégradation de ces terres est le résultat de la combinaison de facteurs naturels (essentiellement l'érosion hydrique) et humains (HCEFLCD 2013). En effet, la déforestation, les conduites de cultures inefficaces sont autant de facteurs qui aggravent l'effet de l'érosion hydrique (REEM 2015). Ne pouvant distinguer la part de l'impact des facteurs humains, nous estimons l'effet de l'érosion sur les terres agricoles pluviales résultant de la combinaison de ces éléments⁷⁷. Cette estimation reflète uniquement les pertes de rendement agricole ; d'autres pertes, telles que la perte de biodiversité et la baisse de la séquestration de carbone n'ont pas pu être estimées à cause du manque d'informations.

L'évaluation de la perte de rendement due à l'érosion se base sur la méthode du changement de productivité. Elle est réalisée en quatre étapes : i) déterminer les taux d'érosion hydrique ; ii) estimer l'ampleur des terres dégradées ; iii) estimer la relation cause à effet entre l'érosion et le rendement agricole ; et iv) évaluer le coût économique de l'érosion.

⁷⁷ À contrario, plusieurs expériences concrètes de terrain ont montré que, par des aménagements et une gestion appropriée, négociée avec les utilisateurs et pouvant comprendre des mises en repos, on pouvait restaurer les ressources pastorales et végétales, assurer un meilleur bilan hydrique, améliorer la « production d'eau » et réduire les forces des crues en aval (HCP, « Agriculture 2030 »).

i) Déterminer les taux d'érosion hydrique

Les terres agricoles sont plus menacées par l'érosion du fait de leur exploitation répétitive (faiblesse de la jachère) et l'insuffisance des mesures de protection des sols. Au Maroc, l'érosion hydrique est intense avec des dégradations spécifiques dépassant 20 t/ha/an dans les versants du Rif, entre 10 et 20 t/ha/an dans le pré-Rif, entre 5 et 10 t/ha/an dans les Moyen et Haut Atlas et moins de 5 t/ha/an dans les autres régions (REEM 2015).

On ne dispose malheureusement pas au Maroc de données globales sur l'érosion hydrique des **terres agricoles**. Afin de déterminer les taux d'érosion dominants au Maroc, nous avons utilisé la carte d'érosion hydrique des sols du HCEFLCD (2013).

D'après le HCEFLCD (2013), un état érosif hydrique faible domine 75 % de la superficie des sols marocains, avec des taux d'érosion variant entre 5 et 10 t/ha/an (Tableau 5.3). Puisque la Surface agricole utile (SAU) en fait partie, on peut supposer qu'elle connaît les mêmes degrés d'érosion que les sols au niveau national. Ainsi, 6,4 % de la SAU serait très faiblement érodée, 75 % faiblement érodée (par exemple, les terres agricoles des plaines et des plateaux ouverts sur l'Atlantique) ; 10 % moyennement érodée et 8,7 % fortement érodée.

Tableau 5.3. États érosifs hydriques des sols au Maroc

Classe d'érosion	< 5 t/ha	5-10 t/ha	10-20 t/ha	> 20 t/ha
Degré d'érosion	très faible	faible	moyen	fort
Superficie affectée (% du total)	6,4	74,9	10,0	8,7

Source : HCEFLCD (2013)

Dans le bassin-versant du Rif, des mesures sur parcelles expérimentales ont révélé des taux d'érosion variant de 18 t/ha/an sur des terres partiellement cultivées à 74 t/ha/an sur des terres entièrement cultivées (HCEFLCD non daté). Sadiki et al. (2004) ont dégagé un taux d'érosion moyen par le ruissellement en nappe⁷⁸ de 55 t/ha/an dans le bassin-versant de l'oued Boussouab (Rif oriental, Maroc). Compte tenu des informations ci-dessus, nous retenons quatre taux : 5, 10, 20 et 50 t/ha/an que nous allons croiser avec les surfaces des terres agricoles dégradées.

ii) Déterminer la superficie des terres dégradées

Pour estimer l'effet de l'érosion, on retiendra la surface des terres portant les cultures pluviales, soit une surface

⁷⁸ L'érosion en nappe s'entend du déplacement des particules de sol provoqué par le choc des gouttes de pluie et les eaux de ruissellement. Elle se produit habituellement d'une manière égale sur une pente uniforme et passe inaperçue jusqu'à ce que la quasi-totalité de la couche arable productive ait été enlevée (Ritter 2012).

agricole de 7 millions ha (Tableau 5.1). L'érosion hydrique menace l'ensemble du territoire marocain. MADREF (2001) indique que sur les 7,7 millions ha de terrains cultivés recensés en 1973, **2 millions ha** de terres agricoles « nécessitent une intervention urgente par des actions de réhabilitation et de lutte contre l'érosion ». On peut donc supposer que ces 2 millions ha subissent une érosion forte, ce qui correspondrait à un taux d'érosion supérieur à 20 t/ha/an.

À côté de ces 2 millions ha, 3,5 millions ha subiraient une érosion faible à moyenne⁷⁹, soit entre 5 et 10 t/ha/an (voir Tableau 5.3). En utilisant les quatre taux d'érosion retenus dans le paragraphe précédent, et en ayant à l'esprit que c'est l'érosion faible qui est dominante, le Tableau 5.4 estime la distribution de la surface agricole par degré d'érosion. Pour chaque degré d'érosion, l'estimation retiendra la valeur moyenne de l'intervalle présenté dans le tableau.

⁷⁹ Chiffre arrêté en accord avec des cadres du MAPM lors d'une réunion tenue le 4 mai 2016 au siège de ce ministère.

Tableau 5.4. Distribution de la surface agricole par degré d'érosion

Degré d'érosion	Superficie agricole affectée (millions ha)	Taux d'érosion (t/ha/an)
Faible	3,5	5–10
Forte	2	20–50
Total surface agricole utile pluviale	7	

Sources : MADREF (2001) pour la superficie affectée par un degré fort d'érosion, auteurs pour l'estimation de la superficie affectée par un degré faible d'érosion et HCEFLCD (2013) pour les taux d'érosion

iii) Relation entre érosion et rendement agricole
Ne disposant pas d'informations sur cette relation au Maroc, nous avons exploité les données de Den Biggelaar et al. (2004) qui ont estimé la relation cause à effet entre l'érosion et le rendement pour les cinq continents, cinq cultures⁸⁰ et sur dix différents types de sol. Cette étude globale a été réalisée sur la base de 179 expérimentations à travers le monde. Cela signifie qu'elle a capté toutes les différences de climat, de sol ainsi que toutes les occupations du sol, justifiant par là son exploitation pour le cas

du Maroc. Les auteurs ont calculé la perte de rendement (exprimée en pourcentage) suite à l'augmentation d'une tonne d'érosion par ha. Une analyse de régression⁸¹ pour le blé en utilisant les données de Den Biggelaar et al. (2004) a permis d'établir la relation suivante :

$$r = (E_{wp})^{1,224} * 0,0114 \quad (1)$$

Où r = baisse relative du rendement due à l'érosion
 E_{wp} = taux d'érosion

⁸⁰ Blé, maïs, pommes de terre, soybean, millet, sorgho.

⁸¹ La régression s'est faite sur 39 observations ; $R^2=0,707$; t de student de 9,7 et 11,4 respectivement pour le coefficient et pour la constante.

Le signe positif du coefficient signifie que quand l'érosion augmente, la perte de rendement augmente. Ce coefficient traduit l'élasticité de la perte de rendement par rapport à une variation relative de l'érosion. Il est supérieur à 1, indiquant ainsi la forte réaction du rendement à la variation de l'érosion.

Dans les sections précédentes, il n'a pas été possible de déterminer les taux d'érosion et la répartition des terres érodées par type de culture ; cependant, étant donné que les céréales occupent une bonne partie (65 %) de la SAU, nous supposons que toutes les terres sont cultivées en céréales et plus particulièrement en blé. Par conséquent, l'équation (1) sera appliquée pour le blé, ensuite extrapolée à l'ensemble des céréales. Le Tableau 5.5 montre l'application de cette équation pour calculer la baisse du rendement pour 4 valeurs du taux de l'érosion (E_{wp}). Le

rendement moyen de blé au Maroc est de 13,5 q/ha⁸². Il en résulte une baisse du rendement de 0,0108 q/ha (pour un taux de 5 t/ha) à 0,18 q/ha (pour un taux de 50 t/ha). Ceci correspond à une diminution du rendement de 0,08 % (pour un taux de 5 t/ha) à 1,37 % (pour un taux de 50 t/ha).

iv) Calculer le coût économique de l'érosion
L'estimation de ce coût est calculée à partir de la perte de rendement des céréales et du prix du blé tendre. Ainsi, la perte annuelle en rendement due à l'érosion est estimée à 83,8 millions de dirhams (Tableau 5.6). En supposant que l'érosion qui se produit au cours de l'année de référence (2014) cause des pertes de rendement pour une période future (25 années),

⁸² Moyenne de la période 2006–2013 ; FAOSTAT

Tableau 5.5. Perte de rendement due à l'érosion

Taux d'érosion (t/ha /an)	Baisse du rendement (en % par an)	Baisse rendement (q/ha)
E_{wp}	$\dot{r} = (E_{wp})^{1,224} * 0,0114$	$\Delta R = \dot{r} * R (R = 13,5)$
5	0,08	0,0108
10	0,19	0,0255
20	0,45	0,06
50	1,37	0,18

Source : FAOSTAT pour le rendement agricole du blé, moyenne 2006–2013

Tableau 5.6. Coût économique de l'érosion hydrique

	Terres affectées par			
	Érosion faible	Érosion forte	Total	
Superficie agricole affectée par érosion (millions ha)	3,5	2	5,5	(1)
Taux d'érosion (t/ha/an)	5-10	20-50	n.d.	
Baisse du rendement (q/ha)	0,018	0,123	0,048	(2)
Production de blé perdue (q)	64589	246 000	310 589	(3) = (1)*(2)
Prix du blé (DH/q)	270	270	270	(4)
Coût annuel de l'érosion (millions de DH)	17,4	66,4	83,8	= (3)*(4)
Valeur actualisée du coût de l'érosion	223	848	1 071	

Sources : (2) - moyennes des baisses du rendement pour les taux d'érosion de 5-10 t/ha/an et de 20-50 t/ha/an. (3) - MEF 2015.

la valeur actualisée de cette perte s'élèverait à **1,07 milliard de dirhams** avec un taux d'actualisation de 6 %.

5.2.2. COÛT DE LA SALINISATION DES TERRES IRRIGUÉES

L'agriculture irriguée est un secteur important. En année moyenne, elle représente 45 % de la valeur ajoutée agricole, 75 % des exportations et 25 % des emplois au niveau national (CESE 2014) alors qu'elle n'occupe que 16,7 % de la SAU⁸³. La surface équipée pour l'irrigation s'élève à 1,5 million ha (Tableau 5.2).⁸⁴

La salinisation est une accumulation de sels dans le sol qui abaisse les rendements et peut détériorer les terres de façon irrémédiable (Encadré 5.1). Au Maroc, la salinisation des terres agricoles est un phénomène important, dû à plusieurs causes, telles que la surexploitation des nappes, notamment

⁸³ <http://www.agriculture.gov.ma/pages/lirrigation-au-maroc>. En plus, elle contribue à 81 % du volume total de la production agricole (CESE, 2014) : 86 % des cultures industrielles sont irriguées, en particulier toute la production de sucre, 89 % des plantations – dont 100 % des agrumes, 55 % du maraîchage, 81 % des fourrages, et près de 20 % de la production totale de viande et céréales (HCP 2007).

⁸⁴ La surface équipée pour l'irrigation s'élève à 1,52 million ha, cependant 1,34 million ha sont réellement irrigués. Compte tenu d'un indice d'intensité d'exploitation de 127,6, les superficies réellement irriguées s'élèvent à 1,71 million ha (FAO, Aquastat).

les nappes côtières⁸⁵ ; la remontée des nappes résultant de l'abus de l'eau d'irrigation ; le mauvais drainage des sols dû au manque d'entretien des réseaux du drainage⁸⁶ et la non-maîtrise des techniques d'irrigation, notamment l'utilisation de l'irrigation gravitaire (FAO 2015).

Cette section estime la perte du rendement agricole sur les terres irriguées due à la salinisation. L'évaluation se base sur la méthode du changement de productivité. Elle est réalisée en quatre étapes : (a) estimer la surface irriguée affectée par salinisation ; (b) déterminer le niveau de salinité ; (c) établir la relation entre la salinité et le rendement agricole ; (d) estimer le coût économique de la salinisation. Les paragraphes suivants décrivent chaque étape.

i) Estimer la surface irriguée affectée par la salinisation

En 2000, la FAO⁸⁷ a estimé à 150 000 ha les terres irriguées qui sont salinisées en raison d'une agriculture intensive et de pratiques inappropriées liées à l'irrigation. Le MdE (2015) avance le chiffre de **160 000 ha** comme

⁸⁵ On estime le déficit hydrique à 4 000 Mm³ dont 1 000 Mm³ proviennent de la surexploitation des nappes (CESE 2014).

⁸⁶ En effet, seuls 44 % de la superficie totale équipée pour l'irrigation sont drainés (FAOSTAT), ce qui augmente le risque de salinisation des terres non drainées.

⁸⁷ http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/mar/indexfra.stm et base de données AQUASAT <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html>

Encadré 5.1. Impacts de la salinisation sur le rendement agricole

La conductivité électrique de la pâte saturée (CE) (*Electrical conductivity of a saturated soil extract*) est l'indicateur standard pour mesurer la charge en sels solubles dans le sol. Il est mesuré selon la méthode préconisée par le laboratoire de Riverside et exprimée en décisiemens par mètre (Richards 1954 dans OEH, 2015). À partir de cette mesure, les scientifiques ont établi cinq classes de salinité des sols : absence de salinité, correspondant une $CE_e < 2$ ds/m ; salinité légère, avec une CE_e entre 2 et 4 ds/m ; salinité modérée, avec une CE_e entre 4 et 8 ds/m ; salinité forte, avec une CE_e entre 8 et 16 ds/m ; et salinité sévère, avec une $CE_e > 16$ ds/m (OEH, 2015).

Plusieurs études et expérimentations in situ ont montré l'impact négatif de la salinité des sols sur le rendement agricole. Par exemple, en Ouzbékistan, il a été établi qu'une augmentation de la CE de 3 à 7,5 ds/m entraînerait une baisse du

rendement du blé de 4,5 à 3,7 t/ha, soit une baisse marginale du rendement de 0,17 t pour une augmentation d'une unité EC_e (Ephraïm et al. 2011). En Inde, des expérimentations sur parcelles ont montré une baisse marginale du rendement de 0,29 t pour le blé et de 0,13 t pour l'orge (Oosterbaan et al. 1990). En Turquie, M. A. Çullu (2003) a montré qu'à partir d'un certain seuil de salinité, le rendement agricole du blé et du coton commence à décliner, la région est de « très saline » à « hautement saline » correspondant respectivement à 9,2 et 13,4 ds/m. Par rapport au seuil, cela équivaut respectivement à une baisse de 13,5 % et 35 % pour le blé et 8 % et 29,6 % pour le coton. En Californie, il a été établi qu'une augmentation d'une unité d' EC_e entraîne une baisse du rendement agricole de 10 % pour les tomates et de 16,7 % pour les oranges (California Fertilizer Association 1990).

surface soumise à la salinisation. Nous retenons ce dernier chiffre comme estimation de l'année la plus récente disponible. Il s'agit d'une sous-estimation, compte tenu de la persistance des facteurs de salinisation, essentiellement l'intensification agricole, l'insuffisance du drainage des terres irriguées⁸⁸ et la détérioration de la qualité des eaux d'irrigation.

Ne disposant pas de données sur la répartition par culture des terres irriguées touchées par la salinisation, nous avons appliqué les proportions relatives à chaque culture au niveau national aux 160 000 ha touchés par la salinisation. Ainsi, si le blé couvre 21,6 % des terres irriguées au niveau national, on suppose que le même pourcentage des 160 000 ha touchés par la salinisation est cultivé en blé⁸⁹. Le Tableau 5.8 (deuxième colonne) présente la répartition par culture de la superficie affectée par salinisation.

ii) Déterminer le niveau de salinité

Nous ne disposons pas de données précises sur le niveau de salinité, aussi bien au niveau global qu'à celui du type de culture. Nous avons cependant construit quelques hypothèses afin de pouvoir estimer le niveau de salinité sur la base d'informations existantes.

Le projet GLADIS/LADA a calculé le risque de salinité dû à l'irrigation pour le Maroc à partir d'une carte mondiale interactive⁹⁰. Cet indice exprime « l'excès de salinisation ». Ce dernier se produit généralement en présence de systèmes d'irrigation inadéquats. Pour construire cet indice, les auteurs du projet ont utilisé la carte mondiale des superficies irriguées ainsi que les statistiques relatives aux terres irriguées touchées par la salinisation puisées dans la base de données AQUASTAT (LADA 2011).

La salinisation participe, au même titre que l'épuisement des éléments nutritifs et la pollution, à la dégradation

⁸⁸ Les superficies équipées pour le drainage représentent actuellement 45,4 % de l'ensemble des terres équipées pour l'irrigation en maîtrise totale ; op cité.

⁸⁹ Il y a là, par exemple, un risque de surestimer la part des céréales et des légumineuses dans les superficies salinées alors qu'elles possèdent un seuil critique élevé. Un taux de salinisation inférieur à ce seuil signifierait que ces cultures ne sont pas touchées par la salinisation et par conséquent, ces deux cultures risqueraient de ne pas figurer parmi les cultures touchées par la salinisation. Nous sommes conscients de cette limite.

⁹⁰ Où chaque pixel correspond à une résolution de 9x9 km.

des sols, induisant par là une baisse de sa productivité. La salinisation est exprimée par un indice dont la valeur est comprise entre 5 (absence de risque) et 29 (risque très élevé). Le projet GLADIS/LADA montre que le risque est très grand dans les zones qui correspondent grosso modo aux périmètres de grande irrigation dominés par les systèmes des grandes cultures intensives. HCEFLCD (2011) confirme ce constat en précisant que les zones les plus concernées sont situées dans les périmètres irrigués d'Ouarzazate, Tafilalet, Haouz, Basse Moulouya, Tadla, Souss-Massa et du Gharb. La carte montre que le risque de salinité au Maroc est modéré à élevé. Par exemple, dans la région de Tadla-Azilal (ancienne appellation), le taux de salinité des terres irriguées varie de 0,1 à 24,6 ds/m (Département de l'Environnement 2014), dans la région de Meknès-Tafilalet, ce taux varie entre 4 et 16 ds/m (Département de l'Environnement 2013).

Ces observations permettent de soutenir que la salinité qui touche les terres irriguées est en général **modérée**. Il faudrait aussi noter que les dommages causés par le sel sont plus graves en régime chaud et sec⁹¹ comme le Maroc, que sous les climats froids et humides.

D'après l'Encadré 5.1, la salinité modérée correspond à une conductivité électrique (**CE**) de **4 à 8 ds/m**. Nous calculerons le coût de salinisation pour ces deux valeurs et nous retiendrons leur moyenne.

iii) Établir la relation entre la salinité et le rendement agricole

La plupart des études consultées utilisent la méthodologie développée par Maas et Hoffman (1977), Maas (1990), et Maas et François (1994) pour calculer la variation du rendement des différentes cultures et plantations en fonction du niveau de salinité constaté. Cette méthodologie a été reprise par la FAO⁹² et est utilisée dans ce chapitre pour calculer la perte de rendement agricole au Maroc due à la salinité. Elle se base sur l'équation suivante :

$$i = B*(CE - A) \quad (2)$$

⁹¹ <http://www.fao.org/docrep/003/s8500f/s8500f0e.htm#b9-A.9%20Salinité>

⁹² Voir aussi : <http://www.fao.org/docrep/005/y4263e/y4263e0e.htm>

Ou r = perte relative du rendement
 B = baisse du rendement due à une unité supplémentaire de salinité (%)
 CE = niveau de salinité constaté (ds/m)
 A = seuil critique de salinité au-delà duquel le rendement agricole commence à décliner (ds/m)

L'équation ci-dessus estime la perte du rendement provoquée par un niveau de salinité au-dessus d'un seuil critique.

Par ailleurs, le Tableau 5.7 fournit les seuils critiques et la baisse du rendement suite à l'augmentation de la salinité pour les différents types de culture et de plantation fruitière. Ce tableau permet ainsi d'évaluer la tolérance des différentes cultures à la salinité⁹³.

⁹³ Par exemple, la CE constatée du blé est de 10 ds/m ; en utilisant l'équation (2) et les informations du Tableau 5.9, la baisse du rendement du blé est estimée à 28,4 % [$7,1 \cdot (10 - 6)$].

Tableau 5.7. Seuil critique et baisse du rendement par culture

Culture/plantation	Seuil critique (ds/m)	Baisse du rendement due à une unité supplémentaire de salinité à partir du seuil critique (%)
Blé	6,0	7,1
Tomate	2,5	9,9
Luzerne (fourrage)	2	7,3
Orge fourrage	6,0	7,1
Agrumes (Oranges)	1,3	13,1
Betterave à sucre	7,0	5,9
Canne à sucre	1,7	5,9
Mais	1,7	12
Riz	3,0	12

Source : FAO <http://www.fao.org/docrep/005/y4263e/y4263e0e.htm>

iv) Estimer le coût de salinisation

Nous estimons ce coût à travers la perte de rendement de différentes cultures sur les terres affectées par la salinisation et le prix au producteur de chaque produit. On constate que les agrumes et les tomates sont les plus menacés à cause de la faiblesse de leurs seuils critiques. Le coût total de salinisation varie entre 259 et 930 millions de

dirhams, avec une moyenne de 595 millions de dirhams par an.

En résumé, la dégradation des terres agricoles induit un coût total estimé entre 1330 millions de dirhams et 2 001 millions de dirhams, avec une moyenne de 1 666 millions de dirhams.

Tableau 5.8. Estimation du coût de salinisation des terres agricoles

Culture	Cultures irriguées SAU (000 ha)	Superficie affectée par salinisation (ha)	Rendement (q/ha)	Prix à la production (DH/q)	Perte de rendement due à la salinisation (%)		Coût de salinisation (millions de DH)	
					CE = 4ds/m	CE = 8ds/m	CE = 4 ds/m	CE = 8 ds/m
					(5)	(6)	=(2)*(3)*(4)*(5)	=(2)*(3)*(4)*(6)
Blé	370	34 600	16,5	263	0	14,2	0	21,2
Riz	20	1 870	70,7	...	12	60	...	...
Maïs	70	6 546	8,6	271	27,6	75,6	4,2	11,5
Autres céréales	80	7 481	8,7	271	0	14,2	0	2,5
Légumes (tomates)	209	19 544	172,1	236	14,9	54,5	117,9	432,2
Légumineuses	15	1 403	128,1	759	0	0	0	0
Betterave à sucre	44	4 115	555,9	45	0	5,9	0	60,1
Canne à sucre	11	1 029	625,1	29	13,6	37,2	2,5	68,1
Fourrage	200	18 703	...	285	0	14,2	...	...
Autres cultures	23	2 151	...	285	0	0	...	...
Agrumes	101	9 445	147,4	274	35,4	87,8	134,9	334,7
Autres fruits	147	13 746	...	...	...	...	...	...
Oliviers	330	30 859	13,9	...	...	...	...	...
Palmiers à huile	70	6 546	...	...	...	...	...	...
Herbe et fourrage	21	1 964	...	...	...	...	...	...
Total	1 711	160 000					259,4	930,4
	<i>(1)</i>	<i>(2)</i>	<i>(3)</i>	<i>(4)</i>	<i>(5)</i>	<i>(6)</i>	<i>=(2)*(3)*(4)*(5)</i>	<i>=(2)*(3)*(4)*(6)</i>

Source : Colonne 1 - AQUASTAT ; colonne 2 – nos calculs sur la base de la répartition des cultures dans la colonne 1 ; colonnes 3 et 4 - FAOSTAT ; colonnes 5 et 6 - nos calculs sur la base du rendement de chaque culture (colonne 3) ; Note :... = non connu.

5.3 TERRES DE PARCOURS

Les terres de parcours constituent une des sources principales de l'alimentation animale, particulièrement pour l'élevage extensif traditionnel, essentiellement du petit bétail. Ce dernier s'insère dans un système agro-pastoral ou pastoral faisant vivre des millions de personnes. La contribution de l'élevage à la production agricole brute varie de 25 à 42 % selon les années agricoles. Le recensement agricole (MADRPM 1998) a montré que 18 % des producteurs agricoles tirent leurs revenus exclusivement de l'élevage. En outre, les parcours offrent des services économiques (p. ex. production fourragère, miel), sociaux (p. ex. récréation dans des espaces protégés, chasse) et environnementaux (p. ex. séquestration de carbone et lutte contre l'érosion).

Cependant, ces terres subissent des pressions dues à la conjonction de facteurs climatiques (érosion, sécheresse) et anthropiques (défrichements, surpâturage, arrachage des espèces ligneuses). Cette section mesure l'impact de ces pressions sur la productivité des parcours. Tout d'abord elle estime, sur la base des informations disponibles, la superficie de ces terres (i) et présente la problématique liée à leur dégradation (ii). Ensuite, elle estime la valeur économique totale des parcours (iii) et la partie de cette valeur perdue à cause du défrichement, désertification et dégradation de ces terres (iv).

i) Estimer la superficie des terres de parcours
C'est le MARA (1992) qui, pour la première fois, a estimé cette superficie dans le cadre de la Stratégie du développement des terres de parcours (Tableau 5.9 première et

deuxième colonnes). Il s'agit de la seule estimation officielle jusqu'à aujourd'hui qui est reprise par d'autres départements ministériels dont celui de l'Environnement (REEM 2001, 2010, 2015).

Cependant, plusieurs estimations de la superficie des parcours ont été réalisées. Le Conseil de gouvernement marocain a adopté en 2015 un projet de loi relatif à la transhumance pastorale, la gestion et l'aménagement des espaces pastoraux⁹⁴. Il indique une superficie des parcours hors forêts de 53 millions ha et 9 millions ha dans le domaine forestier et alfatier (dont 3,3 millions ha d'alfa). Sur les 53 millions, 21 millions ha sont aménageables, le reste est constitué des steppes sahariennes peu productives, des sites rocheux et des zones occupées par des infrastructures. Sur la base de ces informations, on estime que la superficie des **parcours permanents et productifs**

⁹⁴ Projet de loi n°113-13, 20/03/2015. Ce projet de loi vise, dans son article premier, à « mettre en place le cadre juridique relatif à l'organisation, le développement et l'exploitation rationnelle et durable des ressources pastorales, à la sécurisation de l'assiette foncière à vocation pastorale et sylvo-pastorale, à la garantie des droits d'accès et d'usage de ces espaces et de leurs ressources et au règlement des différends qui peuvent surgir de la pratique de la transhumance pastorale » (http://www.sgg.gov.ma/Portals/0/lois/Projet_loi_113.13_Fr.pdf).

hors forêts s'étend sur **24,3 millions ha**⁹⁵. D'autres auteurs fournissent des estimations similaires pour les parcours permanents steppiques⁹⁶.

Ces 24,3 millions ha (Tableau 5.9 troisième colonne) serviront de base au calcul du coût de dégradation, auxquels nous avons ajouté 6,1 millions ha de parcours forestiers. Ainsi, la superficie des terres de **parcours permanents et productives incluant les forêts** est estimée à **30,4 millions ha**. Par la suite, le calcul du coût de dégradation portera essentiellement sur cette superficie, le reste est soit déjà perdu, soit ne justifie pas d'investissements visant son aménagement et sa restauration.

⁹⁵ Ce résultat est obtenu en additionnant les 21 millions ha des parcours hors forêts aménageables et les 3,3 millions ha des nappes alfatières.

⁹⁶ Mahyou et al. (2010), centrant leur analyse sur les parcours en zone semi-aride et aride et utilisant une carte digitale d'occupation des sols « Globcover » établie en 2008, estiment la superficie de ces parcours à 33,9 millions ha soit 82 % de la superficie des zones semi-arides et arides. Ils relèvent que 19,5 millions ha de ces 33,9 correspondent à un « sol nu », témoignant d'une désertification passée des terres de parcours. Ce qui laisserait environ 24 millions ha comme parcours productifs dans ces zones. Par ailleurs, sur l'ensemble du Maroc, Laouina et al. (2001) estiment à environ 32 millions ha, les parcours permanents dont 21 à 22 millions ha steppiques, le reste en forestier (alfa comprise).

Tableau 5.9. Répartition des terres de parcours (millions hectares)

	Forêts (Réf. : MARA)	Steppes (Réf. : MARA)	Steppes (steppe saharienne non productive exclue)	Total parcours permanents et productifs
	(1)		(2)	(1) + (2)
Dominante steppique	0,7	57,3	23	23,7
Saharienne	0	46	11,7	11,7
Présaharienne	0,06	5,6	5,6	5,7
Oriental	0,3	4,7	4,7	5
Nord Atlas	0,29	1,01	1,01	1,3
Arganeraie	0,7	0,8	0,8	1,5
Dominante forestière	4,7	0,4	0,4	5,1
Moyen Atlas	1,0	0,2	0,2	1,2
Haut Atlas	2,0	0,2	0,2	2,2
Rif	0,9	0	0	0,9
Mamora, plateau central.	0,8	0	0	0,8
Dominante céréalière	0	0,1	0,1	0,1
(pâturage du sahel)	0	0,1	0,1	0,1
Meseta côtière				
Total	6,1	58,6	24,3	30,4

Source : REEM (2001), tiré de MARA (1992) et estimations auteurs

ii) Problématique

Les parcours subissent des pressions dues à la conjugaison de facteurs climatiques et anthropiques. Ces pressions se manifestent à travers : le *défrichement*, en termes de pertes de terres à long terme en faveur d'autres utilisations des terres ; la *désertification*, à savoir des pertes irréversibles de terres dues à l'avancement du désert ; et la *dégradation*, en termes de réduction des bénéfices due à la surexploitation de ces terres (p. ex. à travers le surpâturage et l'arrachage des espèces ligneuses). Il convient aussi de noter que les défrichements et la désertification se traduisent par une baisse de leur superficie. Les paragraphes suivants estiment la superficie affectée par chaque pression.

Défrichement. D'après le HCEFLCD⁹⁷, le défrichement touche chaque année **65 000 ha**, pris sur les meilleures terres de pâturage. Ce sont des parcours détournés à des fins de cultures, principalement des céréales. Il s'agit de terres collectives appartenant à la communauté (tribu, fraction) et dont le défrichement correspond à une appropriation privée de fait. En effet, ce défrichement remet en cause l'organisation des terres de parcours fondée sur leur appropriation collective et sur un mode de production où la transhumance des troupeaux constituait une variable importante permettant de réduire les pressions sur les parcours.

Désertification. Dans le cadre d'un travail prospectif pour le compte du HCP, Laouina (2006) estime que les parcours steppiques productifs actuels perdent chaque année entre 0,6 et 1 % de leur superficie, soit entre 126 000 et 210 000 ha. En soustrayant la superficie annuellement défrichée (65 000 ha), il reste entre 61 000 et 145 000 ha par an au titre de la désertification, soit une moyenne de **103 000 ha**.

Dégradation. D'après le MARA (1992), 63 millions ha de parcours sont dégradés à différents degrés : 8,3 millions ha sont fortement dégradés, 50,4 millions sont moyennement dégradés, et 4,3 millions ha sont faiblement dégradés. Plusieurs publications officielles et scientifiques reprennent les chiffres relatifs aux superficies fortement et faiblement dégradés (Laouina et al. 2001 ; Boulanouar et al. 2006 ; Mahyou et al. 2010 ; Acherkouk 2012 et 2013). En soustrayant les superficies défrichée et désertifiée, la superficie des parcours permanents restants est **30,2 millions ha**.

Tableau 5.10. Parcours permanents soumis aux différentes pressions

Type de pression	Superficie moyenne affectée (000 ha)
Défrichement (<i>Fort</i>)	65
Désertification (<i>Fort</i>)	103
Dégradation	30 232
• Faible	4 300
• Moyen	17 800
• Fort	8 132
Total	30 400

En raisonnant sur cette surface et en retenant les mêmes superficies faiblement et fortement dégradées fournies par MARA (1992), le tableau ci-dessous estime la répartition des parcours permanents par degré de dégradation.

iii) Valeur économique totale des parcours

Les parcours constituent un capital naturel qui produit des services d'approvisionnement, de régulation et culturels (MEA 2005), l'ensemble de ces services constitue sa « valeur économique totale » (VET). La VET des parcours comprend les services d'approvisionnement (tels que la production fourragère, alfa, la chasse), les services de régulation (tels que la lutte contre l'érosion, la séquestration de carbone) et les services culturels (services récréatifs et préservation de la biodiversité). Constanza et al. (1997) ont identifié et estimé les différents services assurés par différents types de capital naturel dont les prairies et terres de parcours. Sur la base de leurs estimations, les services de régulation représentent 70 % de la VET d'un ha de parcours, suivis par ceux d'approvisionnement (29 %) et culturels (1 %)⁹⁸. On retrouve pratiquement la même répartition en Iran (Abolhassani 2011) et en Tunisie (MARHP 2015). On constate que les services de régulation représentent 2,43 fois ceux d'approvisionnement alors que les services culturels n'en représentent que 0,03.

⁹⁷ Fiche : Pastoralisme et parcours ; http://www.scid.ma/tableau_de_bord.html

⁹⁸ Si l'on regroupe les estimations de Constanza et al. (1997) sur la base de la classification du MEA (2005), les services d'approvisionnement sont estimés à 67 USD/ha (produits primaires) ; les services de régulation sont évalués à 163 USD/ha (régulation de l'eau, contrôle de l'érosion, formation des sols, contrôle pollution, séquestration de carbone, contrôle biologique, pollinisation) ; et ceux culturels (récréation) sont estimés à 2 USD/ha (en USD 1997).

Nous ne disposons malheureusement pas de données suffisantes pour calculer cette valeur pour les terres de parcours au Maroc. Nous pouvons tout au plus calculer, à partir des informations disponibles, le service d'approvisionnement (production de fourrage) et la séquestration de carbone. Les autres éléments de la VET sont calculés en reprenant la structure de la VET estimée ci-dessus. Ainsi, la VET est estimée à **1 256 dirhams/ha** de parcours non dégradées, comme décrit ci-dessous. A titre de comparaison, la VET calculée pour la Tunisie est de 980 dirhams pour les parcours alfatiers et de 792 dirhams pour les autres parcours (MARHP 2015)⁹⁹.

⁹⁹ Respectivement 198 et 160 dinars tunisiens (DT), avec un DT=4,95 dirhams.

Services d'approvisionnement. La productivité des parcours varie selon la position climatique et la nature du couvert. Pour le parcours forestier, elle varie de 75 Unités Fourragères (UF)/ha en zone aride à 375 UF/ha en zone humide. Le parcours steppique a une productivité équivalente à la forêt en zone semi-aride (200–225 UF/ha) (Laouina et al. 2001). D'après le MAPM (2012), en année favorable, le disponible fourrager est en moyenne d'environ 14 milliards d'UF alors qu'en année défavorable ce disponible n'est que de 10 milliards UF. Les disponibilités fourragères au titre de la campagne 2009–2010 étaient estimées à 17,5 milliards UF, dont 4 étaient assurés par les parcours¹⁰⁰. En retenant cette dernière

¹⁰⁰ Par ailleurs, Laouina et al. (2001) estiment que les 30,5 millions ha donnent entre 3 et 5 milliards UF selon la pluviométrie.

Encadré 5.2. La valeur de la séquestration du carbone par hectare

Le calcul de cette séquestration se fera en suivant les « Recommandations » du GIEC et tous les chiffres et valeurs ainsi que l'équation utilisée renvoient à cette référence. Cette séquestration concerne principalement la biomasse. Cette valeur est donnée par l'équation suivante : $V_{sq} = \Delta C_{TP} * P_C$

ΔC_{TP} = variation annuelle du stock de carbone de la biomasse vivante des terres de parcours (tonnes C par an)

P_C = prix d'une tonne de carbone (en USD)

ΔC_{TP} = variation annuelle du stock de carbone de la biomasse vivante des terres de parcours (tonnes C par an)

Cette variation est donnée par l'équation suivante : $\Delta C_{TP} = B * FC$

B = quantité de biomasse vivante dans un ha de parcours, (en tonnes matière sèche par ha)

FC = fraction de carbone de la matière sèche par tonne de MS (valeur par défaut = 0,5)

Pour calculer B et FC, nous avons utilisé l'estimation « niveau 1 » qui figure dans les « recommandations »

	Signification	Valeur	Références/Notes
FC	Fraction de carbone	0,5	GIEC 2003; Tableau 3.3.7 ; p 3.89
BTP	Quantité de biomasse vivante tonnes m.s. par ha	1,6	Tableau 3.4.2 (GIEC 2003)
ΔCTP	Variation des stocks de carbone de la biomasse vivante d'un hectare de parcours (tonne de C) avant désertification	0,8	Calcul
ΔCTP	Variation des stocks de carbone de la biomasse vivante d'un hectare de parcours en équivalent CO2	2,93	1 tC = 44/12 tCO2
Pc\$	Prix d'une tonne de CO2 (\$EU)	5,5	WB 2014
PcDH	Prix d'une tonne de CO2 (DH)	46,36	1\$=8,43DH
$V_{sq} = \Delta CTP * PC$	Valeur séquestration carbone par hectare (DH)	136	Calcul

production, le rendement fourrager en année favorable serait de 131 UF/ha. Ce rendement est obtenu sur des terres moyennement et fortement dégradées (soit 26 000ha d'après Tableau 5.10), il ne s'agit donc pas du rendement potentiel que l'on obtiendrait en l'absence de dégradation. D'après IAV-UTAH (1993–1994), un ha « moyennement dégradé » perd 25 % de son rendement, ce qui donnerait un rendement potentiel d'environ 175 UF/ha. Sachant qu'une unité fourragère correspond à un kilogramme d'orge et en retenant un prix au producteur de l'orge de 2,30 dirhams/kg (FAOSTAT 2013), la valeur de la production fourragère est estimée à 402 dirhams/ha.

Services de régulation. Si l'on considère que les services de régulation représentent 2,43 fois ceux d'approvisionnement, la valeur de ces services est estimée à 977 H/ha. En parallèle, l'équipe de l'étude a estimé la valeur de la séquestration du carbone par ha qui s'élève à près de 136 dirhams/ha (Encadré 5.2). On en déduit donc que la valeur des autres services de régulation (tels que la régulation d'eau, le contrôle de l'érosion, de la pollution et le contrôle biologique) est estimée à près de 841 dirhams/ha.

Services culturels. En supposant que les services culturels représentent 3 % des services d'approvisionnement, leur valeur est estimée à 12 dirhams/ha.

iv) Estimer le coût de dégradation des parcours

Cette section estime les pertes des bénéficiaires sur les parcours défrichés, désertifiés et dégradés.

Tableau 5.11. Valeur économique totale d'un hectare de parcours

	Valeur Economique (DH/ha)
Services d'approvisionnement (production fourragère)	402
Services de régulation (sans fixation de carbone*)	841
Services culturels	12
Total	1 256

Note : * Ce coût est inclus dans le Chapitre 9.

Coût lié aux surfaces défrichées et désertifiées.

La désertification et le défrichement se traduisent par la disparition totale de la VET, soit 1 256 dirhams par ha et par an. En considérant la superficie annuellement défrichée (65 000 ha) et désertifiée (103 000 ha), la perte annuelle de VET correspond à 211 millions de dirhams. Le défrichement et la désertification qui se produisent en une année affectent le rendement agricole sur plusieurs années. Ainsi la valeur actualisée des pertes pour un taux de 6 pour cent et une période de 25 ans s'élève à 2 696 millions de dirhams.

Coût lié aux surfaces dégradées. D'après MARA (1993–1994)¹⁰¹, un parcours « faiblement dégradé » perd peu ou rien de sa productivité fourragère, alors qu'un ha « moyennement dégradé » perd 25 % de sa productivité et un ha « fortement dégradé » perd 45 % de sa productivité.

Pour le calcul de la baisse annuelle, nous supposons que la valeur totale d'un ha de parcours baisse au même rythme que sa productivité fourragère¹⁰². En outre, concernant les baisses de 25 et 45 %, il s'agit, d'après les auteurs, d'une estimation des performances agronomiques et non d'un constat au cours d'une période donnée. Cependant, nous pensons que ces baisses reflètent l'accumulation de baisses annuelles, plus ou moins importantes selon les conditions climatiques et les pressions anthropiques au cours du temps. Si l'on considère que ces baisses ont été obtenues pendant les 20 dernières années, la perte annuelle sur 1 ha serait de 1,43 % de la VET, soit 18 dirhams/ha pour les parcours « moyennement dégradés » ; et de 2,94 % de la VET, soit 37 dirhams/ha pour ceux « fortement dégradés ». Sur cette base, le Tableau 5.12 estime le coût de dégradation annuelle à 618 millions de dirhams par an.

¹⁰¹ « Le développement des zones de parcours au Maroc ». Étude réalisée par IAV-UTAH pour le compte de ce ministère. Cité par Laouina et al (2001) : « sur 32 millions ha de parcours permanents que compte le pays (forêts comprises), seuls 4 millions ha sont faiblement dégradés et produisent en moyenne 90 UF/ha et par an. Pour les parcours moyennement dégradés, la réduction de rendement occasionnée est d'environ 25 % et leur productivité est estimée à 68 UF/ha/an en moyenne. 8 millions d'ha sont enfin fortement dégradés ; leur productivité, réduite de 45 %, équivaut à 50 UF/ha/an »

¹⁰² Il existe une corrélation entre une forte productivité et la capacité d'un ha à séquestrer le carbone, à limiter l'érosion des sols, à protéger la biodiversité. Ainsi, par exemple, Myint et Westerberg (2014) estiment que la baisse de la séquestration de carbone diminue proportionnellement à la diminution de la biomasse.

Tableau 5.12. Estimation du coût de dégradation des parcours

Degré de dégradation	Superficie (millions ha)	Perte de la valeur (DH/ha/an)	Coût de dégradation (millions DH)
Faible	4,3	0	0
Moyen	17,8	18	319
Fort	8,132	37	299
Total	30,4		618

Tableau 5.13. Coût total de la dégradation des sols en 2014

	Borne inférieure (Millions DH)	Borne supérieure (Millions DH)	Valeur moyenne (Millions DH)	% PIB
Terres agricoles				
Dégradation des terres de culture pluviale	1 071	1 071	1 071	0,12%
Salinisation des terres irriguées	259	930	595	0,06%
Sous-total (terres agricoles)	1 330	2 001	1 666	0,18%
Terres de parcours				
Défrichement, désertification	2 696	2 696	2 696	0,29%
Dégradation	618	618	618	0,07%
Sous-total (terres de parcours)	3 314	3 314	3 314	0,36%
Coût total	4 644	5 315	4 980	0,54%

En résumé, le défrichement, la désertification et la dégradation des terres de parcours se traduit par un coût total de **3 314 millions de dirhams**.

5.4. CONCLUSIONS

La dégradation des sols (terres de cultures et terres de parcours) en 2014 coûterait au Maroc près de **5 milliards de dirhams représentant 0,54 % du PIB**. Ceci tient compte de la valeur actualisée de ces pertes, c'est-à-dire des pertes économiques futures dues à la dégradation de l'année 2014. Le coût lié à la perte en carbone due aux défrichements et à la désertification est pris en compte dans le Chapitre 9.

Ce coût ne fera que confirmer, auprès des autorités, la nécessité de mettre en œuvre des mesures visant à endiguer davantage cette dégradation. Ces dernières sont pleinement conscientes de cette nécessité. En témoignent les différents programmes lancés depuis plus de vingt ans et actualisés à la lumière des nouvelles données et analyses. Parmi ces programmes, nous pouvons citer le PANLCD

(HCEFLCD, 2011, 2013) lancé en 2001 et actualisé à partir de 2010. S'appuyant sur les spécificités de chaque région, le PANLCD a identifié huit « zones homogènes » afin d'y adapter les actions les plus pertinentes. Parmi ces actions, il y a les « programmes d'aménagement et de gestion durable des parcours », « programmes d'aménagement des bassins-versants » et « programmes de foresterie » (HCEFLCD 2013).

RÉFÉRENCES

- Abolhassani, L., 2011. *Rangeland management in Iran, a socio-economic analysis and case study of Semnan rangelands*. Disponible sur : <http://www.secheresse.info/spip.php?article14686>.
- Acherkouk, MA., El Houmaizi, MA , 2012. « Étude de l'impact d'une mise en repos pastoral dans les pâturages steppiques de l'oriental du Maroc sur la restauration de la végétation ». *Revue Sécheresse*, Volume 23, numéro 2, avril-mai-juin 2012. Disponible sur : http://www.jle.com/fr/revues/sec/e-docs/etude_de_limpact_dune_mise_en_repos_pastoral

- _dans_les_paturages_steppiques_de_loriental_du_maroc_sur_la_restauracion_de_la_vegetation_293679/article.phtml?tab=texte#tbl4».
- Antonia, A., Darboux, F., 2009 : *L'érosion des sols*. Disponible sur : <http://alimentation-sante.org/wp-content/uploads/2012/08/Lerosion-des-sols.pdf>.
- Benbrahim Kawtar Fikri, Mohammed Ismaili, Sanae Fikri Benbrahim, Abdellatif Tribak, 2004. « Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation : impact du phénomène au Maroc ». in *Sécheresse* n° 4, vol. 15, décembre 2004.
- Boulanouar, B., Benlekhal, A., 2006. « L'élevage ovin au Maroc : de la production à la consommation » in *L'élevage du mouton et ses systèmes de production au Maroc*.
- Costanza Robert, Ralph d'Arge, Rudolf de Groot, Stephen Farberk, Monica Grasso, Bruce Hannon, Karin Limburg, Shahid Naem, Robert V. O'Neill, Jose Paruelo, Robert G. Raskin, Paul Suttonkk et Marjan van den Belt, 1997 : "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature*. Vol. 387. 15 mai 1997.
- Den Biggelaar, C., et al., 2004. "The global impact of soil erosion on productivity: effects on crop yields and production over time". *Advances in Agronomy*, Volume 81. Disponible sur: http://www.researchgate.net/publication/48856404_The_global_impact_of_soil_erosion_on_productivity_II_Effects_on_crop_yields_and_production_over_time
- ELD initiative, 2014. *Principes d'évaluation socio-économique pour la gestion durable des terres du cours en ligne ouvert et massif sur l'économie de la dégradation des terres*. Guide du praticien. Disponible sur : <http://eld-initiative.org/fileadmin/pdf/ELD-Guide-du-praticien_fr_web.pdf> et <www.eld-initiative.org>. (consulté le 15.05.2016).
- FAO, 2000. "Land resource potential and constraints at regional and country levels". In *World Soil Resources Report 90*.
- GIEC, 2003. *Recommandations en matière de bonnes pratiques pour le secteur de l'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie*. UNEP, WMO.
- GIEC, 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 4.
- Grohs, F., 1994. *Economics of soil degradation, erosion, and conservation: A case study of Zimbabwe*. Kiel, Germany: Wissenschaftsverlag Vauk Kiel KG. 1994.
- Haut-commissariat au Plan (HCP), 2007. *Agriculture 2030. Quels avenir pour le Maroc ?* Étude dans le cadre de la réflexion prospective sur le Maroc 2030 menée par le Haut Commissariat au Plan. Disponible sur : <http://www.hcp.ma/file/104422/> (consulté le 15.05.2016).
- HCEFLCD, 2011 : *Actualisation du Programme d'Action National de Lutte contre la Désertification* » (PANLCD), *Adaptation du PANLCD aux spécificités zonales. Synthèse*.
- HCEFLCD, 2013. *Le Programme d'action national de lutte contre la désertification : actualisation et adaptation aux spécificités zonales*. Disponible sur : <http://www.abhato.net.ma/maalama-textuelle/developpement-economique-et-social/developpement-economique/environnement/desertification/le-programme-d-action-national-de-lutte-contre-la-desertification-actualisation-et-adaptation-aux-specificites-zonales> (consulté le 15.05.2016).
- Knut, H. Alfsen, Mario A. de Franco, Solveig Glomsr et Torgeir Johnsen, 1996. "The cost of soil erosion in Nicaragua". in *Ecological economics* 16 (1996) 129–145. Elsevier, 1996. (consulté le 15.05.2016).
- Laouina, A., 2004. *Le développement agricole durable et la conservation des ressources naturelles au Maroc*. Chaire Unesco-gas naturel, Faculté des lettres et sciences humaines.
- Laouina, A., 2006.: « Gestion durable des ressources naturelles et de la biodiversité au Maroc » in *Prospectives Maroc 2030*. HCP (Haut-commissariat au Plan), 2006.
- Laouina, A., Chaker, M., Nafaa, R., Naciri, R., 2001. « Les terres de parcours forestiers et steppiques au maroc. Processus de dégradation et impact sur le ruissellement et l'érosion ». in *Atelier international des 20–21 avril 2001. Les changements d'utilisation et de couverture des sols et les ressources en eau dans la région méditerranéenne*. Médine (Tunisie). Institut des régions arides, 2001. 15 p. *Lettre de medias* 2002, (13) : 15 p.
- Maas, E.V., Hoffman, G.J., 1977. "Crop salt tolerance – Current assessment". *Journal of Irrigation and Drainage*, ASCE 103 (IR2): 115–134.
- MADRPM, 1998. *Recensement général de l'agriculture, résultats préliminaires*. Direction de la programmation et des affaires économiques, Ministère de l'Agriculture, du développement rural et des pêches maritimes. Septembre 1998.

- Magrath, W., Arens, P., 1989. *The costs of soil erosion on Java: A natural resource accounting approach*. Environment Working Paper, 18. Washington, The World Bank, 1989. 67 p.
- Mahyou, H., Tychon, B., Balaghi, R., Mimouni, J., Paul, R., 2010. « Désertification des parcours arides au Maroc ». *Tropicultura*, 2010, 28, 2, 107–114.
- MAPM, 2009. *Atlas de l'Agriculture marocaine*. Document de synthèse, 2009.
- MAPM, 2012. *L'agriculture marocaine en chiffres*.
- MAPM, 2012. Situation de l'agriculture marocaine – n° 10 – Décembre 2012.
- MARA, 1992–95. *Stratégie de développement des terres de parcours, phase 1, situation actuelle des terres de parcours*.
- MARHP, 2015. *Vers une gestion durable des écosystèmes forestiers et pastoraux en Tunisie, analyse des bénéfices et des coûts de la dégradation des forêts et parcours*.
- MdE /MI, 2013. Evaluation intégrée de l'Environnement de la région Meknès-Tafilalet. 2013.
- MdE /MI, 2014. Evaluation intégrée de l'environnement de la région Tadla-Azilal. 2014.
- MEA Millennium Ecosystem Assessment, 2005.
- MEF Ministère de l'Economie et des Finances 2015. Rapport sur la compensation ; Projet de loi des Finances pour l'année budgétaire 2016.
- Millennium Assessment Reports. Disponible sur <<http://www.millenniumassessment.org/en/index.html>>
- Myint, MM., Westerberg, V., 2014. *An economic valuation of a large-scale rangeland restoration project through in Jordan*. Report for the ELD Initiative by International Union for Conservation of Nature, Nairobi, Kenya. 2014. Disponible sur : <www.eld-initiative.org>.
- Nkonya Ephraim, Nicolas Gerber, Philipp Baumgartner, Joachim von Braun, Alex De Pinto, Valerie Graw, Edward Kato, Julia Kloos, Teresa Walter, 2011. *The Economics of Desertification, Land Degradation, and Drought. Toward an Integrated Global Assessment*. IFPRI Discussion Paper. 2011.
- OEH Office of Environment and Heritage, 2015: Book 2 Dryland Salinity: Identifying Saline Sites. Sydney; <http://www.environment.nsw.gov.au/resources/salinity/Book2DrylandSalinity.pdf>
- Pimentel, D., Burgess, M., 2013. "Soil erosion threatens food production" in *Agriculture* 2013, 3, 443–463.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., Blair, R., 1995. "Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits". In *Science* 1995: Vol. 267 no. 5201 pp. 1117–1123.
- Projet LADA/GLADIS : *Global Land Degradation Information System*. Disponible sur : <http://www.fao.org/nr/lada/index.php?option=com_content&view=article&id=161&Itemid=113&lang=en>.
- Qadir, M., Quillérrou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R.J., Drechsel, P., Noble, AD., 2014. "Economics of salt-induced land degradation and restoration". *Natural resources forum*, 38(4): 282–295. 2014.
- Qarro, M., 2008. Étude sur la définition des domaines de lutte contre la désertification. 2008.
- Qarro, M., Roose, E., Sabir, M., 2010. « Zones de parcours » in Roose, E., Sabir, M., Laouina, A., 2010. *Gestion durable des eaux et des sols au Maroc*. IRD éditions, 2010.
- REEM, 2001. *Rapport sur l'état de l'environnement au Maroc*.
- REEM, 2010. *Rapport sur l'état de l'environnement au Maroc*.
- REEM, 2015. *Rapport sur l'état de l'environnement au Maroc*. Ministère délégué auprès du Ministre de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Environnement.
- Sadiki, A., Bouhlassa, S., J., Auajjar, J., Faleh, A., Macaire, JJ., 2004. « Utilisation d'un SIG pour l'évaluation et la cartographie des risques d'érosion par l'équation universelle des pertes en sol dans le Rif oriental (Maroc) : cas du bassin versant de l'oued Boussouab », in *Bulletin de l'Institut scientifique*, Rabat, section Sciences de la Terre, 26, 69–79.
- UNCCD, 1994. Convention des Nations-Unies pour la lutte contre la désertification. UNCCD, 1994. Disponible sur : <<http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-fre.pdf>>.
- Yesuf, M., Mekonnen, A., Kassie, M., Pender, J., 2006. *The cost of land degradation in Ethiopia, a review of past studies*. Disponible sur : <<http://documents.worldbank.org/curated/en/2007/04/14059854/cost-land-degradation-ethiopia-review-past-studies>>. (consulté le 15.05.2016).

CHAPITRE 6

FORÊTS

Lelia Croitoru, Abdellatif Khattabi et Maria Sarraf

Situé entre la Méditerranée, l'océan Atlantique et le Sahara, le Maroc abrite une flore et une faune très riches. Au niveau socio-économique, les forêts marocaines contribuent à 18 % du bilan énergétique national, à 17 % des besoins alimentaires du cheptel national et à l'approvisionnement de 60 unités industrielles et plus de 6 000 artisans en matières primes (HCEFLCD 2015). Elles jouent en outre un rôle déterminant en termes de protection des sols et de conservation de la biodiversité, et ont une valeur récréative importante.

Malgré ces avantages, ces formations sont gravement menacées. L'expansion agricole, le changement climatique, le développement urbain et les pratiques inappropriées d'utilisation des terres contribuent aux défrichements, aux incendies et à la dégradation des forêts. En conséquence, plusieurs services de prélèvement (p.ex. la production fourragère) et de protection (tels que la protection des bassins versants et la conservation de la biodiversité) sont en voie de disparition. Ceci affecte le bien-être des communautés dépendantes de ces ressources et de la société marocaine qui en bénéficie.

Ce chapitre estime les coûts des défrichements et des incendies dans les forêts marocaines. Il offre tout d'abord une brève vue d'ensemble du secteur forestier du pays (Section 6.1). Il aborde ensuite les principaux problèmes liés aux forêts (Section 6.2), présente l'approche d'évaluation (Section 6.3) et estime les principaux coûts économiques (Sections 6.4 et 6.5). La section 6.6 présente les conclusions du chapitre.

6.1. VUE D'ENSEMBLE

Les forêts marocaines couvrent 9 millions ha, soit **12,7 % de la superficie du pays** (HCEFLCD 2015). Ces écosystèmes sont en propriété domaniale¹⁰³. Ils sont composés

¹⁰³ La Loi forestière (Dahir du 17 octobre 1917 ; Article 1er) prévoit que « sont soumis au régime forestier et administrés conformément aux dispositions de la loi : le domaine forestier, les forêts des collectivités susceptibles d'aménagement ou d'exploitation régulière ; les terrains collectifs reboisés ou à reboiser et les terres de parcours collectives à améliorer par l'État après accord du Conseil de tutelle des collectivités ; ainsi que les terrains reboisés ou à reboiser et les terres de parcours appartenant à des particuliers, dont les propriétaires entendent confier à l'État, soit la surveillance, soit la surveillance et la gestion».

Tableau 6.1. Superficie forestière au Maroc

Forêts	Hectares	% du total	Essences principales
Essences feuillues	3 795 840	42	chêne vert, chêne-liège, arganier et acacias sahariens
Essences résineuses	994 149	11	cèdre, thuya, genévrier, pin, cyprès de l'Atlas et sapin
Forêts artificielles	451 886	5	n.p.
Nappes alfatières	3 343 954	37	n.p.
Matorals	451 886	5	n.p.
Total superficie forestière	9 037 714	100	

Source : <http://www.eauxetforets.gov.ma> ; n.p. = non précisé

principalement d'essences feuillues (42 %), de nappes alfatières (37 %) et d'essences résineuses (11 %) (Tableau 6.1) et sont soumis en majeure partie à des climats arides et semi-arides. Les zones les plus riches en espèces sont les régions septentrionales, en particulier les massifs montagneux du Rif, des Atlas et les plaines littorales. Plus de 50% de la superficie forestière totale est aménagée.

Le taux de boisement varie entre 4 % dans les provinces du sud et 40 % dans les régions du Rif et du Moyen Atlas. Ceci correspond à une moyenne de 8 %, valeur en deçà du taux optimal (15 à 20 %) nécessaire à l'équilibre écologique environnemental (ONE 2015).

La forêt marocaine revêt une importance clé du point de vue socio-économique et environnemental. Elle contribue à 2 % du PIB agricole et 0,4 % du PIB du pays. Il faudrait noter que certaines écosystèmes contribuent d'une façon significative à l'économie régionale, tels que l'arganeraie (avec 6.3% du PIB de la Région Sous Massa Draa) et la subéraie de la Maamora (avec 5.7% du PIB de la Région Charda Beni Hssen) (communication HCEFLCD, 2016). Cependant, ces chiffres sont considérablement sous-estimés : si l'on prend en considération les revenus que les populations rurales tirent du bois combustible et des produits forestiers non ligneux, cette contribution augmente à 10 % du PIB agricole (ONE 2015) ; si d'autres services non marchands étaient pris en considération, cette contribution serait encore plus élevée (Ellatifi 2005).

La politique forestière du Maroc vise à la conservation, l'expansion et la réhabilitation des forêts. Le domaine forestier est régi par un ensemble de textes légaux et

règlementaires, dont le Dahir du 10 octobre 1917 tel qu'il a été amendé et complété. De plus, pour reconstituer les forêts exploitées ou dégradées et conserver le sol et le patrimoine forestier, le Haut-commissariat aux eaux et forêts et à la lutte contre la désertification (HCEFLCD) dispose d'une stratégie mise en œuvre à travers des plans décennaux (2005–2014, 2015–2024). En outre, les programmes de conservation et de réhabilitation des sols – le Programme d'action national de lutte contre la désertification (PANLCD) et le Plan national d'aménagement des bassins-versants (PNABV) – contribuent également à la réhabilitation et la reconstitution des écosystèmes forestiers.

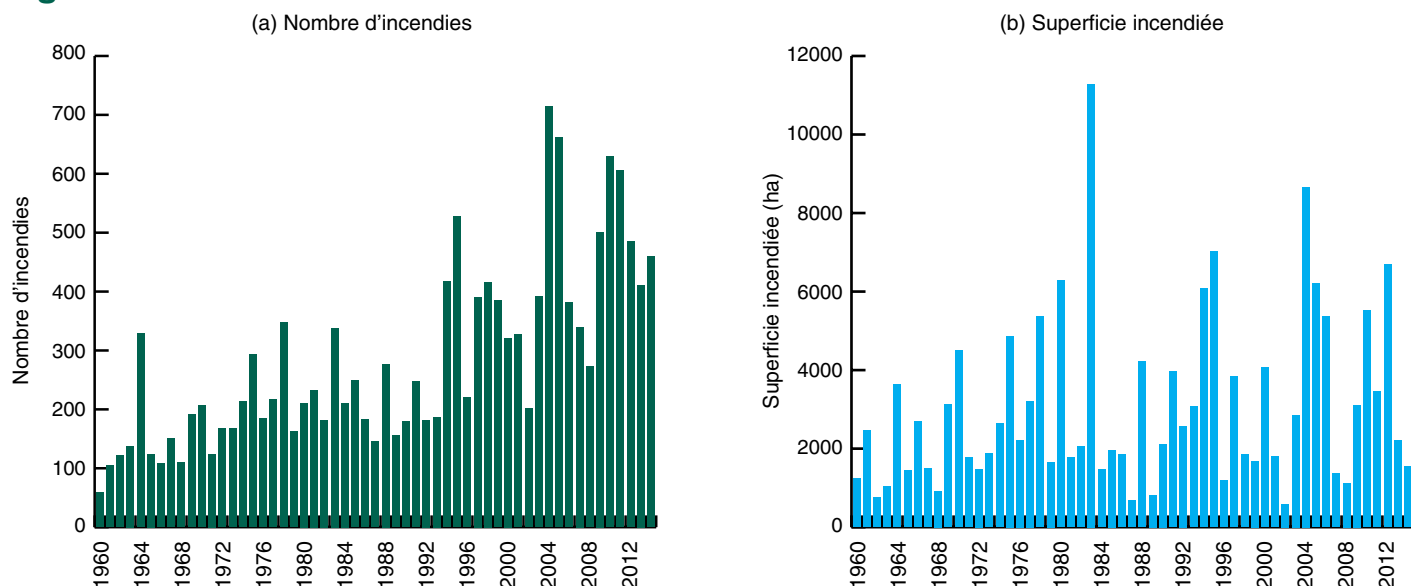
6.2. LES PRESSIONS SUR LES FORÊTS

Espace de multiples fonctions et usages, les écosystèmes forestiers au Maroc sont liés à des sous-secteurs comme l'élevage, la production agricole et fourragère, l'industrie des produits forestiers, l'artisanat et le tourisme. Les forêts sont sujettes à plusieurs pressions, telles que la déforestation et la dégradation due à la surexploitation.

LA DÉFORESTATION

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture définit la déforestation en termes de "conversion de terres boisées à d'autres utilisations ou réduction permanente du couvert forestier, celui-ci tombant au-dessous du seuil minimal de 10 pour cent" (FAO 2016). Ainsi, superficie concernée par la déforestation englobe les défrichements et les incendies. Les paragraphes suivants

Figure 6.1. Évolution des incendies des forêts entre 1960 et 2014



Source : communication HCEFLCD, 2015

permettent d’appréhender l’ampleur de la déforestation au Maroc.

Défrichements. La FAO indique que la surface de la forêt marocaine est passée de 4,95 millions ha (1990) à 4,99 millions ha (2000) à 5,40 millions ha (2005), à 5,67 millions ha (2010) et à 5,63 millions ha (2015) (FAO 2015). Ceci montre un accroissement de la surface pendant la période 1990–2010 ; et une diminution de cette surface de 8000 ha par an pendant la période 2010–2015. Cependant, selon l’HCEFLCD, la superficie affectée par défrichage inclut: (i) les distractions effectuées pour des intérêts publics, qui s’élèvent à 2000 ha pendant 2010 – 2015; (ii) les défrichements délictueuses, qui comptent 2400 ha pendant la même période. Ceci donne un total de 4400 ha, soit l’équivalent de **880 ha par an** (DDFAJC, HCEFLCD, 2015). Ce chapitre prend en compte ces dernières informations (880 ha/an) pour le calcul du coût de défrichage.

Incendies. Entre 1960 et 2014, le nombre d’incendies et la superficie brûlée ont été assez variables (Figure 6.1). Pour mieux refléter la tendance récente des incendies de forêt, ce chapitre prend en considération la valeur moyenne de la superficie brûlée au cours de la décennie la plus récente (2005–2015), à savoir **3 415 ha par an**.

LA DÉGRADATION

Ces écosystèmes sont soumis à de multiples formes d’exploitation telles que la surcharge pastorale (qui peut atteindre 3 fois la capacité de production dans certaines zones), le prélèvement excessif en bois énergie (qui peut atteindre 2 fois la capacité de production dans certaines zones) (HCEFLCD 2015) et les changements climatiques¹⁰⁴. Cependant, il n’y a pas d’informations précises concernant la superficie forestière annuellement dégradée.

6.3. APPROCHE ET LIMITATIONS

Les forêts marocaines fournissent un large éventail de services (MEA 2003), qui comprennent :

- » **Les services d’approvisionnement.** Il s’agit des produits tirés des écosystèmes tels que la nourriture, le fourrage, le bois de feu et les ressources génétiques. Ils permettent notamment de procurer des revenus, l’accès à une source d’énergie protégeant du froid et à un habitat sain et propre.

¹⁰⁴ L’impact combiné des conditions édapho-climatiques et anthropiques s’est traduit par une perte de croissance du cèdre de près de 30 % au cours de la période 1976–2006 (IRES 2010).

- » **Les services de régulation.** Ils résultent de la régulation des processus des écosystèmes (tels que la régulation de l'eau et du climat, la purification de l'eau) qui ont des liens avec la réduction des maladies et l'évolution dans une atmosphère saine.
- » **Les services culturels.** Ce sont des avantages non matériels tel que l'agrément, la valeur écotouristique et récréative ainsi que la beauté écologique.

Le défrichage, les incendies ou d'autres formes de surexploitation des forêts – par exemple, la coupe abusive des arbres, ou le surpâturage – peut induire une dégradation de ces écosystèmes. Ceci peut se manifester *sur site* (par exemple par une perte de productivité en fourrage ou en bois) et *hors site* (par exemple par une accélération de l'envasement des barrages). Ces dégradations *hors site* (et les coûts qui en résultent) sont aussi appelées « externalités négatives » car elles affectent des populations en aval (par exemple les utilisateurs de l'eau), autres que les populations qui les produisent. Ce chapitre estime les coûts du défrichage et des incendies dans la limite des informations disponibles.

Concernant le défrichage, l'estimation considère une perte totale des bénéfices sur la surface défrichée pour toute la période d'analyse (25 ans). La valeur de ces pertes est estimée à travers plusieurs méthodes: prix de marché (pour le bois, le liège, les produits non ligneux et le carbone), prix des biens de substitution (fourrage) et transfert de bénéfices (recréation). L'évaluation du coût lié aux incendies prend en compte les pertes des services écosystémiques ainsi que d'autres coûts nécessaires pour la régénération des formations boisées incendiées (travaux sylvicoles, clôtures, etc.). Le Chapitre 2 présente plus de détails sur la méthodologie adoptée.

Il convient de préciser que les estimations fournies dans ce chapitre sont sujettes à plusieurs **limitations**. Dans certains cas, le manque de données nécessaires impose le recours à l'utilisation des résultats d'autres études (p.ex. pour l'évaluation des bénéfices en miel, truffes, et glands de chêne liège). Dans d'autres cas, le manque d'information empêche complètement l'évaluation de certains coûts (p.ex. perte en bénéfices non ligneux tels que glands de chêne vert, champignons, perte de biodiversité). En outre,

certains coûts sont estimés dans d'autres chapitres du rapport ; il s'agit par exemple des pertes de productivité dues à la dégradation des forêts (qui sont évaluées partiellement en termes de pertes fourragères dans le Chapitre 6), du coût d'envasement des barrages (estimé dans le Chapitre 3), ainsi que du coût des émissions de carbone (estimé dans le Chapitre 9). Par conséquent, il est important de souligner que les résultats finaux expriment des **ordres de grandeur**, qui sont souvent sujets à des sous-estimations.

6.4. COÛT DE DÉFRICHEMENT

Cette section estime le coût de défrichage sur une superficie de 880 ha. Le coût est estimé sur la base des pertes des services écosystémiques pour lesquels les informations sont disponibles.

» Services d'approvisionnement

Bois et liège. L'exploitation du bois pour la vente et pour l'autoconsommation est assez significative au Maroc. La valeur du bois commercialisé (bois d'œuvre, d'industrie, de feu) est estimée sur la base de la quantité vendue et du prix du bois sur pied ; celle du bois collecté pour l'autoconsommation est évaluée sur la base du prix de vente du bois de feu. Ainsi, la valeur du bois est estimée à 2,8 milliards de dirhams (Tableau 6.2). Par ailleurs, la valeur du liège est calculée à 59 millions de dirhams. Au total, la valeur du bois et du liège atteint 2,9 milliards de dirhams, soit 319 dirhams/ha/forêt. Ainsi, la perte annuelle de cet avantage sur la superficie défrichée correspond à 280 400 de dirhams.

Fourrage. Selon l'HCEFLCD, la production fourragère des forêts varie entre 1,5 et 2 milliards d'unités fourragères (UF) en année normale, soit une moyenne de 1,75 milliard d'UF. La valeur du pâturage dans les forêts est estimée sur la base de la méthode du prix des biens de substitution (l'orge), en considérant que le contenu nutritif d'un kilogramme d'orge est similaire à celui d'une UF. Le prix payé au producteur de l'orge est de 2,3 dirhams/kg (FAOSTAT). Par conséquent, la valeur du fourrage est estimée à 4 milliards de dirhams, soit 445 dirhams/ha. En utilisant ce chiffre, la perte en fourrage sur la superficie défrichée atteint 391 900 de dirhams.

Tableau 6.2. Valeur des services d'approvisionnement en 2014

	Quantité	Prix (DH/ unité)	Valeur totale (millions DH)	Valeur (DH/ ha)	Coût défrichage sur 880 ha (DH)
Bois et liège					
Bois d'œuvre (m ³)	376 000	911	342		
Bois d'industrie et de service (m ³)	208 000	379	79		
Bois de feu (stères)	217 000	311	67	319	280 400
Bois de feu collecté autoconsommation (stères)	7 500 000	311	2 333		
Liège (tonnes)	126 000	467	59		
Sous-total			2 880		
Fourrage (millions UF)	1 750	2,3	4 025	445	391 900
Sous-total			4 025		
Autres produits non ligneux					
Miel (ha)	5 241 874	211	1 106		
Glands de chêne-liège (tonnes)	24 309	4 020	102		
Truffes (kg)	258 290	60	14		
Tanin (tonnes)	3 424	2 000	7		
Chasse (nbre. chasseurs)	67 194	153	10	137	120 700
Romarin (tonnes)	1 150	211	n.n.		
Myrte (tonnes)	15	879	n.n.		
Sous-total			1 239		
Total services d'approvisionnement			8 144	901	793 000

Sources : Communication avec HCEFLCD (2015) et Plan Bleu/FAO (2015) pour certains produits forestiers non ligneux ; n.n. - moins d'1 million de dirhams.

Autres produits non ligneux. Les forêts marocaines abritent une variété de produits non ligneux tels que le miel, les glands de chêne-liège, les truffes, le romarin, le myrte et le tanin. Il n'y a pas de statistiques au niveau national qui permettent l'évaluation de la totalité des bénéfices des produits non ligneux. En manque de ces informations, des données tirées des études spécifiques concernant les quantités et prix locaux du marché conduisent aux estimations suivantes:

- » *Miel.* Une étude d'évaluation a estimé la valeur unitaire du miel dans la forêt de Maâmora, elle varie de 211 dirhams/ha/forêt pour les années sèches à 308 dirhams/ha/forêt durant les années pluvieuses¹⁰⁵ (Plan Bleu/FAO 2015). Si l'on prend une estimation conservatrice à 211 dirhams/ha,

la valeur du miel produit dans les forêts naturelles marocaines s'élève à 1,1 milliard de dirhams.

- » *Glands de chêne-liège.* La forêt de Maâmora s'étend sur une surface totale de 61 471 ha de chêne-liège de différentes densités ; ceci équivaut à une surface productive de densité moyenne de 13 838 ha, soit un taux de 23 % (Plan Bleu/FAO 2015). En appliquant ce taux à la superficie de chêne-liège au niveau national (312 300 ha ; MOE 2015), la surface productive équivalente serait de 70 300 ha. Si l'on suppose qu'il y a 60 chênes-lièges/ha¹⁰⁶, un rendement de 6 kg/arbre/an et un prix local de 4 dirhams/kg (Plan Bleu/FAO 2015), la valeur des glands de chêne-liège est estimée à 102 millions de dirhams.

¹⁰⁵ Cette estimation est basée sur le rendement des ruches et le prix de vente au producteur.

¹⁰⁶ Sur la base du plan d'aménagement et de gestion de la forêt de Maâmora.

- » *Truffes.* L'estimation de la valeur des truffes prend en considération : (i) la superficie de la forêt de chêne-liège (312 300 ha), la proportion de cette surface ayant un potentiel de production de truffes (89 %, Plan Bleu/FAO 2015), et le rendement moyen de truffes à ha (0,2 kg/ha) ; (ii) d'une façon similaire, elle considère la superficie des pins (86 300 ha, Ministère chargé de l'Environnement 2014), la proportion ayant un potentiel productif de truffes (69 % ; Plan Bleu/FAO 2015), et le rendement moyen à ha (4 kg/ha). Le calcul donne une production totale de 258 290 kg en 2014. En supposant un prix local de 60 dirhams/kg, la valeur de truffes est estimée à *15 millions de dirhams*.
- » *Chasse.* La valeur de la chasse est estimée sur la base du prix payé pour les licences de chasse par les chasseurs nationaux et étrangers¹⁰⁷. D'après l'HCEFLCD, 66 818 chasseurs nationaux et 376 chasseurs étrangers ont acheté des licences pour la saison 2013–2014. En se basant sur le prix des licences – 150 dirhams/licence pour les nationaux et 800 dirhams/licence pour les étrangers – la valeur de la chasse est estimée à *10,3 millions de dirhams*.

Sur la base des informations ci-dessus, la valeur des autres produits non ligneux s'élève à 1,2 milliard de dirhams, soit 137 dirhams/ha/forêt. Par conséquent, la perte de ces avantages sur la superficie défrichée représente 120 700 dirhams.

En résumé, la valeur des pertes annuelles des services d'approvisionnement est estimée à **793 000 dirhams**.

» *Services de régulation*

Envasement des barrages. Les prélèvements excessifs de bois, le surpâturage et le défrichement des forêts, des parcours et zones humides, ainsi que les mauvaises pratiques agricoles induisent une augmentation graduelle de l'envasement des réservoirs. Ceci réduit la capacité

¹⁰⁷ Cette méthode fournit un résultat assez prudent, car : i) l'avantage de la chasse (le consentement à payer) est supérieur au coût effectivement payé à l'administration ; ii) il n'inclut pas les avantages de la chasse illégale, c'est-à-dire les chasseurs qui ne payent pas, ou ceux qui chassent un nombre d'animaux supérieur à ce qui est autorisé.

annuelle de stockage en eau d'environ 75 millions m³ par an (MdE 2014). L'évaluation du coût d'envasement est présentée dans le Chapitre 3, dédié à l'eau.

Émissions de carbone. La Troisième communication nationale à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques estime les émissions nettes de carbone dues aux changements d'affectation des terres et des forêts pour l'année 2010 et réalise des projections à l'horizon 2040. Selon ces informations, les émissions nettes de carbone dues aux changements d'affectation des terres et des forêts s'élèvent à 4,35 millions de tCO₂ pour l'année 2014 (Ministère chargé de l'Environnement/PNUD 2015). L'évaluation monétaire de ce coût est présentée dans le Chapitre 9, dédié à l'environnement global.

» *Services culturels*

Les informations disponibles ne permettent d'estimer que la perte des services récréatifs. La forêt marocaine abrite dix parcs nationaux créés dans une optique de conservation de la biodiversité. Leur superficie globale est évaluée à 773 849 ha, soit 1,08 % du territoire national (ONE 2015). En 2014, les parcs d'Ifrane, Toubkal, Souss Massa et Tazekka ont accueilli 820 000 visiteurs (Tableau 6.3). Les droits d'entrée du parc de Souss Massa sont de 40 dirhams par visiteur ; pour les autres parcs, ils sont soit non connus, soit non existants¹⁰⁸. En supposant que l'avantage lié aux visiteurs des autres parcs est similaire à celui de Souss Massa, la valeur totale du service récréatif des parcs est évaluée à 33 millions de dirhams, soit 158 dirhams/ha/parc par an.

Les avantages récréatifs des parcs sont considérés comme plus élevés que ceux fournis par d'autres forêts. En manque d'information concernant le nombre des visiteurs et le consentement à payer pour les autres forêts, on peut supposer que ces avantages représentent seulement 50 % de ceux des parcs, soit 79 dirhams/ha/an. Ainsi les pertes annuelles des services culturels sont estimées à **69 500 dirhams** sur la superficie défrichée.

¹⁰⁸ Cependant, une étude réalisée au parc national de Tazekka a trouvé un surplus du consommateur de 34 dirhams/visite (ou 48 dirhams/visiteur) en 2011, sur la base de la méthode du coût de voyage (GIZ 2011).

Tableau 6.3. Estimation des avantages dans des parcs nationaux sélectionnés (2014)

Parcs nationaux	Nbre visiteurs/an	Superficie (ha)	Droits d'entrée	Avantage total (millions de DH)
Ifrane	80 000	124 150	n.e.	3
Toubkal	400 000	36 000	n.c.	16
Souss Massa	300 000	33 800	40	12
Tazekka	40 000	13 737	n.e.	2
Total	820 000	207 687		33

Source : Communication HCEFLCD. Notes : n.c. = non connu ; n.e. = non existant

» Conclusion

Dans l'ensemble, les résultats de l'estimation des coûts de défrichage indiquent une perte annuelle d'environ 862 500 dirhams, sans tenir compte du coût d'envasement et des émissions du carbone. En utilisant un taux d'actualisation de 6 %, la valeur actualisée (VA) de ces pertes pendant 25 ans atteint **11 millions de dirhams**.

6.5. COÛT DES INCENDIES

Cette section estime le coût des incendies sur une superficie de 3 415 ha, à savoir la moyenne de la superficie brûlée sur la période 2005–2015. Le Tableau 6.4 illustre la répartition de cette superficie par type de formation végétale. Sur cette base, on estime la superficie boisée sujette aux incendies à 1 776 ha (formations feuillues et résineuses), et

Tableau 6.4. Répartition de la superficie incendiée par espèce (moyenne 2005–2015)

	% du total superficie incendiée	Superficie incendiée (ha)
Formations feuillues		
Chêne-liège	22 %	748
Chêne vert	2 %	74
Autres chênes	0,17 %	6
Eucalyptus	2 %	83
Arganier	1 %	49
Autres feuillues	0,3 %	9
Sous-total formations feuillues	28 %	969
Formations résineuses		
Pins	15 %	520
Cèdre	0,2 %	8
Thuya	8 %	263
Genévrier	0,2 %	7
Autres résineux	0,2 %	8
Sous-total formations résineuses	24 %	807
Formations non boisées		
Essences secondaires	23 %	786
Pelouse	15 %	495
Alfa	10%	358
Sous-total formations non boisées	48 %	1 639
Total général	100 %	3 415

Source : Communication HCEFLCD pour les pourcentages de la superficie brûlée totale de chaque formation.

la surface non boisée incendiée à 1639 ha (essences secondaires, pelouse, alfa).

L'estimation se base sur la méthode du coût des dommages. Nous estimons la valeur des dégâts sur la base des pertes de services écosystémiques pendant la période allant de l'année de l'incendie (l'année 0) à l'année de régénération complète des bénéfiques des forêts (l'année 25). L'évaluation prend également en compte d'autres coûts nécessaires pour la régénération des formations boisées incendiées (plantation de régénération, reboisement et autres travaux sylvicoles) ainsi que des formations non boisées brûlées (installation des clôtures).

(a) **Pertes de services écosystémiques.** La valeur des services d'approvisionnement et culturels fournis par les forêts a été estimée prudemment à 980 dirhams/ha. Comme mentionnée dans le Section 6.2, cette valeur est composée par des bénéfiques ligneux (317 dirhams/ha), fourrage (445 dirhams/ha), d'autres produits non-ligneux (137 dirhams/ha) et récréatifs (79 dirhams/ha). Nous supposons que :

- » Les **superficies boisées** incendiées (1776 ha) sont affectées par une perte complète de ces bénéfiques dans l'année de l'incendie et qu'ils sont graduellement récupérés grâce à la régénération des forêts¹⁰⁹. Ainsi, la VA de cette perte est estimée à *10 millions de dirhams*.
- » Les **superficies non boisées** incendiées (1639 ha) sont affectées uniquement par une perte des bénéfiques fourragers, qui sont graduellement récupérés pendant la période de mise en défens. La VA de cette perte est estimée à *2,2 millions de dirhams*.

(b) **Coûts de plantation de régénération.** Après l'incendie, certaines espèces, telles que le chêne-liège, l'arganier et le thuya, nécessitent des plantations pour leur régénération. En utilisant le coût

unitaire par espèce¹¹⁰, le coût total de plantation de régénération est estimé à *8,5 millions de dirhams*.

- (c) **Coût de reboisement.** D'autres espèces, telles que l'eucalyptus et le pin d'Alep, ont besoin d'être reboisées après les incendies. En prenant un coût unitaire de 6 000 dirhams/ha (communication HCEFLCD), le coût total de reboisement atteint *3,6 millions de dirhams*.
- (d) **Coûts liés à d'autres travaux sylvicoles.** D'autres opérations sylvicoles sont nécessaires, telles que l'élagage et l'éclaircie (pour les résineux), le nettoiement (thuya, chêne vert, chêne-liège, arganier) et le dépressage (pour les feuillus). Le coût total lié à ces travaux atteint *1,7 millions de dirhams*¹¹¹.
- (e) **Coût d'installation des clôtures.** Pour les formations non boisées incendiées, une installation de clôtures après le nettoyage est préconisée. En prenant un coût de clôture de 2 000 dirhams/ha (communication HCEFLCD) sur une superficie non boisée brûlée de 1639 ha (Tableau 6.4), le coût des clôtures s'élève à *3,1 millions de dirhams*.

Les informations ci-dessus conduisent à une estimation du coût total des incendies de **29,1 millions de dirhams**.

6.6. CONCLUSIONS

Le coût total de défrichage et des incendies pour Maroc est estimé à **40 millions de dirhams**, soit **0,004 %** du PIB en 2014, et sont surtout causés par les pertes en bénéfiques sur les superficies incendiées (Tableau 6.5). Comme mentionné auparavant, le coût évalué dans ce chapitre reste une **sous-estimation** car il n'englobe pas certains dommages, tels que les pertes de certains bénéfiques non-ligneux (p.e. glands de chêne vert, champignons,

¹⁰⁹ Nous supposons notamment que les avantages en fourrage se régénèrent pendant 7 ans (la période de mise en défens), alors que les autres avantages sont graduellement récupérés sur 25 ans.

¹¹⁰ D'après l'HCEFLCD, le coût d'une plantation de régénération varie en fonction de l'espèce et de la zone : de 5 200 à 6 900 dirhams/ha pour le cèdre, de 5 000 à 12 300 dirhams/ha pour le chêne vert, de 6 500 à 11 600 dirhams/ha pour le chêne-liège, de 5 400 à 6 600 dirhams/ha pour le thuya, de 10 000 à 11 200 dirhams/ha pour l'arganier, et de 12 000 à 14 600 dirhams/ha pour l'acacia. Ce chapitre utilise la valeur moyenne de ces coûts par espèce.

¹¹¹ D'après l'HCEFLCD, les coûts unitaires de ces opérations s'élèvent à 500–800 dirhams/ha (élagage), 500–700 dirhams/ha (nettoiement), 900 dirhams/ha (dépressage) et 600–1 000 dirhams/ha (éclaircie). Ce chapitre utilise la valeur moyenne de ces coûts.

Tableau 6.5. Coût de défrichement et des incendies (2014)

	Valeur moyenne (Valeur Actualisée, millions DH)	% du PIB
Défrichement		
Bois et liège	4	
Fourrage	5	
Autres produits non ligneux	2	
Récréation	1	
Sous-total (défrichement)	11	0,001%
Incendies		
Pertes de bénéfices ^a	12	
Coût de plantation de régénération	9	
Coût de reboisement	4	
Coûts liés à autres travaux sylvicoles	2	
Coûts d'installation des clôtures	3	
Sous-total (incendies)	29	0,003%
Coût total du défrichement et des incendies	40	0,004%

Notes : ^a bois, liège, fourrage, autres produits non ligneux, récréation.

etc.), les pertes de productivité dues à la dégradation des forêts (qui sont évaluées partiellement en termes de pertes fourragères dans le Chapitre 6), le coût d'envasement des barrages (estimé dans le Chapitre 3), ainsi que le coût des émissions de carbone (estimé dans le Chapitre 9).

RÉFÉRENCES

Banque mondiale. <databank.worldbank.org>. Consulté en juin 2015.

Département de l'Environnement, 2010. État de l'Environnement du Maroc. Secrétariat d'État auprès du Ministère de l'Énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement, chargé de l'eau et de l'environnement.

Ellatifi, M., 2005. "Morocco." In : Merlo, M. et L. Croitoru (Eds.) *Valuing Mediterranean forests : Towards Total Economic Value*. CABI Publishing, P. 405. 2005.

FAO. 2015. *Evaluation des ressources forestières mondiales 2015*. Répertoire de données de FRA 2015. FAO. Page 12.

FAO. 2016. *Situation des forêts du monde*. Forêts et agriculture : défis et possibilités concernant l'utilisation des terres. FAO.

FAOSTAT. Consulté en novembre 2015.

GIZ, 2011. *Réduction des risques climatiques pour un développement durable. Conservation et valorisation des services des*

écosystèmes naturels. Cas du Parc National du Tazekka : Analyse et guide pratique. Préparé par A. Jorio et L. Croitoru. GIZ, 2011.

HCEFLCD. Disponible sur : <http://www.eauxetforets.gov.ma/fr/index.aspx>. Consulté en juin 2015.

HCEFLCD. 2015. Plan Décennal 2015–2024. Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification.

INRA, 2012 Institut national de recherches agronomiques. *La prédiction agro météorologique des rendements céréaliers au Maroc*.

IRES, 2010 Institut royal des études stratégiques. *Les écosystèmes forestiers face au changement climatique : situation et perspectives d'adaptation au Maroc*. Programme d'études « Changement climatique : impacts sur le Maroc et options d'adaptation globales ». Préparé par MM. Omar M'Hirit et Mohamed Et-Tobi.

MEA, 2003 Millenium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-Being. A Framework for Assessment*. Washington D.C. Island Press. 2003.

Ministère chargé de l'Environnement, 2014. Étude et élaboration de la stratégie nationale de l'environnement. Revues environnementales stratégiques thématiques. Secteur forestier.

Ministère chargé de l'Environnement/PNUD, 2015.
Évaluation des programmes comportant des mesures
visant à atténuer les émissions des gaz à effet de serre.
Rapport final. Norratech.

ONE, 2015 Observatoire national de l'environnement.
Troisième rapport sur l'état de l'environnement du Maroc.

Plan Bleu/FAO, 2015. *Optimiser la production de biens et services par les écosystèmes boisés méditerranéens dans un contexte de changements globaux. Composante 2 : Estimation de la valeur économique et sociale des services rendus par les écosystèmes forestiers méditerranéens.* Maâmora. Maroc. Version juin 2015.



CHAPITRE 7

DÉCHETS

Abdeljaouad Jorio

Ce chapitre estime l'impact environnemental lié à la gestion des déchets ménagers assimilés (Section 7.1), ainsi qu'à une partie des déchets industriels dangereux (Section 7.2). Il convient de noter que le chapitre ne prétend pas à l'exhaustivité, car il ne traite pas d'autres types de déchets, tels que les déchets médicaux, les déchets verts, les déchets de construction et ceux de démolition, pour des raisons de temps et de l'insuffisance de données.

7.1. LES DÉCHETS MÉNAGERS ASSIMILÉS

Cette première partie du chapitre donne tout d'abord une vue d'ensemble du progrès considérable qu'a connu le Maroc en matière de gestion des déchets ménagers et assimilés. Elle décrit ensuite brièvement la méthodologie adoptée pour estimer les coûts de dégradation qui persistent dans le secteur (Section 7.1.1) ; et aborde ensuite l'estimation du coût de la non-couverture totale de la population par la collecte des déchets municipaux (Section 7.1.2) ; le coût de la pollution des eaux souterraines par les décharges non contrôlées (Section 7.1.3) ; la moins-value des terrains avoisinants les décharges (Section 7.1.4) ; et finalement le manque à gagner dû au potentiel d'électricité perdu (Section 7.1.5) et au recyclage (Section 7.1.6). Les émissions de méthane émanant des déchets sont couvertes dans le Chapitre 9.

Le secteur des déchets ménagers au Maroc a connu des progrès très importants. Sous l'effet de la croissance économique et de l'urbanisation, la production nationale de déchets ménagers assimilés (DMA) est passée de 6,3 à 7,4 millions de tonnes par an entre 2007 et 2015, soit un taux d'augmentation de 17,5 % (Tableau 7.1). En milieu urbain, le taux de collecte professionnalisée¹¹² a presque doublé, passant de 44 % (AEE, 2014) à 86 % entre ces deux dates. Par ailleurs, la part des DMA mis en décharge contrôlée a connu une hausse importante au cours de la dernière décennie,

¹¹²La collecte professionnalisée correspond à la collecte assurée par le secteur privé dans le cadre de la gestion déléguée.

Tableau 7.1. Données de base du secteur des déchets ménagers assimilés

	Valeur	Source
Population	33 842 242	
Urbain (habitant)	20 432 439	Calcul d'après HCP, 2014
Rural (habitant)	13 415 803	Calcul d'après HCP, 2014
Production de déchets par habitant par jour		
Urbain (kg/hab/j)	0,78	MdE 2016a
Rural (kg/hab/j)	0,3	MdE 2016a
Production de déchets par habitant par an		
Urbain (t/an)	0,2847	Calcul auteurs
Rural (t/an)	0,1095	Calcul
Production de déchets par an	7 286 146	
Urbain (t/an)	5 817 115	Calcul
Rural (t/an)	1 469 030	Calcul
Taux de collecte professionnalisée des déchets managers en milieu urbain (%)	86 %	MdE/MI 2016 communication écrite
Taux de collecte en milieu rural (%)	ND	
Taux de mise en décharge		
Urbain (%)	100 %	MdE, 2016a
Rural (%)	ND	
Quantité mise en décharge en milieu urbain	6 313 648	Calcul
Déchets ménagers (t/an)	5 817 115	Calcul
Déchets autres que ménagers (t/an)	496 532,28	Calcul
Taux de mise en décharge contrôlée (%)	44 %	MdE, 2016a
Taux de mise en décharge non contrôlée (%)	46 %	Calcul
Taux de recyclage (%)	10 %	MdE, 2016a
Quantité recyclée (t/an)	631 365	Calcul
Quantité de déchets mise en décharge		
Décharges contrôlées (t/an)	2 778 005	Calcul
Décharges non contrôlées (t/an)	2 904 278	Calcul
Taux de couverture de la population urbaine (%)	80 %	Calcul d'après MdE/MI 2016 ; communication écrite

atteignant à peine 10 % en 2007 (MdE/MI, 2013), elle s'élève à 44 % en 2015 (MdE ; Farah, 2016a), et ce grâce à l'augmentation du nombre des décharges contrôlées¹¹³ qui disposent de systèmes d'étanchéité ou de collecteurs de biogaz, assurant ainsi une protection des sols et des eaux contre les lixiviats¹¹⁴.

Ces progrès sont le résultat de réformes engagées depuis le début de la décennie :

- » **Mise en place d'un cadre réglementaire** avec la promulgation de la loi 28-00¹¹⁵ relative à la gestion des déchets et à leur élimination. L'article 1 stipule que « La présente loi a pour objet de prévenir et de protéger la santé de l'homme, la faune, la flore, les eaux, l'air, le sol, les écosystèmes, les sites et paysages et l'environnement en général contre les effets nocifs des déchets ». À cet égard, l'article 16 de la même loi donne aux « services publics communaux » la responsabilité de la gestion des DMA (collecte, transport, mise en décharge, élimination, traitement, valorisation) par la mise en place d'un « plan communal ou intercommunal de gestion des déchets ménagers et assimilés ». L'arsenal juridique s'est renforcé avec la loi n°54-05 sur la gestion déléguée qui a permis au secteur privé

(marocain et étranger) de s'impliquer dans la gestion des DMA au niveau des villes marocaines.

- » **La mise en œuvre du programme national des déchets ménagers et assimilés (PNDM)** pour la période 2008-2023. Ce programme a été élaboré par le Secrétariat d'État chargé de l'Eau et de l'environnement et le Ministère de l'Intérieur avec l'appui de la Banque mondiale. Il constitue un tournant dans la gestion des déchets ménagers et assimilés prévoyant un investissement de 40 milliards de dirhams sur l'ensemble de la période, (Encadré 7.1).
- » **La mise en place des Plans directeurs de gestion des DMA** dans les provinces et préfectures. L'article 12 de la loi 28-00 stipule que chaque province ou préfecture doit être dotée d'un « Plan directeur préfectoral ou provincial de gestion des déchets ménagers et assimilés »¹¹⁶. Ce plan doit préciser, en se basant sur une prévision des déchets sur dix ans, « les sites appropriés destinés à l'implantation des installations d'élimination et de stockage de ces déchets ; un programme d'investissement de même durée comprenant l'évaluation des coûts de réalisation des décharges contrôlées et des installations de traitement, de valorisation, de stockage ou d'élimination de ces déchets ainsi que la réhabilitation des décharges non contrôlées ». Il doit en outre s'assurer des moyens financiers et humains nécessaires.

¹¹³ A fin 2015, leur nombre s'élève à 19 (MdE ; Farah, 2016 a) contre 6 en 2007 (MdE/MI, 2013).

¹¹⁴ Il est important de noter qu'une décharge contrôlée ne respectant pas toutes les normes environnementales peut entraîner des effets négatifs sur l'environnement (problème de traitement des lixiviats, odeurs, dévaluation de la valeur foncière des terrains avoisinants, atteintes à des activités économiques etc).

¹¹⁵ BO n° 5480 du 7/12/2006

¹¹⁶ En avril 2016, sur 65 plans prévus : 12 sont achevés, 13 sont en phase finale, 14 sont au niveau de la recherche du site et 26 en sont au niveau du diagnostic.

Encadré 7.1. Le Programme national des déchets ménagers et assimilés (PNDM)

Le PNDM vise essentiellement à :

- » Assurer la collecte et le nettoyage des déchets ménagers pour atteindre un taux de collecte urbaine de 100 % en 2020. Cet objectif va mobiliser 72 % du coût du programme.
- » Réaliser des décharges contrôlées des déchets ménagers et assimilés au profit de tous les centres urbains (100 %) en 2020 (14,6 % du coût).
- » Réhabiliter ou fermer toutes les décharges existantes (6,2 % du coût).
- » Moderniser le secteur des déchets par la professionnalisation du secteur.
- » Développer la filière de « tri-recyclage-valorisation », avec des actions pilotes de tri, pour atteindre un taux de 20 % du recyclage en 2020, (1,8 % du coût).
- » Généraliser les Plans directeurs de gestion des déchets ménagers et assimilés pour toutes les préfectures et provinces du Royaume.
- » Former et sensibiliser tous les acteurs concernés à la problématique des déchets.

Source : MdE : <http://pndm.environnement.gov.ma/presentation>

Encadré 7.2. Prescription techniques relatives aux décharges contrôlées

Article 11 : La décharge est conçue de manière à :

- » limiter la quantité des eaux due aux précipitations s'infiltrant dans les zones en exploitation et empêcher les eaux de ruissellement de pénétrer dans la décharge ;
- » pouvoir intercepter et traiter les eaux de ruissellement intérieures au site susceptibles d'être contaminées par les déchets ;
- » permettre la mise en place d'un système de collecte et de drainage de lixiviat. Le lixiviat et les eaux contaminées sont recueillis dans un bassin de stockage et de traitement dimensionné en fonction de la quantité des eaux générées et du bilan hydrique. (...)

- » recouvrir au fur et à mesure les casiers saturés et fermés afin de limiter les quantités de lixiviat et les eaux contaminées ;
- » permettre le creusement de puits de prélèvement en amont et en aval de la décharge pour contrôler l'impact de la décharge sur la nappe phréatique, le cas échéant. Ces puits sont maintenus couverts et cadenassés ;
- » permettre la mise en place, dans la mesure du possible, d'un système de dégazage pour satisfaire les conditions minimales de sécurité du site ;

Source : Décret n° 2-09-284 (8 décembre 2009) fixant les procédures administratives et les prescriptions techniques relatives aux décharges contrôlées

...Cependant des insuffisances

La principale insuffisance réside dans la non-couverture par le système de collecte¹¹⁷ d'une part non négligeable de la population urbaine (20 %) (Tableau 7.1) et d'une part importante de la population rurale (80 %). Cette insuffisance s'explique en partie par le léger retard pris dans la réalisation du PNDM : 86 % des déchets sont actuellement collectés professionnellement (gestion assurée par une société privée)¹¹⁸ contre 90 % prévus pour 2015. Ce retard concerne aussi la part des DMA mis en décharge contrôlée qui devait passer à 55 % en 2015 (Banque mondiale 2015). contre 44 % actuellement. Parmi ces insuffisances, on peut aussi citer le faible taux de recyclage compte tenu des potentialités, qui atteint à peine moins de 10 % des déchets générés. Pourtant, un recyclage important permet de diminuer les pressions sur la gestion des DMA : moins de collecte et de mise en décharge. Enfin, nous notons l'absence de compostage : depuis 2000, les

douzaines d'unités de compostage installées dans les années 60 ont fermé leurs portes pour des raisons techniques (faible qualité du compost), économiques (prix non compétitifs) et commerciales (manque de marketing), etc. (CEA 2014).

Actuellement, **56 %** des déchets (avant recyclage) générés en milieu urbain sont déversés dans des décharges non contrôlées et dépotoirs, c'est-à-dire des sites ne répondant pas aux « caractéristiques et prescriptions techniques réglementaires » (Encadré 7.2), polluant les eaux souterraines, dégageant du méthane, dépréciant des terrains agricoles ou urbains¹¹⁹ et affectant négativement la santé. Par ailleurs, la faible « valorisation des déchets »¹²⁰ non seulement ne réduit pas l'impact négatif sur l'environnement et la santé, mais elle constitue aussi un manque à gagner en termes d'opportunités économiques.

7.1.1. MÉTHODOLOGIE

Identifier les différents coûts liés à la gestion des déchets. Bassi et al (2011)¹²¹ ont montré qu'un système

¹¹⁷ Le taux de couverture correspond à la part de la population couverte par la collecte « professionnalisée ». Il est défini par le nombre de contrats liant les communes aux opérateurs privés. Ce taux a connu une nette augmentation, passant de 40 en 2007 à 86 % en 2015 (MdE/MI, 2013). Il est le résultat de l'augmentation des contrats en vertu desquels les communes confient, dans le cadre de la gestion déléguée encouragée par le PNDM, la gestion du secteur des déchets au secteur privé. Le nombre de contrats est passé de 44 en 2008 à 150 en 2015 permettant à un nombre de plus en plus important de marocains de bénéficier de services de collecte et de nettoyage « professionnalisés ». De ce fait, la population desservie est passée de 10,6 à 16,4 millions de personnes entre les deux dates, ce qui donne un taux de couverture de 80 % avec une population urbaine de 20,432 millions d'habitants.

¹¹⁸ Les communes gérées par des opérateurs privés bénéficient normalement d'un taux de collecte proche de 100 % compte tenu du cahier des charges habituellement établi.

¹¹⁹ « La présence d'une décharge, à moyen et long terme, à proximité des terrains à vocation agricole ou des zones urbaines contribue largement à la dévaluation de la valeur commerciale de ces terrains » (MdE, 2014).

¹²⁰ Valorisation des déchets : « toute opération de recyclage, de réemploi, de récupération, d'utilisation des déchets comme source d'énergie ou toute autre action visant à obtenir des matières premières ou des produits réutilisables provenant de la récupération des déchets, et ce, afin de réduire ou d'éliminer l'impact négatif de ces déchets sur l'environnement » (loi 28-00 ; A.3).

¹²¹ Dans le cadre de la politique de voisinage de l'UE, ces auteurs ont rédigé un manuel pour identifier et évaluer les bénéfices socio-économiques qu'un pays « voisin » de l'UE est susceptible de tirer d'une politique de protection et de valorisation de l'environnement et que l'UE compte encourager.

Tableau 7.2. Bénéfices d'un système de gestion efficace de déchets solides¹²²

Type d'amélioration	Bénéfices
Éviter le déversement sauvage des déchets et leur incinération illégale à mettre les déchets dans des décharges contrôlées permet d'éviter la contamination du sol, des eaux souterraines et de l'air	Bénéfices sur la santé : anomalies de naissances évitées et diverses maladies épargnées. Bénéfices environnementaux : pollution évitée des sols, des eaux souterraines/superficielles, de l'air. Émissions évitées de GES.
Promouvoir la réutilisation et le recyclage des déchets	Bénéfices économiques : économie des ressources, disponibilité supplémentaire de matières premières ; capture du gaz et potentiel de génération d'électricité. Bénéfices sociaux : potentiel de créer des emplois directs et indirects liés à la collecte et au traitement des déchets.

Tableau 7.3. Coûts de dégradation et méthodologie

Coût	Remarque	Méthode	Source
Coût de la non-couverture de la population par la collecte (section 7.1.2)	Effets sur la santé Perte d'aménités (paysage)	Consentement à payer	Bassi et al. (2011)
Coût de la pollution des eaux souterraines (section 7.1.3)		Coût de dépollution d'un m ³ d'eau polluée	Sarraf et al. (2003)
Moins-value des terrains à proximité des décharges/ dépotoirs (section 7.1.4)		Prix hédonique du m ²	
Potentiel d'électricité perdu (section 7.1.5)	Perte d'opportunités économiques	Prix d'un Kwh	ONEE (2012)
Potentiel de recyclage perdu (section 7.1.6)	Perte d'opportunités économiques	Prix du marché des matériaux recyclés	

de gestion efficace de déchets ou son amélioration permet d'obtenir les bénéfices suivants :

A contrario, un système de gestion de déchets inefficace et inefficient générera des coûts correspondant à la perte de ces bénéfices. Les coûts correspondent donc aux bénéfices perdus à cause d'un système de gestion des déchets peu efficace. Un tel système se traduit à la fois par des retombées négatives sur la santé et l'environnement et par un manque à gagner économique : quantité moindre de déchets recyclés, moins d'énergie produite, etc.

Méthodes d'évaluation des coûts. Le Tableau 7.3 indique les coûts identifiés ainsi que les méthodes utilisées pour les évaluer.

Remarque importante : Le calcul du coût se fera en ne tenant compte **que des déchets en milieu urbain** car en milieu rural¹²³, selon le Ministère délégué à l'Environnement, « la pratique courante de la population est le recyclage de la quasi-totalité des déchets ménagers. Ainsi, la partie organique sert généralement comme aliment de bétail tandis que les papiers, cartons, bois, etc. sont utilisés comme combustible et enfin les bouteilles et récipients en plastique et/ou verre comme réserves d'eau et/ou des denrées alimentaires. Les déchets métalliques constituent les seuls déchets non recyclables en totalité, mais sont très peu fréquents en milieu rural » (MdE 2014).

¹²² Référence : Bassi et al (2011) p. 116 et Ten Brink, P et al (2011).

¹²³ Il à mentionner que le milieu reçoit une partie des impacts négatifs des déchets dans la mesure où ils abritent la majorité des décharges sauvages et contrôlées.

7.1.2. LE COÛT DE LA NON-COUVERTURE TOTALE DE LA POPULATION PAR LA COLLECTE DES DÉCHETS MUNICIPAUX

On estime à 20 %, la part de la population urbaine qui n'est pas encore couverte par les services de collecte¹²⁴. Cette non-couverture expose cette partie de la population à des risques de maladies et de désagréments : « lorsque les déchets ne sont pas correctement collectés, ils créent des externalités négatives en termes de nuisance et de risques sanitaires » (Doumani et al. 2014). En effet, la non-collecte se traduit par des amoncellements de déchets dégageant des odeurs non seulement désagréables, mais surtout dangereuses pour la santé humaine et animale. La non-collecte entraîne la constitution de dépotoirs sauvages et la dispersion des ordures (MdE 2014).

Leur enfouissement dans des dépotoirs sauvages sont sources de pollution des eaux et des sols et forment donc un risque pour la santé avec la probabilité d'apparition ou de développement de maladies : manipulation de ces déchets par un nombre important de personnes impliquées dans le secteur informel de la récupération (décharges illicites où les rongeurs sont des vecteurs de maladies), odeurs

¹²⁴ L'étude retient la non couverture de la population par la collecte et non les conditions de cette collecte. Un service de collecte de qualité insuffisante peut entraîner des désagréments (débordement et retard dans l'évacuation des bacs, éparpillement des déchets et écoulement du lixiviat lors de la collecte).

désagréables et dangereuses. Par ailleurs, la population non desservie subit des désagréments liés à l'enlaidissement de leurs quartiers ou lieux d'habitation : des déchets amoncelés offrant un spectacle dérangeant et inesthétique.

A contrario, une collecte couvrant toute la population dans de meilleures conditions évite aux usagers de manipuler eux-mêmes leurs déchets. Les déchets sont brûlés de façon contrôlée, ils ne sont pas jetés dans des décharges sauvages ou non autorisées, et ne jonchent pas les rues (Bassi et al. 2011). Une saine gestion des déchets aura pour conséquence de diminuer, voire d'éliminer le risque d'apparition de maladies et d'éviter les désagréments visuels et olfactifs (désaménités).

La non-couverture se traduit donc par des effets négatifs sur la santé et par des nuisances dont il s'agit d'estimer le coût pour une personne non couverte. D'après Bassi et al. (2011), ce coût peut être établi en se fondant sur le **consentement à payer** (CAP) d'un ménage ou d'une personne non couvert(e) par la collecte des déchets lui permettant d'en bénéficier, et d'éviter ainsi le risque de maladie et les désagréments visuels et olfactifs. Ils suggèrent un CAP équivalent à **1 % du revenu** du ménage ou de la personne¹²⁵ :

¹²⁵ "It is assumed that any household not receiving waste collection services will be willing to pay 1 per cent of their income for waste management, including **both collection and safe treatment of the waste**" (Bassi et al 2011 ; p 123).

Tableau 7.4. Coût de la non-couverture d'une part de la population urbaine par la collecte des DMA

Variable	Unité	Valeur
Population urbaine	%	20 432 439
Population urbaine non couverte	%	20 %
PIB par habitant	DH	27 360
Consentement à payer	%	1 %
Consentement à payer par habitant par an	DH	273, 6
Coût de la non-couverture d'une part de la population urbaine par la collecte	Million DH	1 118

Il s'agit d'un niveau de contribution permettant une meilleure prestation des municipalités, en mettant en place un système de collecte des déchets efficace capable de réduire le risque de maladies et de nuisances. Le coût

de la non-couverture est le produit du consentement à payer d'une personne par le nombre de personnes non couvertes par la collecte des déchets. Ce coût s'élèverait à **1,12 milliard de dirhams** en 2014.

7.1.3. LE COÛT DE LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES

Ce coût est donné par l'équation suivante :

$$\text{Coût de la dégradation} = \text{volume d'eau pollué} \times \text{coût de traitement d'un m}^3 \text{ d'eau usée (à des fins de réutilisation agricole)}$$

i) Estimer le volume d'eau pollué

Le MdE (2014) « met en évidence le degré de vulnérabilité des nappes par rapport à la présence des décharges, bien qu'une corrélation ne puisse pas être faite entre la qualité de ces nappes et la présence des décharges ». À côté des lixiviats, d'autres facteurs contribuent à la détérioration de la qualité des eaux souterraines, essentiellement les pesticides et les nitrates.

D'après IPC (2006), la quantité de lixiviats produits est fonction de nombreux paramètres tels que la part des précipitations susceptibles de s'infiltrer dans les déchets, l'efficacité des dispositifs destinés à éviter les apports d'eau de l'extérieur, la surface exploitée, la présence de couvertures de protection ou l'efficacité du système de drainage et d'évacuation des lixiviats.

Afin de calculer le coût de la contamination des eaux souterraines, nous avons emprunté à la Banque mondiale la méthode qu'elle avait utilisée pour estimer ce même coût (Sarraf et al. 2003) :

- » Conversion de la quantité (en tonnes) des déchets déversés dans les dépotoirs et décharges non contrôlées en volume (exprimé en m³) en divisant le tonnage par la masse volumique des déchets, soit 0.4 tonne par m³.
- » Le taux de lixiviats dans les déchets est de 50 %. Cependant, à cause de l'évaporation, un taux d'infiltration de 10 % a été retenu.
- » Plusieurs études ont montré qu'un m³ d'eau usée pollue environ 50 m³ d'eau. La même hypothèse a été retenue dans le cas du lixiviat, bien que celle-ci soit assez restrictive puisque la charge polluante des lixiviats est de loin supérieure à celle des eaux usées.

ii) Estimer le coût de traitement d'un m³ d'eau usée

Afin d'estimer le coût de l'eau polluée, nous avons utilisé **le coût additionnel de traitement** des eaux usées destinées à être réutilisées à des fins agricoles. À titre comparatif, nous avons aussi estimé le coût de traitement des lixiviats.

- » Le coût de traitement d'un m³ d'eau usée destinée à l'agriculture varie entre 10,75 et 14,75 dirhams/m³ quand on utilise le système « boues activées » et entre 13,75 et 25,75 dirhams/m³ quand on utilise d'« autres systèmes d'épuration » (E. El Meknassi, 2015). On retiendra un coût moyen de

Tableau 7.5. Estimation du volume d'eau pollué par le lixiviat

Variable	Unité	Valeur
Quantité de déchets déversés dans décharges non contrôlées	t/j	7 957
Taux de conversion	t/m ³	0,4
Volume de déchets par jour	m ³ /j	19 892
Taux de lixiviat	%	50 %
Volume du lixiviat par jour	m ³ /j	9 946
Taux d'infiltration du lixiviat	%	10 %
Pollution eau par un m ³ de lixiviat	m ³	50
Pollution journalière de l'eau	m ³ /j	49 731
Pollution annuelle de l'eau	m ³ /an	18 151 737

Tableau 7.6. Coût de mobilisation et de traitement à des fins agricoles d'un mètre cube d'eau

	Eau conventionnelle	Eaux usées traitées à des fins agricoles	
		Boues activées	Autres systèmes d'épuration
Investissement (DH/m³)			
Aménagement hydro agricole	2,5	2,5	2,5
Traitement complémentaire		10 à 20	7 à 9
Fonctionnement (DH/m³)	2 à 4	1,25 à 3,25 ¹²⁶	1,25 à 3,25
Coût Total (DH/m³)	4,5 à 6,5	13,75 à 25,75	10,75 à 14,75

Source : El Meknassi (2015).

16,25 dirhams/m³ Par ailleurs, le coût de mobilisation d'une eau conventionnelle destinée à l'agriculture est en moyenne de 5,5 dirhams/m³.

En retenant un coût additionnel moyen du traitement des eaux usées destinées à des fins agricoles d'environ 10,75 dirhams/m³, le coût de la dégradation de la ressource eau souterraine s'élèverait à environ 195,1 millions de dirhams en 2014.

- » Le coût de traitement d'un m³ de lixiviat s'élève à 30 dirhams¹²⁷ (en traitant la totalité du lixiviat¹²⁸, le coût s'élèverait à environ 109 millions de dirhams).

On retiendra le chiffre de **195,1 millions de dirhams** puisqu'on cherche à mettre en relief la valeur économique de l'eau qui risque d'être perdue si le déversement des déchets dans les décharges non contrôlées se poursuit.

7.1.4. LA MOINS-VALUE DES TERRAINS

La méthodologie des coûts hédoniques a été utilisée pour calculer le coût de dépréciation des terrains se trouvant à proximité des décharges/dépotoirs. Cette méthode a été mise au point par Nelson, J. 1978 et permet calculer le différentiel de prix des résidences en fonction de la qualité

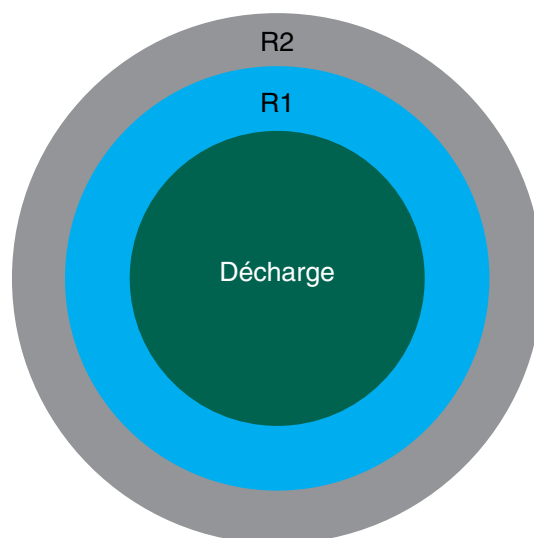
¹²⁶ 126 L'étude n'intègre pas la charge fixe annuelle de dirhams 65000 par périmètre de «réutilisation des eaux usées traitées en irrigation»

¹²⁷ Communication avec la Direction de l'Eau et de l'Assainissement du Ministère de l'Intérieur lors de l'atelier du 2/05/2016.

¹²⁸ Soit 3,63 million de m³ par an.

de l'air en ville. Elle a été élargie aux terrains et reprise par Sweep.net pour calculer l'impact des décharges sur la valeur des terrains et logements situés à proximité (Doumani, Arif, Ilyes, 2014). Selon cette méthodologie, une décharge est entourée de deux cercles concentriques, le premier se situe dans un rayon de 30 mètres autour de la décharge (R1) et le second dans un rayon de 30 à 100 mètres (R2) (Figure 7.1). Les prix subissent une décote de **15 et 10 %** au niveau des terrains situés respectivement dans les superficies à moins de 30 m et de 30 à 100 m.

Figure 7.1. Impact d'une décharge sauvage/ dépotoir sur les terrains avoisinants



Afin de calculer la moins-value, nous avons fait les hypothèses suivantes :

- » Nous n'avons pris en compte que les principales villes du Maroc représentant 75 % des déchets déversés dans des décharges en milieu urbain.
- » Nous n'avons tenu compte que des décharges actives, car les passives ont été réhabilitées dans ces villes.
- » Pour les **décharges non contrôlées**, la dépréciation concerne les terrains agricoles qui se trouvent dans les deux cercles (rayon de 30 m et rayon de 30 à 100 m) alors que l'on n'a retenu que le rayon de 30 m pour les décharges contrôlées. Si ces dernières dégagent moins d'odeur que les décharges non contrôlées, il n'en reste pas moins qu'en l'absence d'un système de réduction du méthane, à travers sa récupération et sa transformation en énergie,

l'odeur est persistante¹²⁹, ce qui constitue un facteur de dépréciation des terrains sis à proximité des décharges. Or actuellement, seules les décharges de Fès et d'Oujda disposent d'un système de récupération et de valorisation du biogaz. En outre, certaines décharges contrôlées accumulent des quantités de plus en plus importantes de lixiviat dans des bassins dans l'attente de leur traitement. Ce qui est source de pollution de l'air et donc un facteur de dépréciation de terrains aux alentours.

- » Nous avons calculé un prix moyen d'un mètre carré à partir de dix observations¹³⁰ relatives aux terrains agricoles entourant chaque ville.

¹²⁹ « Les projets de réduction des émissions de méthane mis en œuvre dans les sites d'enfouissement et les usines de traitement des eaux usées permettent aussi de réduire les odeurs » ; https://www.globalmethane.org/documents/analysis_fs_fr.pdf

¹³⁰ Prix actuels à partir de portails d'annonces immobilières.

Tableau 7.7. La moins-value des terrains avoisinants les décharges

Décharge	Classement Fin Jan. 2016	Tonnage déchargé t/j	Superficie ha	Moins- value DH	Remarque
Grand Rabat	DC	1 370	110	3 469 858	
Grand Casablanca	DNC	3 000	85	7 659 707	DC en cours de construction
Grand Agadir	DC	686	41	658 080	
Mohammedia/ Benslimane	DC	356	47	2 129 817	
Ej jadida	DC	188	28	502 516	
Béni Mellal	DNC	438	50	1 348 773	DC en cours de lancement
Fès	DC	850	110	–	RM
Marrakech	DNC	800	14	1 004 051	DC en cours de construction
Meknès	DNC	507	25	510 174	DC en cours de construction
Tanger	DNC	838	30	1 186 215	DC en cours de construction
Oujda	DC	373	40	–	RM
Kenitra	DNC	355	20	490 893	DC en cours de Lancement
Safi	DC	180		185 504	
Total		9 941		19 145 586	
DC : décharge contrôlée ; DNC : décharge non contrôlée ; RM : récupération de méthane					

La moins-value pour ces terrains s'élèverait donc à environ **19 millions de dirhams**.

Le coût relatif aux émissions de méthane provenant des DMA est pris en compte dans le Chapitre 9, dédié à l'environnement global.

7.1.5. POTENTIEL D'ÉLECTRICITÉ PERDU

La récupération du méthane (par méthanisation¹³¹ des déchets) permet de produire de l'électricité (voir l'encadré 7.3 : l'exemple de la ville de Fès) qui aurait été autrement produite à partir des combustibles fossiles, et d'éviter ainsi des émissions de CO₂.

La méthanisation concerne principalement les déchets biodégradables enfouis dans les décharges. Ce potentiel est calculé à partir du gisement de déchets organiques déversés dans les décharges, il s'agit de répondre à la

¹³¹ La méthanisation, également appelée digestion anaérobie, est un processus de dégradation microbienne au cours duquel la matière organique complexe est transformée en un biogaz composé de méthane et de dioxyde de carbone et en un résidu solide ou liquide appelé digestat. www.irstea.fr/nos-editions/dossiers/nos-dechets/methanisation.

Encadré 7.3. « La ville de Fès s'éclaire grâce à ses déchets »

L'éclairage des routes dans la ville de Fès est actuellement éclairée à 30 % grâce à ses déchets ménagers. La société en charge de la gestion de la décharge de la ville de Fès, a installé deux systèmes de collecte de biogaz, une station de soutirage de 500 Nm³/h (nouveaux m³ par heure), des torchères, et d'autres équipements afin de lancer le processus de méthanisation qui permet, à travers la dégradation biologique de la matière organique, de valoriser le biogaz résultant de cette opération et de le convertir en énergie électrique. Cette centrale bioélectrique a coûté 100 millions de dirhams. Grâce à cette centrale, les 800 tonnes/jour de déchets ménagers fournissent actuellement une capacité de 1 MW qui sera portée à 5 MW (soit l'équivalent d'un parc de 11 éoliennes) sachant que les besoins de l'éclairage public de Fès nécessitent une capacité de 3,5 MW, le reste pourra être vendu.

Source : Les Affaires ; <http://www.lesaffaires.com/dossier/changements-climatiques-40-solutions-qui-ont-une-la-ville-de-fes-au-maroc-seclaire-grace-a-ses-dechets/583395>

question suivante : quelle production d'électricité serait-il possible d'obtenir si tous les déchets organiques déversés dans les décharges étaient traités afin de récupérer du méthane destiné à produire de l'électricité ? Les calculs du Tableau 7.8 ont montré que le potentiel d'électricité s'élèverait à 876 GWh pour une valeur de **847,7 millions de dirhams**.

7.1.6. PERTE D'OPPORTUNITÉS LIÉE À UN FAIBLE RECYCLAGE/ COMPOSTAGE DES DÉCHETS MÉNAGERS

Le recyclage des déchets permet de générer des gains économiques (création d'une valeur ajoutée supplémentaire) et environnementaux (réduction des terrains destinés aux décharges, réduction des émissions des GES et économie d'énergie). Le taux de recyclage au Maroc est estimé actuellement à environ 10 % des déchets ménagers et assimilés générés en milieu urbain (MdE 2014). Il est essentiellement assuré par le secteur informel qui emploie 7 000 personnes (MdE 2016 b) triant, récupérant et recyclant les déchets solides dans des conditions de rentabilité et d'hygiène défavorables. Conscients de cette faiblesse et de l'intérêt d'une augmentation du taux de recyclage, les autorités, dans le cadre du PNDM, prévoient de le porter à 16 % en 2016 et à 20 % en 2020.

Dans le cadre de cette section, nous allons calculer le potentiel de recyclage et de compostage ainsi que les gains escomptés qui auraient prévalu si le taux était de 15 % **aujourd'hui** (proche des objectifs du PNDM). En d'autres termes, tout retard dans la réalisation de cet objectif se traduirait par une perte économique et environnementale tout au long de la période que couvre le PNDM.

i) Les gains économiques

Recyclage. Pour un tonnage de déchets urbains ménagers de 5 817 115 t, la quantité recyclable est de 203 599 t au taux de 10 % et de 305 399 t au taux de 15 %. La valorisation de la différence aux prix indiqués dans le Tableau 7.9 donne un chiffre d'affaires additionnel de **132,3 millions de dirhams répartis** entre les récupérateurs, intermédiaires et les grossistes respectivement à concurrence de 20, 31 et 49 % tout en sachant que ce sont les récupérateurs qui sont les plus nombreux. Le recyclage

Tableau 7.8. Estimation du potentiel d'électricité

	Unité	Valeur	Source
Déchets déposés dans les décharges	t	4 944 548	
Taux matières organiques (fermentescible)	%	65%	http://www.atlas.d-waste.com/
Matières organiques (fermentescible)	t	3 213 956	
Matières organiques (fermentescible) destinée au compostage	t	482 093	
Méthane généré	t	125 981	feuille de calcul “ déchets fermentescibles”. Méthodologie GIEC (1996 et 2006)
Masse volumique du méthane	m ³ /t	1 395	0.000716604
Méthane généré	m ³	175 802 228	
Taux de méthane capturé	%	50%	
Méthane capturé	m ³	87 901 114	
Equivalence énergétique	tep/m ³	0,000857	http://atec.fr/sites/default/files/ATEE/Fichiers/matin-1-club_biogaz_cmarchais2_0.pdf
Quantité Energie	tep	75 331	
Taux du potentiel électricité	MWh/tep	11,64	http://calculis.net/conversion/energie
Potentiel électricité	KWh	875 876 496	
Prix électricité	DH/KWH	0,9679	ONEE, 2015: prix facturé aux collectivités locales
Valeur potentiel électricité (arrondis)	DH	847 761 000	

renvoie à la chaîne de tri, de récupération et de vente de déchets dans le cadre d'une triple relation :

- » Récupérateur (en ville ou décharge) → Intermédiaire
- » Intermédiaire → grossiste
- » Grossiste → Industriel (ce dernier valorise le déchet en le réutilisant ou le transformant)

Compostage. La quantité compostable est de 567 000 t générant un chiffre d'affaires de **56,7 millions de dirhams** pour un prix de 100 dirhams la tonne (GIZ 2014 b)

ii) Les gains environnementaux

Le recyclage va aussi se traduire par une réduction des terrains destinés aux décharges ainsi qu'à une économie d'émissions de méthane. L'économie d'émissions de méthane n'a pas été pris en compte pour éviter un double comptage avec le Chapitre 9.

Économie de terrains. Le passage à un taux de recyclage de 15 % permettra de réaliser une économie de **14,5 millions de dirhams** dont le calcul figure dans le tableau suivant :

iii) Conclusion

Le passage du taux de recyclage de 10 à 15 % permet un gain total de **204 millions de dirhams**. La réalisation du taux de 15 % est liée à la mise en œuvre du programme de l'implantation des décharges contrôlées où des centres de tri et de valorisation de déchets sont prévus permettant ainsi de les recycler dans de meilleures conditions de rentabilité. Elle est liée aussi à la manière dont les travailleurs du secteur informel auront été impliqués dans ce processus en leur offrant de meilleurs revenus et de meilleures conditions d'hygiène. Car avec leur professionnalisation, les services de collecte et d'élimination ainsi que les filières

Tableau 7.9. Estimation du manque à gagner dû au recyclage

Variable	Production déchets en 2015 t/an	Composition du recyclage %	Quantité recyclée 2015 t/an	Quantité recyclable t/an	Différence t/an	Prix du marché / récupérateur DH/t	Prix du marché / intermédiaire DH/t	Prix du marché / industriel DH/t	Recyclage		Total
									Compostage	DH	
Total	5817115		10% t/an	15% t/an							Prix DH 100/t
Matières organiques (65%)	3781125			567000	567000						56700000
Matières Recyclable (35%)	2035990										
Papier et carton		20,30	41331	61996	20665	230	340	530			22731833
Plastique		8,40	17102	25653	8551	700	970	1880			30356617
Vétre		14,10	28707	43061	14354	240	330	440			14497270
Métal (Ferraille, Aluminium, Cuivre)	51,40	104650	156975	52325	230	390	590	63313193			
Textiles		0,10	204	305	102	500	700	800			203599
Bois		1,00	2036	3054	1018	280	420	490			1211414
Autre		4,70	9569	14354	4785						
Total		100,00	203599	305399	101800						132314000
Recyclable											56700000

Source: MdE, 2013, MdE, 2014, El Bari, 2014, Waste Atlas and PNDM

Tableau 7.10. Economie de terrains

	Unité	Valeur	Remarque
Recyclage/ compostage	t/an	872 000	
Conversion de densité déchets compactés	t/m ³	0,8	Les déchets enfouis dans les décharges contrôlées sont compactés afin d'augmenter leur densité et de réduire le volume occupé et donc d'augmenter les capacités de stockage. La densité passe, durant le compactage, de 0,3 ou 0,4 t/m ³ . à environ 1 t/m ³ (http://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich1_2.htm) La densité de 0,8 a été retenue en accord avec le MdE.
Volume	m ³	1 090 000	
Hauteur Décharge	m	15	
Surface terrain	m ²	72 700	
Prix terrain	DH/m ²	200	
Perte	DH	14 540 000	

Tableau 7.11. Coût total de la dégradation : Déchets ménagers (2014)

Déchets ménagers et assimilés	Coûts moyen (Millions DH)	% PIB
Domage		
7.1.2 Coût de la non-couverture de la population par la collecte	1 118	
7.1.3 Coût de la pollution des eaux souterraines	195	
7.1.4 Moins-value des terrains à proximité des décharges/ dépotoirs	19	
Pertes d'opportunités		
7.1.5 Potentiel d'électricité perdu	848	
7.1.6 Potentiel de recyclage perdu		
Pertes économiques (recyclage/compostage)	189	
Pertes environnementales (économie de terrains)	15	
Sous-total	2 384	0,26%

de valorisation vont considérablement réduire le gisement d'ordures accessible au secteur informel (MdE, 2016 b).

7.2. LES DÉCHETS INDUSTRIELS DANGEREUX

7.2.1. VUE D'ENSEMBLE

Définition. Les déchets industriels¹³² comprennent les déchets industriels dangereux (DID) et les déchets industriels non dangereux (appelés aussi déchets spéciaux). L'article 3 de la loi 28-00 définit les premiers comme « *toutes formes de déchets qui, par leur nature dangereuse, toxique, réactive, explosive, inflammable, biologique ou bactérienne, constituent un danger pour l'équilibre écologique tel que fixé par les normes internationales dans ce domaine ou contenu dans des annexes complémentaires* ». Les seconds, bien qu'ils ne soient pas dangereux, ne peuvent pas être déversés dans les décharges dédiées aux déchets ménagers et assimilés nécessitant ainsi un traitement spécial.

Production. La principale source d'informations sur les DID est fournie par l'étude publiée en 2010 (Secrétariat

¹³² D'après l'article 3 de la loi 28-00, un déchet industriel est un déchet qui résulte d'une activité industrielle, agro-industrielle, artisanale ou d'une activité similaire, tels que ferrailles, métaux non ferreux, papiers et cartons, verre, textiles, bois, plastiques.

d'État à l'Eau et l'environnement SEEE, KfW, 2010)¹³³ qui a permis d'en estimer la production à **256 000 tonnes** sur une production totale de déchets industriels de 1,6 Mt (MdE 2016). Elle s'élèverait en 2014 à 295 000 tonnes (MdE 2016), soit un accroissement annuel de 2,4 %, un taux équivalent à celui de la croissance industrielle.

Source. Les DID proviennent essentiellement des secteurs de la chimie-parachimie et du textile-cuir et de l'industrie mécanique et métallurgique (Tableau 7.12) et sont concentrés dans le grand Casablanca qui génère plus de 37 % du total. D'après la même étude, les DID se présentent à concurrence de 54,6 %, 33,4 % et 12 % successivement à l'état liquide, solide et pâteux. L'étude a montré aussi que 38 % des déchets sont combustibles, ce qui permet d'entrevoir le gisement disponible en déchets susceptibles d'être valorisés thermiquement dans les cimenteries et les autres installations.

Le Plan directeur national de gestion des déchets dangereux. Les DID constituent un danger pour l'environnement et la santé si leur collecte, transport et élimination ne répondent pas aux critères d'une gestion efficace. Conscients de ce danger, le Maroc s'est doté d'une

¹³³ SEEE, KfW, 2010 : « Élaboration d'un Plan directeur national de gestion des déchets spéciaux et d'une étude de faisabilité pour la création d'un Centre national d'élimination des déchets spéciaux (CNEDS), rapport V : gisement déchets dangereux. »

Tableau 7.12. Répartition des déchets industriels dangereux et spéciaux

Industrie	Déchets spéciaux	Déchets dangereux	Total
Chimie et parachimie	64,0 % ^a	40,3 %	60,2 %
Textile-cuir	0,0 %	33,6 %	5,5 %
Industrie alimentaire	28,8 % ^b	5,5 %	25,0 %
Industrie mécanique métallurgique	7,1 % ^c	13,5 %	8,2 %
Industrie électrique électronique	0,0 %	1,2 %	0,2 %
Autre	0,0 %	5,9 %	1,0 %

Source : SEEE, KfW, 2010

^a cendres volantes et mâchefers des centrales électriques

^b carbonate de calcium déclassé (raffinage du sucre)

^c scories des hauts fourneaux

Encadré 7.4. Enjeux économiques de la filière des HU

La valorisation des HU peut être faite soit par co-incinération (valorisation thermique) soit par régénération (valorisation matière). Les deux types de valorisation permettent une création de valeur ajoutée, une économie de l'énergie fossile et une réduction de la facture pétrolière. Parmi les acteurs économiques concernés par la filière, il y a l'Association professionnelle des cimentiers (APC) et le Groupement pétrolier marocain (GPM), les premiers sont intéressés par une co-incinération alors que les seconds par une régénération des HU.

Cette filière recèle un potentiel économique important qui ne laisse pas indifférentes les deux professions. Un enjeu qui influera nécessairement aussi le devenir du secteur informel. Ces enjeux GPM-APC retardent la réorganisation de la filière vers une « valorisation écologique des huiles usagées au Maroc ».

Un début d'accord tripartite entre les deux professions et le MdE a été réalisé en 2012, prévoyant la création d'un groupement d'intérêt économique à qui sera confié la gestion de la filière, cet accord stipulait que le GPM devait contribuer pour 150 dirhams/t à la collecte des HU et que l'ACP devait mettre en place des centres de regroupement et des installations de stockage et d'élimination des huiles en cimenterie, lui permettant d'acheter les HU à 750 dirhams/t. Cependant, une année après, le GPM propose, à la place de la redevance, une écotaxe de 300 dirhams/t sur les « huiles de base » produites et importées (ces huiles étant utilisées pour produire les huiles lubrifiantes neuves) et sur les huiles lubrifiantes importées.

réglementation parallèlement au lancement, dès 2007, du Plan directeur national de gestion des déchets dangereux visant à « développer un système approprié de gestion intégrée des déchets dangereux au Maroc avec un contrôle et une surveillance adéquate en accord avec les standards internationaux sur l'environnement et la législation en vigueur au Maroc » (GIZ 2014 a). Ce Plan directeur devait aboutir à la mise en place d'un Centre national d'élimination de déchets spéciaux (CNEDS)¹³⁴ ayant une capacité annuelle de 44 000 tonnes. Cependant, cette option a été abandonnée au profit d'une approche en termes de filières. L'étude de la Banque mondiale, (MI/MdE, BM 2014) a montré le potentiel valorisable tout en mettant l'accent sur le principe de la « Responsabilité

¹³⁴ Ce centre est, d'après l'article 48 de la loi 28-00, considéré comme une décharge de classe 3 destinée aux déchets dangereux.

En octobre 2015 une convention-cadre a été signée avec le MdE et le Ministère Délégué, chargé des petites entreprises et de l'intégration du secteur informel pour « la mise en place et l'organisation d'une filière de valorisation écologique favorisant la régénération matière des huiles lubrifiantes usagées ». Cette convention prévoit une écotaxe de 300 dirhams/t proposée par le GPM dont les recettes seront versées au Fonds national pour l'environnement et le développement durable et qui seront par la suite « obligatoirement, intégralement et exclusivement restituées aux unités de régénération des huiles lubrifiantes usagées »

De son côté, l'APC avait déjà signé plusieurs conventions lui permettant d'utiliser les HU comme combustible, conventions qui viennent d'être confirmées par une convention-cadre d'une durée de cinq ans signée le 20 juin 2014 lui permettant d'incinérer et de valoriser les déchets solides, dans « le respect des textes réglementaires et normatifs régissant la gestion des déchets et des émissions ... », il n'est donc pas question spécifiquement de HU, mais de DID, de déchets ménagers, et de pneus déchiquetés.

Avec la publication des décrets n° 2-09-85 /2011 (relatif à la collecte, au transport et au traitement de certaines HU) et n° 2-14-85/2015 (relatif à la gestion des déchets dangereux) et de son arrêté d'application 3184-15/2015, chaque opérateur économique désireux de collecter, stocker, transporter et valoriser/ éliminer les HU doit disposer d'une autorisation délivrée par le MdE qui fixe les conditions techniques, les installations requises et les modalités pour le faire.

élargie des producteurs (REP) » afin d'impliquer tous les acteurs de la filière, à savoir « générateurs, détenteurs, collecteurs-transporteurs, et destinataires de déchets dangereux » tels qu'ils sont identifiés par l'article 3 du décret du 20/01/2015 relatif à la gestion des déchets dangereux.

Traitement. L'étude SEEE, KfW (2014) avait estimé qu'à peine 21 000 t sur 256 000 t de DID, soit 8 %, sont collectées et traitées par le secteur formel¹³⁵, le reste est récupéré par le secteur informel¹³⁶ ou « évacué sans

¹³⁵ Ce secteur est composé de 5 sociétés présentes sur le marché marocain depuis au moins 5 ans, groupées dans l'Association marocaine des professionnels de la valorisation et de l'élimination de déchets industriels (AMVEDI) – (Sita Maroc, Société marocaine de récupération et de recyclage, Ecoval Maroc, la filiale du cimentier Holcim, Logipro ou encore Nitam)

¹³⁶ Comme p. ex. la régénération d'huiles usagées à la décharge de Tit Mellil à Casablanca ou le recyclage des batteries de voiture.

traitement préalable dans le milieu naturel ». La même étude, dans la perspective de l'établissement du CNEDS, a évalué le potentiel valorisable en fonction du type de traitement : la co-incinération, la valorisation matière et l'élimination dans les installations du CNEDS¹³⁷ représenteraient respectivement 18,8, 21,5 et 17 % du total. L'abandon du CNEDS au profit des filières permettra certes de mobiliser tous les acteurs de la filière sur des bases économiques et financières en invoquant leur « responsabilité élargie », mais risque de poser des problèmes environnementaux liés à la gestion des déchets ultimes ou des refus de matières recyclées issues de la valorisation, d'où la nécessité d'une décharge de classe 3, comme le CNEDS.

Etendu et limite de l'étude. Dans cette section, l'étude a essayé de quantifier l'impact **des huiles de moteur usagées et des batteries usagées**, considérées parmi les déchets les plus dangereux. Pour les huiles, nous avons estimé les pertes économiques en l'absence de leur valorisation dans le cadre du secteur formel, alors que nous avons calculé le coût de l'exposition des enfants âgés de 0-4 ans au plomb. Il est important de noter que les effets environnementaux, sanitaires et économiques des conditions de collecte de gestion et d'élimination d'autres types de déchets, tel que les déchets industriels, les déchets d'équipements électriques et mécaniques, n'ont pas pu être estimés dans cette étude à cause d'informations très limitées. De même d'autres métaux lourds, tel que le mercure qui peut se trouver dans la décharge de Mediouna par exemple (SEEE 2010), qui sont considérés par l'OMS parmi les produits chimiques extrêmes préoccupants pour la santé publique n'ont pas pu être pris en compte dans l'étude. Ainsi cette section sous-estime l'impact des déchets dangereux sur la santé et l'environnement.

7.2.2. FILIÈRE DES HUILES USAGÉES

i) Présentation de la filière

D'après le catalogue marocain des déchets, les huiles usagées (HU) sont classées « déchets dangereux ». Les enjeux autour de ces déchets sont très importants en raison de leur impact négatif sur l'environnement, leur grande

valeur économique (régénération et co-incinération), la nécessité d'importer des matières premières indispensables à la production d'huiles neuves et l'économie des devises permise par leur récupération et recyclage.

D'après l'Association professionnelle des cimentiers (APC)-M. Daoudi (2012), la quantité des HU générés s'élevait à 70 000 tonnes en 2012¹³⁸, elle est estimée à 80 000 t en 2014 (MdE 2016 c). Une fois générée, l'HU est collectée et transportée par environ 150 à 200 collecteurs/transporteurs. L'ensemble travaille cependant dans l'illégalité puisque aucun collecteur ni aucun transporteur ne possède jusqu'à ce jour l'autorisation de le faire en vertu de l'article 30¹³⁹ de la loi 28-00 et de son décret d'application du 19/02/2015. Actuellement 90 % de la récupération, incinération, valorisation des HU se fait par le secteur informel.

ii) Impacts sur l'environnement

Une huile usagée est une huile qui, après utilisation, devient contaminée. Ces propriétés altérées, elle ne peut plus continuer à remplir sa tâche convenablement. L'huile à moteur usagée éliminée de façon inadéquate risque de nuire à l'environnement par : la combustion non contrôlée, la mise en décharge, l'élimination dans le sol et la contamination des égouts. Par ailleurs, l'HU est peu biodégradable ce qui augmente sa durée de vie. Ayant une densité plus faible que l'eau, un litre d'huile usagée peut couvrir et contaminer une surface importante d'eau (environ 1 000 m²) et réduire l'oxygénation de la faune et de la flore. Un litre d'huile usagée peut aussi polluer durablement 1 m³ de terre chaque année¹⁴⁰.

F. Horst (2005) a mené une analyse des impacts environnementaux nets¹⁴¹ de la régénération et de l'incinération en Europe, il a abouti aux résultats figurant dans le Tableau 7.13.

¹³⁸ A noter que l'étude SEEE, KfW (2014) avait identifié pour l'année 2008 un gisement de 70700 t (y compris rejets navires)

¹³⁹ « La collecte et le transport des déchets dangereux sont soumis à une autorisation de l'administration ».

¹⁴⁰ <http://www.ecologie.ma/pollution-au-maroc-des-milliers-de-tonnes-dhuiles-usagees-dans-la-nature/>

¹⁴¹ Impact net = Impact émis du procédé de traitement – Impact évité de production / combustion du substitut ; Par exemple, l'incinération d'une tonne de HU se traduit par une émission de x tonne de CO₂ et l'incinération du fioul (remplacé par l'HU) par une émission de y tonne, l'impact net est x-y

¹³⁷ Traitements physicochimiques, stabilisation, solidification et enfouissement.

Tableau 7.13. Impacts nets environnementaux par tonne d'huile usagée

	Incinération en cimenterie		
	Régénération ^a	Mix de combustibles primaires	Fioul lourd
Économie d'énergie (kg éq. pétrole)			
Impacts régénération /incinération	33	3	3
Impacts évités	1 112	319	1 082
Impacts nets	-1 079	-316	-1 079
Changement climatique (kg éq. CO₂)			
Impacts régénération /incinération	676	2 940	2 940
Impacts évités	1 160	4 060	3 488
Impacts nets	-484 ^b	-1 120	-548
Acidification (kg éq. SO₂)			
Impacts régénération /incinération	0,837	0,126	0,126
Impacts évités	4,92	3,09	2,6
Impacts nets	-4,083	-2,964	-2,474
Eutrophisation (kg éq. PO₄)			
Impacts régénération /incinération	0,0565	0,000215	0,000215
Impacts évités	0,182	0,183	0,14
Impacts nets	-0,1255	-0,182785	-0,139785
Risque cancérigène potentiel (g As-éq)			
Impacts régénération /incinération	0,018	0,001	0,001
Impacts évités	0,282	0,145	0,19
Impacts nets	-0,264	-0,144	-0,189
Particules fines (Éq PM₁₀)			
Impacts régénération /incinération	0,168	0,0109	0,0109
Impacts évités	0,826	0,662	0,509
Impacts nets	-0,658	-0,6511	-0,4981

Source : F. Horst, 2005

^a Moyenne de 5 techniques, de substitution de l'huile minérale de base à 100 % (absence de mélange avec une huile synthétique).

^b La régénération permet d'éviter des émissions nettes de 484 éq. CO₂ par tonne d'HU

La régénération et l'incinération des HU se traduisent par des impacts environnementaux positifs par rapport à leurs substituts, respectivement l'huile minérale de base et le mix de combustibles/fioul.

iii) Pertes en absence d'une valorisation dans le secteur formel

La valorisation de HU en co-incinération ou en régénération permet donc de réduire :

- » L'utilisation des ressources énergétiques
- » La facture pétrolière
- » Les impacts négatifs sur la santé humaine¹⁴²
- » Les émissions de GES (ces derniers n'ont pas été pris en compte dans ce chapitre pour éviter le double comptage avec le Chapitre 9).

¹⁴² L'absence de données ne nous a pas permis d'estimer le quatrième point.

Tableau 7.14. Pertes économiques en absence d'une valorisation dans le cadre du secteur formel

Économie d'énergie		Régénération	Source
Quantité potentielle HU	tonne	72 000	
Économie nette de ressources fossiles	tep/t	1,079	
Économie ressources fossiles	t	77 688	
Prix fioul	DH/t	4 526	http://lavieeco.com/news/actualite-maroc/maroc-les-prix-des-carburants-en-baisse-32117.html
Prix huile usagée	DH/t	2 200	APC- DAOUDI (2012)
<i>Coût économisé</i>	DH	180 702 000	
Réduction de la facture pétrolière			
Quantité de pétrole économisée	tep	77 688	
Prix du pétrole brut importé	DH/t	5 812	HCP (2015)
<i>Coût économisé</i>	DH	451 522 000	
Total	DH	632 224 000	

Pour le calcul de ces pertes, on a retenu la valorisation par régénération présentant pratiquement les mêmes avantages que la co-incinération. Pour calculer cette valorisation, on est parti d'une quantité globale de 80 000 t (MdE 2016c) et on en a retenu **90 %, soit 72 000 t**, correspondant au tonnage qui transite actuellement par le secteur informel.

iv) Conclusion

Le « traitement » dans l'état actuel des HU se traduit par une perte de **632 millions de dirhams**. Afin de mobiliser ce potentiel, il importe d'accélérer la réorganisation de la filière en gérant le gisement des HU dans un sens d'efficacité et d'équité et en trouvant les moyens et les modalités d'y intégrer le secteur informel.

7.2.3. FILIÈRE DES BATTERIES USAGÉES

Un aperçu sur la filière sera donné a), suivi par une analyse de l'impact environnemental du plomb b), et par l'estimation de l'impact du plomb sur la santé des enfants c). Un aperçu de l'organisation future de la filière sera esquissé.

i) Vue d'ensemble de la filière

Production. En 2011, la quantité de batteries usées (BU) a été estimée à 674 000 unités, soit 10 000 tonnes.

La filière est dominée par le secteur informel qui contrôle la récupération et surtout l'extraction du plomb, matériau indispensable à la production des batteries. La quantité de **plomb** extraite des BU varie entre 7800 et **9000 t en 2011** (MdE 2012).

Organisation. Les garagistes, sociétés de vente des batteries, détaillants de pièces de rechange vendent aux récupérateurs des BU à un prix de 4 à 8 dirhams l'unité. Les ferrailleurs extraient le plomb des BU (environ 10 à 12 Kg de plomb par BU) et le vendent à 10 dirhams le kg de plomb ; soit un revenu par batterie de 100 à 120 dirhams. Les principaux débouchés sont les sociétés de production des batteries neuves (20 %), les sociétés exportatrices du plomb (6 %), la société des Fonderies de Plomb de Zellidja (59 %), pêches (4 %) et autres (poterie, etc., 11 %) (MdE 2012). Cette répartition des ventes dépend des fluctuations des prix de chaque destination. En effet, les sociétés de production des batteries neuves ont souffert au cours des trois dernières années d'une rareté sans précédent du plomb à cause du fait que les ferrailleurs préfèrent le vendre aux sociétés d'exportation à tel point que le gouvernement¹⁴³ fut obligé de soumettre à partir du

¹⁴³ Arrêté du Ministre délégué chargé du Commerce extérieur 3378-15 du 20/10/2015.

Encadré 7.5. Plomb et santé humaine

Au bout d'un moment, le bac en plastique de la batterie usagée libère des métaux lourds qu'il renferme, ce qui engendre une pollution de l'air, des sols et des eaux. Ensuite, le plomb est absorbé par des organismes vivants par ingestion ou inhalation, puis introduit dans la chaîne alimentaire, au bout de laquelle il atteint l'être humain. Dans le corps humain, il est néfaste pour le système nerveux, les reins et le sang. Plusieurs effets sur la santé ont été associés à l'exposition au plomb, notamment des effets systémiques (par exemple des effets gastro-intestinaux, l'anémie, l'hypertension et la perte d'audition), les effets sur le système nerveux (par exemple sur le comportement et la cognition), sur le développement et sur le système reproducteur, ainsi comme la génotoxicité, la cancérogénicité et les effets sociaux (ATSDR 2007).

mois d'octobre 2015 l'exportation du plomb à une autorisation du Ministère du Commerce Extérieur¹⁴⁴.

ii) Impact environnemental

L'extraction du plomb est une opération très risquée pour l'environnement et la santé surtout en l'absence de toute précaution, ce qui est le cas dans le secteur informel où l'extraction se fait par simple combustion dans des petites fonderies. Les émanations du plomb exposent les ouvriers

¹⁴⁴ Il y a un arrêté en voie de préparation visant à interdire l'exportation du plomb.

à de graves dangers : respiration des poussières, émanations et vapeurs qui se diffusent dans l'atmosphère de leur lieu de travail avec le risque de graves intoxications au plomb (MdE 2012). Des intoxications chroniques peuvent se rencontrer dans la population généralement à proximité des sources de pollution (par exemple, recyclage des BU). Les émanations touchent aussi la population environnante des lieux d'extraction, les enfants, surtout en bas âge, étant les plus exposés.

L'étude SEEE sur les métaux lourds¹⁴⁵ réalisée au Maroc en 2010 a permis d'estimer la plombémie¹⁴⁶ au niveau des fonderies et de la production de batteries et de leur environnement dans les sites industriels de Sidi Bernoussi et Aïn Sebaa. À partir de l'analyse de la concentration du plomb dans l'air et le sol dans ces mêmes sites et d'autres facteurs, elle a calculé le taux de concentration du sang chez l'enfant par inhalation et ingestion. (Tableau 7.15)

L'étude S. Bouftini et al (2015) menée dans la zone artisanale (poterie et tannerie) d'Aïn Nokbi à Fès et portant 150 enfants (90 exposés au plomb et 60 non exposés) âgés de 6 ans, a trouvé :

¹⁴⁵ Le plomb, le mercure et le cadmium. Elle comprend 4 rapports plus un rapport de synthèse.

¹⁴⁶ Taux de concentration du plomb dans le sang, exprimé en µg/dl ou mg/l. C'est l'indicateur-clé de l'exposition au plomb.

Tableau 7.15. Taux de concentration du plomb dans le sang par inhalation et ingestion chez les enfants – Sidi Bernoussi et Aïn Sebaa

	Plombémie µg/dl	Risque des effets toxique (effets gastro-intestinaux, anémie, hypertension et perte d'audition)
Enfants des bidonvilles dans un rayon de 300 m autour des usines de fabrication des batteries	19,4	Très élevé
Enfants des écoles situées à environ 450 m des usines de fabrication des batteries	3,9	Élevé
Enfants des bâtiments à 500 m des usines de fabrication des batteries, fréquentant les écoles	4,3	Élevé
Enfants habitant dans un rayon de 1,8 km	1,2	

Source : SEEE (2010)

- » Chez les enfants exposés, une plombémie moyenne de 7,1 µg/dl. 19 enfants exposés avec une plombémie supérieure à 10 µg/dl.
- » Chez les enfants non exposés, une plombémie moyenne de 3,8 µg/dl.

Des études épidémiologiques dans le monde, ont estimé l'impact néfaste du plomb sur la santé de l'enfant et de l'adulte. Ainsi, d'après ADB (2009), le plomb provoque un déficit cognitif chez l'enfant (0-5ans) estimé à une perte de 1 à 5 points de quotient intellectuel (QI) chaque fois que le taux de plomb présent dans le sang augmente de 10 µg par dl. Il ressort aussi d'une étude (Lanphear et al, 2005), qui a porté sur 1 333 enfants de sept cohortes différentes, que le QI baisse de 6,2 points quand la plombémie passe de 1 à 10 µg par dl.

D'après l'OMS (OMS 2003), les principaux effets sur la santé sont les troubles neurologiques, une déficience cognitive et un retard mental, principalement chez les enfants de moins de 5 ans, une pression artérielle élevée, des effets gastro-intestinaux, anémie, les effets sur le rein et le système de reproduction.

iii) Coût de l'impact sur la santé

Devant l'impossibilité d'isoler l'effet du plomb par sources d'émanation, l'étude calcule l'effet du plomb sur la santé en tenant compte de toutes les sources d'émanation du plomb : industrie, fonderie, poterie, peinture, recyclage BU, production des batteries neuves. La présente étude s'attarde sur l'effet du plomb sur le **retard mental des enfants de moins de 5 ans** exposés de façon chronique à ce métal dont le coût a été calculé en suivant les six étapes suivantes.¹⁴⁷

Étape 1 : Déterminer le niveau moyen de plombémie chez les enfants de moins de 5 ans au niveau national. Afin de calculer le coût de l'exposition au plomb des enfants de moins de 5 ans appartenant à 110 pays à faible et moyen revenu, Attina et Trasande (2013) ont mené une analyse de régression pour calculer le taux moyen et l'écart type de la plombémie dans cette

population. La régression¹⁴⁸ consiste à lier les tendances constatées relatives à la plombémie à celles relatives aux dates de suppression du plomb dans le carburant. Le détail des régressions peut se trouver dans Attina et Trasande (2013) ou dans le fichier Excel de la présente étude. En appliquant cette méthodologie au Maroc, **la moyenne de plombémie chez les enfants de moins de 5 ans est de 6,64 µg/dl** (avec un écart type de 3,81 µg/dl).

Étape 2 : Déterminer la distribution de la population à risque. Cette étape estime la distribution de la population de moins de 5 ans par niveau de plombémie. Elle se base sur les niveaux de plombémie proposés par l'OMS (2003). Connaissant la moyenne et l'écart type de la plombémie, l'étude calcule la proportion de la population se trouvant à l'intérieur d'un intervalle donné¹⁴⁹. Pour calculer le nombre de la population à risque, l'étude se base sur la population urbaine des enfants de moins de 5 ans au Maroc qui s'élève à 1 860 000 personnes (HCP 2014). Le Tableau 7.16 indique une population à risque de 1 087 600 enfants (soit 58 % du total) à risque.

À titre comparatif, l'étude sur Fès (Bouftini et al. 2015) a montré que 21 % des enfants exposés ont une plombémie supérieure à 10 µg/dl. Par ailleurs, d'après l'OMS (OMS 2004), dans le groupe des pays auquel appartient le Maroc¹⁵⁰, 18,1 % des enfants de moins de 5 ans ont une plombémie comprise entre 5 et 10 µg/dl ; 10,1 % entre 10 et 20 µg/dl ; et 17,2 % supérieurs à 20 µg/dl.

Étape 3 : Analyser la relation entre plombémie et déficit cognitif, exprimée en perte de points de quotient intellectuel (QI). La présente étude se base sur les travaux épidémiologiques de l'OMS (OMS 2003) qui a entériné la relation linéaire suivante entre plombémie

¹⁴⁸ Les sources de plomb retenues dans la régression sont essentiellement : la tuyauterie, la peinture, la céramique, la cosmétique, la production de batteries, le plomb dans le carburant pour les pays qui ne l'avaient pas encore supprimé à la date de 2008. Il n'a pas été tenu compte des hot spots tels que les fonderies informelles de recyclage des BU, ou des personnes travaillant dans le secteur. Si cela avait été le cas, la moyenne aurait été nettement plus importante.

¹⁴⁹ L'OMS (2003) distingue 7 niveaux et 4 intervalles. La proportion de la population se trouvant à l'intérieur d'un intervalle donné est calculée en utilisant la fonction 1-LOLLOGNORMALE que l'on trouve dans Excel. La fonction donne la distribution log normale cumulée de x, où ln (x) est normalement distribué

¹⁵⁰ Groupe Emr D : Afghanistan, Djibouti, Égypte, Irak, Maroc, Pakistan, Somalie, Soudan, Yémen

¹⁴⁷ Les étapes 2 à 5 suivent la méthode développée par l'OMS (OMS 2003).

Tableau 7.16. Distribution de la population à risque selon les intervalles de plombémie

Intervalles de plombémie	Part de la population à risque	Population de moins de 5 ans à risque
< 5 µg/dl	41,5 %	
5–10 µg/dl	20,5 %	380 900
10–15 µg/dl	10,9 %	202 400
15–20 µg/dl	6,6 %	123 500
> 20 µg/dl*	20,5 %	380 800
Total	100 %	1 087 600

* dont 5 % de la population avec un taux de plombémie > 60 µg/dl et 3,9 % au-delà de > 70 µg/dl

Tableau 7.17. Relations entre plombémie et perte de points de QI

Intervalle de plombémie	Moyenne de plombémie	Baisse moyenne du QI de x points
5–10 µg/dl	7,5 µg/dl	0,65
10–15 µg/dl	12,5 µg/dl	1,95
15–20 µg/dl	17,5 µg/dl	3,25
> 20 µg/dl		3,5

Source : OMS (2003)

et perte de points de QI. Ainsi par exemple, à l'intérieur de l'intervalle 5–10 µg/dl (soit un niveau moyen de plombémie 7,5 µg/dl) une perte de 0,65 point est anticipée.

Étape 4 : Analyser la relation entre la perte de QI et le retard mental léger (RML) et estimer le taux d'enfants ayant un retard léger par 1 000 enfants à risque En général, l'intelligence chez la population humaine suit une loi normale (sauf pour un QI inférieur à 50 correspondant à des lésions cérébrales) avec une moyenne de 100 et un écart type de 15. Un QI de 73,5 est considéré comme le seuil à partir duquel il y a un risque pour une personne de basculer vers un RML suite à la baisse¹⁵¹ du QI de ce seuil jusqu'à 70 suivant une loi normale (Lezak 1995)¹⁵².

L'analyse de la relation entre la perte en QI et le retard mental léger est présentée dans le tableau ci-dessous, il correspond aux enfants de 0-1 ans.

Tableau 7.18. Distribution de la population normale (de 0-1 an) par intervalle de QI

Intervalle QI	% de la population normale par intervalle
QI 70 – 70,65	0,24 %
QI 70 – 71,95	0,08 %
QI 70 – 73,25	1,45 %
QI 70 – 73,50	1,59 %

Source : Lezak (1995)

Ainsi, 0,24 % de la population normale (de 0-1 an) se trouve dans l'intervalle 70–70,65 QI et dont le QI a baissé de 0,65 point correspondant à l'intervalle 5–10 µg/dl.

Le taux du RML, exprimé en nombre d'enfants par 1 000 enfants à risque, est la moyenne pondérée obtenue en multipliant chaque part des enfants à risque selon la perte de QI (0,65 ; 1,95 ; 3,25 et 3,5) par la répartition de la population qui lui est correspondante et en sommant les résultats des multiplications obtenus (Tableau 7.19).

¹⁵¹ Baisse indiquée par le Tableau 7.17

¹⁵² Cité par WHO, 2003

Tableau 7.19. Calcul du taux de RML

1	2	3	4	5
Intervalle de plombémie	Part des enfants à risque	Baisse moyenne de points du QI	Intervalle QI de la population normale ^a (%)	Population dans l'intervalle
5–10 µg/dl	20,5 %	0,65	0,24	0,000491 ^b
10–15 µg/dl	10,9 %	1,95	0,80	0,000087
15–20 µg/dl	6,6 %	3,25	0,45	0,000962
> 20 µg/dl	20,5 %	3,5	1,59	0,003252
Total				0,004792

^a La proportion d'enfants dans chaque intervalle correspond à ceux qui sont potentiellement affectés par une perte de QI à cause de leur exposition au plomb. b 0,000491 = 20,45 %*0,24 %

Ainsi, près de 4,8 enfants sur 1 000 appartenant à la population à risque souffriraient d'un RML. Le taux de RML obtenu est ensuite ajusté en fonction des réalités régionales relatives aux causes du retard mental. En effet, des facteurs comme l'anémie, la déficience en iode, peuvent provoquer ce retard et par conséquent augmenter le risque d'apparition de déficiences intellectuelles et cognitives, plus particulièrement dans les pays en développement. Afin de tenir compte de ces éléments, un facteur d'ajustement de 1,90 est retenu pour la région à laquelle appartient le Maroc (OMS 2004). Ce qui donnerait un taux de RML de 9,1 (1,9*4,8) enfants sur 1 000.

Le taux de RML s'applique uniquement aux enfants entre 0 et 1 dans l'année où la maladie est estimée (soit 2014). Ainsi les enfants entre 1 et 4 atteints de RML l'ont déjà contracté au cours des années précédentes. Ainsi le « ratio » d'enfants ayant contracté le RML en 2014 est estimé à un cinquième de 9,1 soit **1,82 enfant sur 1 000 ou près de 1 980 cas.**

Étape 5 : Analyser la relation entre le RML et le nombre d'années vécues avec une invalidité.

Pour le calcul du nombre d'années de vie vécue avec de l'incapacité (AVI)¹⁵³ l'étude utilise le modèle de l'OMS¹⁵⁴

¹⁵³ On n'a pas pris toute la valeur des années de vie ajustées sur l'incapacité (DALYs « Disability-Adjusted Life-Years ») qui comprend à côté de l'AVI, les années de vie perdues (AVP) (« years of life lost » YLL) pour cause de morbidité ou de mortalité, parce que le RML n'est pas une maladie mortelle, mais handicapante dans la vie.

¹⁵⁴ « YLD calculation template » http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/tools_national/en/.

qui convertit l'incidence de la maladie (dans notre cas, le retard mental léger) en AVI. Ainsi, on a trouvé 11 953 AVI pour les garçons et 11 541 pour les filles, **soit un total de 23 495 AVI.**

Étape 6 : Estimer monétairement le nombre d'années vécues avec une invalidité En supposant qu'une AVI corresponde au PIB per capita, soit 27 360 dirhams, le coût de l'exposition au plomb des enfants de 0-4 ans serait de **642,8 millions de dirhams.**

En conclusion, ce coût¹⁵⁵ montre l'importance à mener une politique visant à la réduction des émanations du plomb des différentes sources (peinture, céramique, cosmétique, production de batteries, etc.). Une première mesure a été prise en 2005 supprimant le plomb dans le carburant. Il faut continuer en menant une politique systématique de dépistage dont les bénéfiques (coûts de santé évités) en compenseraient le coût. Il est donc évident que si les opérations de récupération de BU, d'extraction et fusion du plomb ainsi que la production des batteries étaient soumises aux normes de pollution et aux seuils d'émission de métaux lourds, le risque pour la population d'être exposée et contaminée par le plomb diminuerait. Ainsi, à titre d'exemple, dans une société de production de batteries du site couvert par l'étude du SEEE (2010, Mission III), la quantité de plomb à la sortie de la cheminée est de 0,24 mg/m³ après installation d'un filtre à manche contre 35,7 mg/m³ avant, soit une

¹⁵⁵ Ce coût serait plus important si on avait intégré d'autres coûts : morbidité, perte de productivité.

Encadré 7.6. L'organisation de la filière des BU

Afin de remédier à la pollution par la gestion informelle des batteries, le MdE a lancé une initiative pour la mise en place d'une filière de valorisation écologique des batteries usagées dans un cadre partenarial et de concertation avec les producteurs des batteries au Maroc, qui a été couronnée par la signature d'une convention de partenariat le 7 mars 2014 avec le groupement des producteurs de la batterie. Le concept retenu est fondé sur le principe de *responsabilité élargie des producteurs* qui est institué par la Loi Cadre portant Charte de l'Environnement et du Développement Durable. Les principales étapes de ce concept sont:

- a) Collecte et transport des batteries usagées par des sociétés agréées et des collecteurs autorisés selon un découpage régional établi au préalable. Des procédures de conditionnement, de stockage et de transport seront fixées garantissant la traçabilité des batteries collectées et leur transport dans des conteneurs scellés afin d'éviter les fuites de produits dangereux.
- b) Regroupement et élimination des batteries usagées dans des sites autorisés comportant:
 - » Un site de regroupement (ou plusieurs) avec un traitement écologique des batteries. Le plomb est par la suite remis ou revendu aux sociétés productrices des batteries au prorata de leur contribution dans la filière. Au niveau du centre de traitement, toutes les mesures de protection de l'environnement, de sécurité et d'hygiène doivent être prises en considération. Les batteries débarrassées de leurs acides sont rangées en attente d'être recyclées. Les acides sont mis dans des bacs adéquats en attente de leur traitement et/ou élimination.
 - » Un site de regroupement et de transfert sans traitement. Dans ce cas, les batteries sont correctement entreposées avant d'être remises aux sociétés de production

des batteries qui assureront elles-mêmes l'extraction du plomb.

- c) La gestion de la filière sera confiée à une structure (Groupement d'Intérêt Economique) qui sera créée par les producteurs des batteries au Maroc et qui comprendra parmi les membres de son conseil d'administration tous les acteurs concernés par la filière ainsi que les départements ministériels chargés de l'Environnement, de l'Industrie et des Finances. Le mode de financement retenu de concert avec les partenaires est le suivant:
 - » L'utilisation du système de consignation pour la récupération des batteries usagées.
 - » Les producteurs des batteries réalisent les investissements programmés pour la mise en place des centres de regroupements et installations de valorisation.
 - » Les producteurs des batteries contribuent au financement de la filière par une cotisation qui s'élève à 22 dirhams par batterie usagée collectée (Les importateurs et les assembleurs importateurs de plaques de batteries sont exonérés de cette contribution mais restent responsables du devenir des batteries qu'ils mettent sur le marché).
 - » Les producteurs de batteries contribuent par 30 dirhams par batterie au Fonds National de l'Environnement pour contribuer à l'effort national de contrôle de la gestion des déchets dangereux et des batteries usagées en particulier.

Par ailleurs, et pour assurer la réussite de cette réforme du secteur de batteries usagées, des textes réglementaires pour régir le fonctionnement du concept retenu ont été publiés dans le BO en novembre 2015. A cet effet un plan d'action a été élaboré et qui est en cours d'exécution.

Source : Direction des Programmes et Réalisation, Ministère délégué chargé de l'Environnement (communiqué 13 mai 2016)

réduction de presque 100 %. Et connaissant la relation qui existe entre la concentration du plomb dans l'air et le sol d'une part et sa concentration dans le sang humain de l'autre, on mesure l'importance de réorganiser la filière des BU. Afin de remédier à ce problème le MdE a lancé une initiative pour la mise en place d'une filière de valorisation écologique des batteries usagées (Encadré 7.6). Le MdE a institué le principe de **la consignation** afin de s'assurer de la reprise des batteries après leur usage par tout producteur, importateur distributeur ou détaillant ayant vendu des batteries neuves sur le marché (A.4 de l'arrêté N° 2850-15 du 10/08/2015). Les BU collectées

par ces opérateurs doivent être livrées « exclusivement aux collecteurs-transporteurs, ou aux installations spécialisées de traitement en vue de leur élimination ou de leur valorisation ».

7.3. RÉCAPITULATIF DU COÛT

L'impact de la gestion des **déchets ménagers** est estimé à environ 2 384 millions de dirhams soit **0,26% du PIB**. Ceci inclus aussi les pertes d'opportunités liées à une gestion des déchets insuffisante en montrant que la mise en place d'une gestion durable des déchets permet

Tableau 7.20. Récapitulatif du coût

	Coûts (Millions DH)	Coûts (% PIB)
Déchets ménagers et dangereux		
Déchets ménagers et assimilés		
Dommage		
7.1.2 Coût de la non-couverture de la population par la collecte	1 118	
7.1.3 Coût de la pollution des eaux souterraines	195	
7.1.4 Moins-value des terrains à proximité des dépotoirs	19	
Pertes d'opportunités		
7.1.5 Potentiel d'électricité perdu	848	
7.1.6 Potentiel de recyclage perdu		
Pertes économiques (recyclage/compostage)	189	
Pertes environnementales (économie de terrains)	15	
Sous-total	2 384	0,26%
Déchets industriels dangereux		
Perte économiques en absence d'une valorisation des HU par le secteur formel	632	
Coût de l'exposition au plomb	643	
Sous-total	1 275	0,14%
Total (déchets ménagers et dangereux)	3 660	0,40%

non seulement d'éviter les coûts environnementaux, mais aussi de retirer des gains. Il est intéressant de noter que le coût de la dégradation de l'environnement estimé par la Banque mondiale en 2000 s'élevait à 0,5 % pour les **déchets ménagers**. Bien que ces résultats soient difficilement comparables ils démontrent quand même que l'effort entrepris par le Maroc pour améliorer la gestion des déchets ménagers a clairement porté ses fruits.

L'impact des **déchets industriels dangereux** (bien que partiellement couvert dans le cadre de cette étude) est estimé à environ **1 275 millions de dirhams** soit **0,14% du PIB**. C'est un argument fort en faveur d'un engagement conséquent visant le développement de ce secteur.

L'impact des émissions de méthane sur le réchauffement climatique se trouve dans le Chapitre 9.

RÉFÉRENCES

- ADB, 2009. *Electric Bikes in the People's Republic of China. Impact on the Environment and Prospects for Growth*. ADB, 2009.
- ADEME, 2010. *Bilan des études de type analyse de cycle de vie (ACV) comparatives de techniques de traitement d'huiles noires usagées*. ADEME, 2010.
- AEE (Agence européenne pour l'environnement), 2014. *Rapport Horizon 2020 sur la Méditerranée ; Annexe 4 : Maroc*. AEE, 2014.
- AMADES (Association marocaine des déchets solides).
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2007. *Lead Toxicity What Are the Physiologic Effects of Lead Exposure?* Disponible sur : <http://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=7&po=10>.
- Attina, TM, Trasande, L., 2013. "Economic costs of childhood lead exposure in low- and middle-income countries." In *Environ Health Perspect* 121:1097-1102. 2013.

- Banque mondiale 2015. Royaume du Maroc. Quatrième Prêt de Politique de Développement du Secteur des Déchets Ménagers. Document de Programme. Rapport No. 91846-MA.
- Bassi, S. (IEEP), ten Brink, P. (IEEP), Farmer, A. (IEEP), Tucker, G. (IEEP), Gardner, S. (IEEP), Mazza, L. (IEEP), Van Breusegem, W. (Arcadis), A., Hunt, W. (Metroeconomica), Lago, M. (Ecologic), Spurgeon, J. (ERM), Van Acoleyen, M. (Arcadis), Larsen, B., Doumani, F., 2011. *Benefit Assessment Manual for Policy Makers: Assessment of Social and Economic Benefits of Enhanced Environmental Protection in the ENPI countries. A guiding document for the project 'Analysis for European Neighbourhood Policy (ENP) Countries and the Russian Federation on social and economic benefits of enhanced environmental protection'*. Brussels. 2011.
- Bouffini, S., et al., 2015. "Screening for Childhood Lead Poisoning in the Industrial Region of Fez, Morocco," *Arch Environ Contam Toxicol* (2015) 68:442–450.
- EHP (Environmental Health Perspectives), Attina TM, Trasande L., 2013. "Economic costs of childhood lead exposure in low- and middle-income countries." *Environ Health Perspect* 121:1097–1102. Disponible sur : <<http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1206424>>.
- El Bari, H., 2012. *Le secteur informel de la gestion des déchets solides au Maroc*. 2012.
- El Meknassi Youssoufi Ehssan, 2015. « Réutilisation des eaux usées traitées en agriculture ; de l'expérimentation vers un Plan directeur ». in *Atelier sur la réutilisation des eaux usées*, 17 décembre 2015.
- Fadi Doumani, Sherif Arif, Ilyes Abdeljaoued, 2014. *Cost Assessment of Solid Waste Degradation Model Guidebook*. GIZ SWEEP-Net. Tunis.
- GIEC, 1996. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre-Version révisée 1996-Manuel simplifié*.
- GIEC, 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*.
- GIZ, 2014a. *Rapport sur la gestion des déchets solides au Maroc*.
- GIZ, 2014b. *Atlas sur la gestion des déchets, code de bonne conduite*.
- HCP, 2014. *Note sur les premiers résultats du Recensement Général de la Population et de l'Habitat*.
- HCP, 2015. Maroc en chiffres. www.hcp.ma
- Horst Fehrenbach, 2005. *Ecological and energetic assessment of re-refining used oils to base oils: Substitution of primarily produced base oils including semi-synthetic and synthetic compounds; final report*. GEIR - Groupement européen de l'industrie de la régénération. 2005.
- IPC/GTZ, 2006. *Rapport final de l'étude de faisabilité relatif à l'amélioration de la gestion de la décharge publique de Tanger*.
- Khassouani CE., Allain P., Soulaymani R., 1997. « Étude de l'imprégnation saturnine des habitants de la région de Rabat (Maroc) »_(+). *Presse Médicale*, 1997, 26:1714–1716.
- Landrigan, PJ., Schechter, CB., Lipton, JM., Fahs, MC., Schwartz, J., 2002. "Environmental pollutants and disease in American children: estimates of morbidity, mortality, and costs for lead poisoning, asthma, cancer, and developmental disabilities." in *Environmental Health Perspectives*. 2002. 110(7):721–728.
- Mary E. Davis, 2009. *An Economic Cost Assessment of Environmentally-Related Childhood Diseases in Maine*.
- MdE Ministère de l'Environnement, 2012. *Étude de pré-faisabilité de création d'une filière de valorisation des batteries usées au Maroc*, rapport final.
- MdE Ministère de l'Environnement et Ministère de l'Intérieur, 2013. *Programme national des déchets ménagers, Rapport UGP - n° 7 (Période du 1er janvier au 18 avril 2013)*.
- MdE Ministère de l'Environnement, 2014. *Étude et élaboration de la stratégie nationale de l'environnement*.
- MdE Ministère de l'Environnement, 2016a. Division des programmes. *Données chiffrées sur le secteur des déchets ménagers*.
- MdE Ministère de l'Environnement 2016b. Service des déchets et sols. *Note sur le Programme national des déchets ménagers*.
- MdE Ministère de l'Environnement, 2016c. Service de la Prospective. *Statistiques sur les déchets*.
- MdE Ministère de l'Environnement, 2016d. Service des filières. *Filière de gestion des huiles usagées au Maroc*.
- Ministère de l'Intérieur, Ministère de l'Économie, Banque mondiale, 2014. *Valorisation et gestion durable des déchets au Maroc*. Banque mondiale, 2014.
- Nelson, J., 1978. "Residential choice, hedonic prices, and the demand for urban air quality." *Journal of Urban Economics* 5 (3): 357–369.
- OMS, 2003. "Assessing the environmental burden of disease at national and local levels". *Environmental Burden of Disease Series*, No. 2. OMS, 2003.

- OMS, 2004. *Comparative quantification of health risks*; chapitre 19. Disponible sur : www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/cra/en/.
- ONEE, 2012. *Rapport d'activité*.
- PorntipWongsuchotoc, Prasert Pavasant, 2009. "Used lubricating oil management options based on life cycle thinking" in *Resources, Conservation and Recycling* 53 (2009) 294–299.
- Sarraf, M., Belhaj M. and Jorio, J. 2003. *Royaume du Maroc. Évaluation du coût de la dégradation de l'environnement*. Rapport n° 25992 Banque Mondiale 2003. Washington D.C.
- SEEE Secrétariat d'État à l'eau et l'environnement, 2010. *Évaluation des expositions dues à la pollution par le mercure, le plomb et le cadmium*. Quatre rapports et un rapport de synthèse.
- SEEE Secrétariat d'État à l'eau et l'environnement KfW, 2010. *Élaboration d'un Plan directeur national de gestion des déchets spéciaux et d'une étude de faisabilité pour la création d'un Centre national d'élimination des déchets spéciaux (CNEDS)*. Rapport d'étude conceptuelle V : Gisement déchets dangereux.
- SEEE Secrétariat d'État à l'eau et l'environnement KfW, 2014. *Élaboration d'un Plan directeur national de gestion des déchets spéciaux et d'une étude de faisabilité pour la création d'un Centre national d'élimination des déchets spéciaux (CNEDS)*. Étude de faisabilité, Rapport d'enquête auprès des industries.
- Ten Brink, P. (IEEP), Bassi, S. (IEEP), Farmer, A. (IEEP), Hunt, A. (Metroeconomica), Lago, M. (Ecologic), Larsen, B., Spurgeon, J. (ERM), Tucker, G. (IEEP), Van Acoleyen, M. (Arcadis), Doumani, F., Van Breusegem W. (Arcadis), 2011. *Analysis for European Neighbourhood Policy (ENP) Countries and the Russian Federation on Social and Economic Benefits of Enhanced Environmental Protection*. Regional Report: ENPI South. A synthesis report on Algeria, Egypt, Israel, Jordan, Lebanon, Morocco, occupied Palestinian territory, Syria and Tunisia. 2011.
- UNEP, Morocco's submission, 2005. *Rapport relatif au Plomb et Cadmium*. Rapport établi avec la contribution du Centre Anti Poison et l'Institut National d'Hygiène (Ministère de la Santé). Royaume du Maroc, Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'eau et de l'environnement. UNEP, 2010.
- UNEP, 2010. Final review of scientific information on lead.
- Waste Atlas <http://www.atlas.d-waste.com>

CHAPITRE 8

LITTORAL

Saad Belghazi et Maria Sarraf

Ce chapitre présente en premier lieu le contexte général du littoral marocain (Section 8.1) puis se concentre sur l'estimation de la surpêche (Section 8.2) et de la dégradation des plages (Section 8.3) avant de conclure (Section 8.4).

8.1 CONTEXTE GÉNÉRAL DU LITTORAL

8.1.1. PRÉSENTATION DU LITTORAL

Le littoral du Maroc est composé de deux façades maritimes, la façade Atlantique avec un linéaire côtier de 2 934 km et la façade méditerranéenne avec un linéaire côtier de 512 km. Il est caractérisé par une grande diversité géomorphologique (des côtes à falaises, des terres basses, des plages, des platiers rocheux, des lagunes, des estuaires, des baies et des marais maritimes) et écologique (plusieurs dizaines de sites d'intérêt biologique et classés RAMSAR).

Pour en mesurer le poids économique, l'étude ne se limite pas au domaine public maritime¹⁵⁶, mais elle considère le territoire des communes dont les frontières sont en deçà de la limite de 20 kilomètres à partir de la mer. Les données utilisées pour classer les communes sont extraites d'une base de données élaborée par la Direction de l'aménagement du territoire.

Le littoral concentre une grande partie de l'habitat, des activités productives et de l'emploi. Le littoral concentre 58% de la population urbaine et 46% de la population totale. Selon nos estimations, en 2012, les activités économiques situées dans ces communes littorales assureraient 52 % de l'emploi et 59 % du produit intérieur brut national. Cependant, le littoral marocain connaît des pressions importantes,

¹⁵⁶ **Le domaine public maritime** est défini par la loi 81-12 comme la zone côtière constituée, *côté mer*, par les eaux territoriales (définie par la loi n° 1-73-211 du 2 mars 1973), et, *côté terre*, par le rivage de la mer jusqu'à la limite des plus hautes marées, ainsi que par une zone de 6 mètres mesurée à partir de cette limite, des phares, fanaux, balises et généralement tous les ouvrages destinés à l'éclairage et au balisage des côtes et leurs dépendances (Dahir du 1er juillet 1914 sur le domaine public tel qu'il est complété par le dahir du 8 novembre 1919).

Encadré 8.1. Impacts de l'urbanisation sur le littoral

Les principaux risques affectant le littoral sont liés à l'urbanisation. Cette urbanisation est à l'origine de rejets directs domestiques et industriels. Environ 70% des unités hôtelières et 90% des unités industrielles sont concentrées dans les communes jouxtant le littoral.

Des efforts importants sont en cours pour protéger le littoral. Des stations d'épuration des eaux usées ont été mises en place dans plusieurs grandes villes du littoral (Rabat, Casablanca, Al Hoceima), alors que d'autres se sont contentées de construire des émissaires déversant les eaux usées dans la mer après un traitement préliminaire (Tétouan, Tanger). Plusieurs unités industrielles déversent leurs effluents liquides porteurs de matières organiques et de matières chimiques polluantes dans les cours d'eaux et dans la mer (par exemple, le phosphogypse versé dans l'Atlantique à Jorf Lasfar et à Safi). Des déchets solides sont portés dans la mer avec les eaux usées. Le nettoyage des plages est épisodique, alors qu'il n'existe pas de programme de collecte systématique de la mer et du littoral des déchets solides déversés à partir du littoral ou des navires.

Un effort réel a été fourni pour aménager les plages, pour réduire la pollution des eaux et des sables et assurer un suivi de leur qualité. Toutefois, la situation n'est pas satisfaisante partout au regard des données officielles. Dans les grandes villes (Nador, Tanger, Rabat, Casablanca, Agadir) et dans certaines petites villes (Saïdia, en particulier), des programmes ont été engagés pour valoriser leur littoral (marinas, ensembles touristiques, ensembles immobiliers).

Concernant le domaine public maritime (6 mètres après la limite maximale atteinte par les vagues), de nombreuses infractions sont répertoriées (occupations illégales ; empiètement ; construction en dur de logement ou d'établissements au lieu des matériaux légers prévus par la réglementation). Un programme de délimitation du domaine public maritime a été engagé. Une police du domaine public maritime a été créée.

principalement à cause de l'urbanisation, qui provoque une dégradation des zones côtières et une pollution des sites (Encadré 8.1).

8.1.2. LE CADRE INSTITUTIONNEL RELATIF AU LITTORAL

i) Loi n° 81-12 relative au littoral

Promulguée en juillet 2015 après une longue gestation, la loi n° 81-12¹⁵⁷ relative au littoral associe les principes de

¹⁵⁷ La loi n°81-12 relative au littoral a été adoptée par le Parlement le 23 juin 2015. Elle répond à un des objectifs explicitement prescrit par la Loi-cadre portant Charte nationale de l'environnement et du développement durable. Cette loi donne une définition juridique du littoral qui intègre une partie maritime et une partie terrestre. **Les objectifs de la loi** relative au littoral sont les suivants :

- La préservation des équilibres biologiques et écologiques, du patrimoine naturel et culturel, des sites historiques et archéologiques, des paysages naturels et la lutte contre l'érosion du littoral ;
- La prévention, la lutte et la réduction de la pollution et de la dégradation du littoral et la réhabilitation des zones et des sites pollués ou détériorés ;
- La planification à travers notamment un plan national du littoral et des schémas régionaux littoraux compatibles et en parfaite harmonie avec les documents d'aménagement du territoire ;
- L'implication des associations, du secteur privé et des collectivités territoriales concernées dans la prise de décisions relatives à la gestion du littoral ;
- La garantie de la gratuité et du libre accès au rivage de la mer ;
- La promotion d'une politique de recherche et d'innovation en vue de valoriser le littoral et ses ressources.

conservation et de valorisation du littoral. Tout en tenant compte des contraintes économiques et opérationnelles, elle pose le principe d'interdiction de porter atteinte à l'état naturel du rivage de la mer. Elle institue une zone non constructible, adjacente au littoral d'une largeur de 100 m, calculée à partir de la limite terrestre de ce littoral, ainsi qu'une zone de retrait des infrastructures de transport d'une largeur de 2 000 m. Elle interdit tout rejet causant une pollution du littoral et soumet à autorisation le déversement de rejets liquides qui ne dépassent pas les valeurs limites moyennant le paiement d'une redevance. Elle garantit le droit d'accès du public au rivage de la mer et le droit de passage tout au long de ce rivage.

Elle préconise une approche **de gestion intégrée** de ce milieu sur la base de données scientifique qui prend en considération l'impact du changement climatique sur le littoral. Elle fixe, en conformité avec le Protocole de gestion intégrée des zones côtières de la Méditerranée associé à la Convention de Barcelone, les principes de la gestion intégrée du littoral en tant que processus de gestion transversal impliquant la prise en compte simultanée de différents intérêts dans le littoral, dont en particulier la prise en compte systématique de l'environnement pour toutes les décisions affectant ce territoire fragile. Elle instaure le principe d'un schéma national et de schémas régionaux

d'aménagement du littoral. Elle institue, à cette fin, une commission nationale et des commissions régionales ayant un caractère fédérateur et mobilisateur regroupant l'ensemble des composantes nationales et régionales.

L'efficacité de la loi sur le littoral est tributaire des modalités de gestion des pressions exercées sur le littoral par l'urbanisation, et notamment par les migrations internes de l'intérieur vers les côtes et par la concentration des investissements sur les zones côtières. La célérité de conception des schémas régionaux et du plan national d'aménagement du littoral constitue le seul moyen de limiter les abus associés aux dérogations aux dispositions de la loi. Des études environnementales, visant à fixer la capacité de charge du littoral, sont nécessaires pour établir des normes claires limitant les velléités d'aménagement incompatibles avec les exigences de la protection du littoral.

ii) Projet de loi relatif à la préservation des écosystèmes halieutiques et à la protection du milieu marin contre la pollution

La loi sur le littoral ne couvre pas tous les domaines susceptibles de générer des dégradations de son environnement, en particulier celles venant de la mer ou allant vers la mer. Aussi, le gouvernement a formulé un **projet de loi relatif à la préservation des écosystèmes halieutiques et à la protection du milieu marin contre la pollution**¹⁵⁸. Ce projet, toujours en cours d'adoption, s'applique « à tout navire qui se trouve dans les eaux maritimes (zone économique exclusive ; estuaire, étang ou lagune communiquant avec la mer), aux aéronefs les survolant et aux établissements ou installations ayant des activités à caractère industriel ou commercial situés sur le littoral ou susceptible d'entraîner une pollution des eaux maritimes. »

Le projet de loi interdit le principe de polluer, « sauf en cas de besoin de sauvegarde et de sécurité ou d'accord donné sous contrôle de l'administration ». Il renforce les mesures dérogatoires fixées et les fait dépendre de normes

¹⁵⁸ Voir http://www.sgg.gov.ma/portals/0/AvantProjet/63/Avp_loi_42-13_Fr.pdf.

à établir par l'Institut national de la recherche halieutique (INRH). Ainsi, il établit les règles d'attribution ou d'auto-risation des rejets directs ou indirects d'eaux usées. Les rejets sont autorisés à condition que :

- » les substances ou matières dangereuses ou nocives contenues dans ces eaux ne dépassent pas un seuil de nocivité ou de toxicité fixé par l'administration ; et que,
- » les quantités rejetées ne dépassent pas un volume déterminé par l'administration, et que
- » la qualité du milieu naturel prévu pour le déversement ne soit pas altérée par de tels rejets.

Le projet de loi établit aussi les règles de circulation des navires transportant des hydrocarbures (distance vis-à-vis des côtes ; non-passage par les aires protégées).

iii) L'effort de régulation des pêcheries

Les acteurs de la politique de la pêche sont : le Département des pêches maritimes sous la tutelle du Ministre de l'Agriculture et des pêches maritimes, l'Office national des pêches (ONP), l'INRH et l'Agence nationale de développement de l'aquaculture¹⁵⁹. Les efforts fournis et le cadre mis en place semblent converger, sur le moyen terme (cas de la pêche côtière) et sur le long terme (cas de la pêche artisanale) vers une exploitation équilibrée et maîtrisée des écosystèmes halieutiques.

Pour assurer la pérennité de ses ressources halieutiques, le Département de la pêche maritime a lancé en 2009 sa Stratégie halieutique, mettant en œuvre le « Plan

¹⁵⁹ L'INRH est chargé d'entreprendre des études, des actions expérimentales et des travaux en mer ou sur les côtes ayant pour objectifs l'amélioration de la gestion des ressources halieutiques et aquacoles ainsi que leur valorisation. L'Office National des Pêches assure la gestion des marchés de première vente des produits de la mer, l'ONP se trouve à un croisement inéluctable de rencontre de tous les acteurs de la filière. Il est, de ce fait, l'outil d'intervention au sein de la filière au service de la politique nationale de promotion et de développement de la pêche côtière et artisanale. L'Agence nationale de développement de l'aquaculture participe à la mise en œuvre de la politique du gouvernement en matière d'aquaculture. Elle propose des plans d'action en application de la stratégie nationale des pêches et assure la promotion des produits de l'aquaculture.

Halieutis »¹⁶⁰. La Stratégie Halieutis a pour ambition de **tripler le PIB du secteur à l'horizon**. Elle vise la modernisation de la flotte de pêche, des infrastructures portuaires et des industries de transformation. La stratégie s'articule autour de trois axes majeurs : la durabilité de la ressource, la performance et la compétitivité du secteur. Elle vise aussi à la création de trois pôles d'excellence (Agadir, Dakhla-Laayoune et Tanger) qui devraient attirer des investissements de 10,5 milliards de dirhams. Le dispositif mis en place vise à établir l'équilibre entre l'effort de pêche et l'état de la ressource, grâce à des aménagements délimitant des zones et des périodes où il est permis ou interdit de pêcher pour respecter les périodes de fécondation du poisson et de développement des juvéniles.

Pour atteindre ces objectifs, des mesures ont été prises pour améliorer le cadre institutionnel, développer le **système de contrôle** et mettre en place une traçabilité tout au long de la chaîne de valeur. Un dispositif de suivi en temps réel des navires et d'enregistrement informatisé de leurs débarquements a été mis en place¹⁶¹. Les mesures de

¹⁶⁰ Les idées clés du Plan Halieutis pour faire de la ressource halieutique, un patrimoine naturel durable sont de :

- a. soumettre toutes les pêcheries à vocation commerciale à un plan d'aménagement sur la base de quotas ;
- b. mettre en place un système de contrôle efficace en mer, et notamment assurer le débarquement dans des points contrôlés sur le territoire national de toutes les captures, sachant le risque de transbordement et de vente des produits à des bateaux débarquant à l'étranger ;
- c. améliorer le contrôle à terre, tout le long de la chaîne de valeur, notamment en structurant et équipant les ports de pêche, notamment en soumettant les enceintes portuaires à l'ONP, désigné comme l'opérateur global chargé du suivi des débarquements et de la commercialisation ;
- d. développer deux branches de l'aquaculture, la pisciculture et la conchyliculture.

¹⁶¹ Ces mesures viennent en application du nouveau cadre institutionnel, marqué par l'adoption de la loi INN. Celle-ci a été publiée au Bulletin officiel n° 6262 du 5 juin 2014. Elle établit les dispositions destinées à prévenir et lutter contre la pêche illicite, non déclarée et non réglementée. Elle actualise et complète le règlement sur la pêche maritime établi en 1973. Désormais, celui-ci couvre tous les acteurs de la pêche, commerciale ou de loisir, avec ou sans navire. Il interdit la vente du produit de la pêche de loisir. Il fait obligation aux bénéficiaires de licence de pêche aux fins de pratiquer une pêche commerciale, de tenir des registres sur les pêches, de déclarer la date, la zone, le volume et la nature des espèces pêchées avant leur mise sur le marché. Il astreint la pêche de loisir au respect de la réglementation en vigueur. Il définit des règles qui favorisent un meilleur contrôle de la commercialisation des produits de la pêche. Il responsabilise les armateurs et les capitaines de navire. Il précise les modalités assurant le respect de la réglementation des prescriptions sur la pêche INN. Il aggrave les pénalités et les amendes.

contrôle et de sensibilisations ont été orientées vers tous les segments de la pêche, halieutique, côtière et artisanale. Les professionnels du secteur notent des difficultés pour recenser et suivre tous les opérateurs de la pêche artisanale, ainsi que le contrôle de l'exploitation des algues et des mollusques¹⁶². Dans l'ensemble, les représentants de la pêche côtière et halieutique, considèrent que le nouveau dispositif de planification, de contrôle et de surveillance de l'effort de pêche permettra de mettre un terme à la surexploitation des ressources halieutiques. Toutefois, la récupération des stocks perdus nécessitera plusieurs années¹⁶³.

8.1.3. DIVERSES FORMES DE DÉGRADATION

La densification de l'habitat dans les zones littorales, l'établissement sur le littoral d'activités touristiques et portuaires, la concentration des activités de pêche et de transport maritime sur certaines zones sont à l'origine de pressions exercées sur les écosystèmes vivants et les paysages. Ces pressions sont sujettes à des politiques qui visent à en limiter les effets. C'est, en effet, le dépassement des seuils tolérables, qu'il s'agisse de prélèvements d'espèces vivantes ou de ressources minérales, d'empiètements sur les aires de la vie marine et de rejets domestiques et industriels de polluants, échappant aux dispositifs de traitement des eaux usées et de collecte de déchets solides, qui induit une regrettable dégradation de l'environnement et des pertes économiques nettes.

Selon des rapports récents de la Cour des comptes¹⁶⁴ et du Conseil économique, sociale et de l'environnement¹⁶⁵ (CESE), l'aménagement et l'occupation du littoral dans les conditions actuelles non seulement ne permettent pas

¹⁶² Nos entretiens sur quelques sites de pêches artisanales, notamment à Salé et Nador.

¹⁶³ Voir l'interview de Mohamed Benjelloun, Président de la Chambre de la pêche maritime du Nord et Président d'honneur de la Confédération marocaine de la pêche côtière, in « Les Eco supplément », 18 février 2015. – Numéro spécial à l'occasion du Salon Halieutis 2015, page 10, <<http://www.leseco.ma/images/stories/1311/supplements-halieutis.pdf>>.

¹⁶⁴ Cour des comptes, Rapport annuel 2011, pages 59 à 79 in : <<http://www.courdescomptes.ma/fr/>>.

¹⁶⁵ Voir CESE, décembre 2014, Avis relatif à la saisine de la Chambre des conseillers sur le Projet de loi n°81.12 relative au littoral : <<http://www.cese.ma/Documents/PDF/Saisines/S-13-2014-Projet-de-loi-sur-le-littoral/Avis-S-13-2014-VF.pdf>>.

de le valoriser pleinement, mais exposent les écosystèmes à des pressions destructrices, telles que les prélèvements de ressources vivantes et minérales (principalement le sable des plages), le déversement d'eaux usées et d'effluents industriels et l'occupation anarchique du domaine public maritime. Malgré des résultats importants dus à l'action des pouvoirs publics et l'adoption de politiques protégeant l'environnement, notamment en matière de planification du littoral, de régulation des activités de pêche, de gestion du domaine public maritime, et de traitements et contrôle des déversements d'effluents liquides et de déchets solides dans les cours d'eau et dans la mer, certains facteurs de dégradation du littoral se maintiennent. Le potentiel de valorisation du littoral est aussi dégradé par les formes d'occupation actuelles. Ces occupations, la plupart du temps des résidences secondaires construites en dur et plus rarement des activités commerciales, ont été installées en dehors de schémas d'aménagement et d'urbanisme.

i) La situation du domaine public maritime
Concernant le domaine public maritime (6 mètres après la limite maximale atteinte par les vagues), de nombreuses infractions sont répertoriées (occupations illégales ; empiètement ; construction en dur de logements ou d'établissements au lieu des matériaux légers prévus par la réglementation). Un programme de délimitation du domaine public maritime a été engagé. Une police du domaine public maritime a été créée.

Dans son rapport de 2011, la Cour des comptes¹⁶⁶ observe que les dispositions juridiques régissant les modalités d'occupation et les conditions d'exploitation du domaine public maritime « ne sont pas systématiquement respectées. Ces comportements se traduisent par une surexploitation, voire une dégradation de ce domaine ».

Ainsi, très peu de permissionnaires respectent la nature des matériaux utilisés dans la construction qui doivent être légers. « Plusieurs cabanons d'estivage autorisés à occuper le domaine public maritime sont transformés en villas de luxe et lieux de commerce se vendant parfois à des prix élevés. Ceci a eu des conséquences négatives sur le littoral, notamment la dénaturation du paysage des plages.

¹⁶⁶ Rapport annuel 2011, pages 59 à 79 in : <http://www.courdescomptes.ma/fr/>.

Ainsi, des zones en bord de mer relevant du domaine public maritime sont « de plus en plus occupées par des résidences secondaires ou principales, par des villas et par des résidences de luxe. Dans certains cas, elles deviennent, de fait, des sites à accès réservé ».

Les zones d'estivage, au titre desquelles des Autorisations temporaires d'occupation du domaine public maritime avaient été attribuées sont détournées de leur vocation et sont transformées en zones de promotion immobilière.

ii) Assainissement liquide du littoral :
des défaillances, malgré de grands efforts
Des efforts importants sont en cours pour protéger le littoral. Des stations d'épuration¹⁶⁷ des eaux usées (STEP) ont été mises en place dans plusieurs des grandes villes du littoral (Rabat, Casablanca, Al Hoceima), alors que d'autres agglomérations se sont contentées de construire des émissaires déversant les eaux usées dans la mer après un traitement préliminaire (Tétouan, Tanger).

Six d'unités de prétraitement des eaux usées avec émissaire marin ont été achevées. Le volume des eaux traitées dans les unités de prétraitement avec émissaire marin est de 321,2 millions de m³/an, soit 42,8 % du volume total des eaux déversées dans la mer.

Cependant, plusieurs unités industrielles déversent toujours leurs effluents liquides porteurs de matières organiques et de matières chimiques polluantes dans les cours

¹⁶⁷ À titre explicatif : **Prétraitement** indique la présence d'un dégrilleur (enlèvement des déchets solides) ; **déshuileur et dessableur** (enlèvement des matières grasses et des particules solides par décantation). Les émissaires de Tétouan et de Tanger ne font que du prétraitement. Il demeure une charge en pollution biologique et chimique, après une réduction de 40 à 50 % de la DCO et de la DBO. **Traitement primaire** se réfère à l'enlèvement des matières organiques, par plusieurs procédés, avec utilisation principale du lagunage (lagunage anaérobie). **Traitement secondaire** : le lagunage pour le traitement secondaire est effectué dans des bassins appelés facultatifs, moins profonds que les bassins utilisés pour le traitement primaire. Il réduit la charge organique DBO et réduit la densité des germes pathogènes. Le même résultat peut être atteint par des stations à boues activées. **Traitement tertiaire** : le lagunage pour le traitement tertiaire est effectué par lagunage ou par boues activées. Par lagunage, il opère au moyen d'une troisième catégorie de bassins, dits bassins de maturation et caractérisés par leur faible profondeur. Ce traitement a pour but de détruire les germes pathogènes, principalement par leur exposition à la lumière pendant un temps de séjour suffisant (moins de 48 heures pour les stations à boues activées et de 21 à 24 jours pour les stations par lagunage). Un traitement phytobiologique est envisageable dans les stations de petits volumes.

Tableau 8.1. Situation de réalisation du Plan national d'assainissement liquide

	Taux de raccordement ¹⁶⁸ (%)	Nombre de villes/ centres avec STEP	Volume des eaux usées traitées ¹⁶⁹ (%)	Traitement tertiaire ¹⁷⁰ (%)
Objectifs en 2014	73	100	40	–
Objectifs en 2030	100	330	100	100
Avancement en décembre 2014	73	97 (90 STEP : 7 876 112 hab.)	38,9 (291 624 415 m ³ /an)	23,5 (37 STEP)

Source : MdE, 2014 DSPR/DGEMN « Programme national d'assainissement liquide : Tableau de bord », - décembre 2014.

Tableau 8.2. Émissaires en mer : Projets achevés et programmés

Centre	Débit STEP m ³ /jours	Procédé de traitement
Projets achevés		
Tanger	82 000	Prétraitement + émissaire en mer
Tétouan	43 400	Prétraitement + émissaire en mer
Casablanca (Al Hank)	500 000	Prétraitement + émissaire en mer
Rabat	110 000	Prétraitement + émissaire en mer
El Jadida (Régie)	95 040	Prétraitement + émissaire en mer
Agadir (Régie)	49 680	Emissaire en mer Anza 2,5 Km
Total	880 120 m³/j soit près de 321,2 millions de m³/an	
Projets programmés		
Salé	-	Prétraitement + émissaire en mer
Casablanca (nord)	-	Prétraitement + émissaire en mer
Larache (Régie)	34 560	Prétraitement + émissaire en mer

d'eaux et dans la mer (par exemple, le phosphogypse versé dans l'Atlantique à Jorf Lasfar et à Safi).

iii) Assainissement solide

En 2012, le volume des déchets solides atteignait 8,3 millions de tonnes, dont 6,7 millions provenant des ménages et 1,6 millions de l'industrie. Le taux de collecte professionnelle des déchets concernait à cette date 78 % des ménages urbains et la mise en décharge contrôlée

26 %. Un important effort est fourni pour améliorer la collecte et le traitement des déchets par le Département de l'environnement et le Département de l'intérieur en collaboration avec les collectivités territoriales. Ces efforts contribuent à la réduction des déversements de déchets solides dans la mer et sur le littoral. Une grande partie des déchets marins provient des navires, des promeneurs et des vacanciers sur les plages. Les programmes mis en place, notamment le programme « Plages propres » et la stratégie de gestion des plages déployée par le Ministère de l'Équipement contribuent à la réduction des déchets solides déversés dans la mer et sur le littoral. Malgré ces efforts, la persistance de déchets solides flottants ou à même les plages et falaises dégrade la qualité des paysages et l'attractivité des zones balnéaires et des zones de promenades sur le littoral pour une partie des touristes.

¹⁶⁸ Taux de raccordement: effectif de ménages raccordés au réseau d'adduction des eaux usées/nb total de ménages en milieu urbain.

¹⁶⁹ Volume des eaux usées traitées : quantité traitée sur la quantité totale consommée théorique (735 Mm³/an).

¹⁷⁰ Traitement tertiaire : pourcentage en nombre de STEP ou en volume.

iv) La pression sur les ressources halieutiques
Pour caractériser l'état des stocks, l'étude se réfère au dernier rapport de l'INRH, publié en 2015, relatif à l'état des stocks et des pêcheries au Maroc en 2013. La pression anthropique n'est pas le seul facteur déterminant l'état des stocks halieutiques. Outre des pressions exercées sur les organismes marins telles que la pollution des nutriments et la surpêche, il convient de considérer plusieurs phénomènes naturels¹⁷¹, dont en particulier les facteurs hydro-climatiques, déterminant la productivité des écosystèmes marins¹⁷².

Le secteur de la pêche concerne plusieurs types de pêcheries. Nous n'avons retenu que les pêcheries caractérisées par la surpêche, telles que les pêcheries de **sardines** en Méditerranée, la pêche de **l'espadon**, la pêche aux **céphalopodes** et la pêche de poisson blanc, en particulier du **merlu**. La situation des stocks des éla-smobran-ches (raies et requins) n'est pas très préoccupante, ainsi que celle des algues et de certains coquillages. Le coût de la surpêche de ces espèces n'a pu être appréhendé faute de disponibilité de données suffisantes. En définitive, le choix des espèces retenues pour l'estimation du coût global de la surpêche traduit, à la fois, la disponibilité des données et leur importance économique. La majorité des données est issue des travaux et rapports de l'INRH.

Les indicateurs utilisés pour caractériser l'état d'un stock sont principalement le rapport du stock courant au stock optimal et le rapport des prises courantes aux prises optimales.

Le stock de sardine. Tous les stocks de petits pélagiques sont de modérément à pleinement exploités, à l'exception du stock de sardine en Méditerranée qui est surexploité. En effet, le stock

de sardines en Méditerranée, en 2013, est le seul qui présente un stock courant très inférieur au stock optimal. En outre les prises courantes dépassent de 89 % les prises optimales.

Le stock d'espadon. Quant à l'espadon, les résultats de l'évaluation de son stock dans la Méditerranée indiquent toujours une situation de surexploitation. En effet, le niveau de la biomasse du stock producteur en 2013 représentait seulement 27 % du niveau optimum et le taux de mortalité par pêche actuelle est presque deux fois supérieur au niveau optimum.

Le stock de poulpe (céphalopode). Les céphalopodes représentent certainement un des stocks en péril ayant le plus d'implications financières. Les résultats de l'évaluation indiquent que le stock de poulpe est toujours en état de surexploitation bien qu'une amélioration des niveaux des captures et des indices de biomasse se soit produite au cours de ces trois dernières années. En effet, la biomasse actuelle représente uniquement 52 % du niveau de la biomasse cible B0.1 (indicateur cible fixant un seuil de précaution pour le maintien de la capacité de reproduction).

Le stock de merlu blanc. Les résultats des évaluations, basés sur la série des captures totales du stock de 1995 à 2012 et les indices d'abondance des campagnes scientifiques, indiquent que le stock de merlu blanc (*Merluccius merluccius*) est légèrement surexploité en termes de mortalité par pêche, avec des captures qui dépassent la production naturelle du stock. La mortalité par pêche actuelle est légèrement supérieure à la mortalité par pêche qui correspondrait à la biomasse durable. En effet, le taux de capture courant, en 2013, dépasse de 10 % le taux de capture soutenable. Toutefois, le volume du stock courant est seulement de 50 % du stock biologiquement soutenable.

8.2. ESTIMATION DU COÛT DE LA SURPÊCHE

8.2.1. MÉTHODOLOGIE UTILISÉE

Surpêche. On considère qu'il y a surpêche lorsque la capacité de reproduction du stock est réduite par une capture excessive. À court terme, la surpêche génère un revenu plus élevé que la pêche durable, mais induit une diminution de la productivité future du stock et par conséquent de revenu.

¹⁷¹ Les travaux de recherche de l'INRH mettent en relief l'importance de l'upwelling (phénomène de remontée des eaux froides), le processus de reproduction des espèces et la dynamique des stocks halieutiques. Voir les publications de l'INRH sur «www.inrh.ma» et en particulier, le Rapport sur les stocks halieutiques, 2013. Page 3.

¹⁷² Selon le cinquième rapport du GIEC, la concentration atmosphérique du CO₂ accroît la température et l'acidité de l'océan. Elle affecte la croissance, la reproduction et la survie des écosystèmes : changements dans la phénologie des espèces ; modification de l'abondance, de la diversité et de la productivité de la faune et de la flore marines ; modification des équilibres dans la compétition des espèces. Voir, pour plus de détails, Pörtner et al., 2014 « Ocean systems », in : <https://ipcc-wg2.gov/AR5/report/final-drafts/>.

Mesurer la surpêche. Le coût de la surpêche est mesuré par la différence entre la valeur nette des prises courantes et la valeur nette du rendement optimal et durable. Le rendement optimal est la prise exercée sur un stock optimal qui renvoie à la capacité biotique du milieu. Son volume peut être estimé par l'analyse du comportement de la ressource et de ses interactions avec l'ensemble des composantes de son environnement.

Pour calculer le coût de surpêche, l'étude se base sur les estimations de l'INRH du taux de capture (F_{msy}) optimal, c'est-à-dire du taux qui permettrait de ne pas réduire la capacité de reproduction du stock optimal (B_{msy}).

$$V \text{ (tonne)} = \text{Prises (tonnes)} * [(1-F_{msy}/F_{cur}) / (B_{cur}/B_{msy})]$$

$$R \text{ (dirhams)} = P_m \text{ (dirhams/tonne)} * V \text{ (tonne)}$$

$$VA \text{ (dirhams)} = R \text{ (dirhams)} * T \text{ (\%)}$$

Avec :

- » V (tonne) : Volume de captures en surpêche
- » R (dirhams) : Revenu brut
- » B_{msy} et F_{msy} : Stock optimal et prélèvement optimal (tonne)
- » B_{cur} et F_{cur} : Stock courant et prélèvement courant (tonne)
- » P_m : Prix moyen (dirhams/tonne)
- » T : taux de valeur ajoutée

8.2.2. RÉSULTATS DES CALCULS

Les résultats de l'estimation des pertes de valeur ajoutée dues à la surpêche pour les espèces sujettes à la surpêche et pour l'ensemble du secteur, pour l'année 2014 sont présentés ci-dessous.

Tableau 8.3. Estimation du coût de la surpêche en 2014

	Sardine	Espadon	Céphalop.	Merlu	Total
Prises en tonnes	20 010	1 439	33 516	72 019	
Valeur moyenne DH/kg	9,25	38,16	46,37	17,81	
F_{MSY}/F_{cur} (taux de capture soutenable)	0,65	0,50	0,55	0,91	
B_{cur}/B_{MSY} (Rapport du stock courant au stock optimal)	39 %	27 %	52 %	50 %	
Volume poissons perdu (Tonnes)	17 958	2 665	29 040	13 094	
Valeur annuelle perdue (millions de DH)	166	102	1 347	233	1 848
Taux de valeur ajoutée	69 %	51 %	75 %	81 %	
Valeur ajoutée perdue en 2014 (millions de DH)	115	52	1 009	188	1 365

NB : Le détail des sources pour chacune des grandeurs non surlignées est donné dans le fichier Excel.

Ainsi, en 2014, le coût de la surpêche s'établit à **1 365 millions de dirhams**. Les pertes annuelles en 2014 sur le stock de céphalopodes et sur le stock de poisson blanc représentent, respectivement, 74 % (1 009 millions de dirhams) et 14 % (188 millions de dirhams) des pertes totales. Il faudrait noter qu'il existe une pression de la pêche sur d'autres espèces dont le coût de la dégradation n'a pas fait l'objet de mesure. Il s'agit de la situation des thonidés, des crustacés et du corail.

8.3. ESTIMATION DU CONSENTEMENT À PAYER POUR UNE MEILLEURE QUALITÉ DES PLAGES

Cette section présente la méthodologie, les étapes d'estimation et les résultats relatifs au coût de la dégradation des plages en termes de revenu du secteur touristique. L'approche consiste à estimer le consentement à payer

des touristes pour une plage de « meilleure qualité » ; ceci équivaut au manque à gagner dû à une plage de moindre qualité. L'étude distingue trois catégories de touristes : les touristes étrangers, les touristes marocains résidents à l'étranger (MRE) et les touristes résidents au Maroc.

La méthodologie utilisée s'appuie sur le fait qu'il est possible d'identifier les zones balnéaires dont l'environnement est de moindre qualité. En effet, depuis, 2004, la Fondation Mohamed VI pour l'environnement attribue le label « Pavillon Bleu » aux zones balnéaires dont l'aménagement et la gestion de la plage sont conformes aux critères établis pour l'attribution du Pavillon Bleu. Ces critères sont regroupés en 4 familles : (1) information et éducation à l'environnement, (2) qualité des eaux de baignade, (3) gestion environnementale et (4) sécurité et services.

L'étude considère que la différence de prix (par nuitée) entre des catégories d'établissements d'hébergements donnant des prestations équivalentes situés dans des zones dotées du label Pavillon bleu et des zones non dotées du label Pavillon bleu est le marqueur de la qualité du littoral. Aussi, selon la méthode hédonique, l'étude a retenu l'écart de prix moyen entre hôtels de mêmes catégories situés dans des zones avec ou sans Pavillon bleu comme étant l'indicateur du consentement à payer des consommateurs pour disposer d'un environnement littoral sain¹⁷³. L'étude estime de manière économétrique le paramètre indiquant la marge de valeur additionnelle des prestations touristiques offertes dans les zones balnéaires ayant reçu le label Pavillon bleu.

L'estimation de la dégradation de l'environnement balnéaire a été effectuée selon **quatre** étapes :

Étape 1 : Estimation du revenu total généré par le tourisme ;

Étape 2 : Estimation de la part du balnéaire dans le revenu total touristique ;

Étape 3 : Estimation du consentement à payer pour un environnement balnéaire de qualité ;

Étape 4 : Calcul de la perte de revenu liée à la dégradation de l'environnement balnéaire.

Les données utilisées pour établir la dépense et la valeur ajoutée moyenne par touriste sur le littoral sont basées sur :

- » Le compte satellite du tourisme pour l'année 2014 publié par le Haut-commissariat au Plan (HCP) et établi en collaboration avec le Département du tourisme, utilisé pour l'estimation du taux de valeur ajoutée et du taux d'imposition inclus dans les dépenses du secteur touristique;
- » Le tableau de bord de l'Observatoire national du tourisme. Les données de l'observatoire donnent l'effectif des touristes étrangers et des marocains résidents à l'étranger (MRE) pour l'année 2014. Elles permettent d'estimer l'effectif des touristes résidents moyennant une hypothèse de similitude du comportement de dépenses entre ces derniers et les MRE.
- » L'étude sur la demande touristique effectuée en 2014. Les données qui y figurent permettent d'identifier la part du balnéaire dans le tourisme. Les observations de cette étude ne concernent que les touristes non-résidents, de nationalité étrangère ou MRE.
- » L'enquête sur le tourisme interne pour l'année 2014, publiée en 2016 par l'Observatoire Marocain du Tourisme, ne concerne que les touristes résidents. Elle fournit une estimation du nombre de séjours, du taux de départ en séjour touristique pour les résidents, une estimation de la dépense touristique totale et par catégorie, ainsi que le taux de touristes résidents pratiquant le tourisme balnéaire.
- » La labellisation des plages sous l'étiquette Pavillon bleu effectuée par la Fondation Mohamed VI pour l'environnement, en 2014.
- » Un ensemble de sites web pour la réservation des hôtels. Les données recueillies concernent le prix des nuitées pour une réservation du 11 au 18 juillet 2014 d'une chambre double dans des hôtels à proximité de plages, classées selon la présence ou non en 2014 du label Pavillon bleu.

En cas de différence dans les chiffres provenant de différentes sources, nous avons opté pour les données les plus récentes provenant d'enquête de terrain.

¹⁷³ Il a été procédé au croisement des données sur la qualité des eaux des plages et l'attribution du label Pavillon bleu. Un tableau est fourni en Annexe 8.2.

Étape 1 : Estimation du revenu total généré par le tourisme. Le secteur du tourisme n'est pas considéré par les comptables nationaux comme un secteur d'activité, mais plutôt comme un secteur de dépense. Sa valeur ajoutée est établie sur la base des dépenses effectuées par les touristes étrangers, les MRE et les touristes résidents.

L'étude portant sur le suivi de la demande touristique en 2014 estime le nombre de **touristes étrangers** à près de 5,4 millions de personnes et celui des **MRE** à près de 4,8 millions (Observatoire du tourisme 2014a, page 9). Ces données sont basées sur le nombre d'arrivées au Maroc. En ce qui concerne le tourisme des **résidents**, l'enquête sur le tourisme interne pour l'année 2014 indique un nombre de 23,6 millions séjours au Maroc (Observatoire du tourisme, 2014b, page 22)¹⁷⁴. La dépense globale

¹⁷⁴ Concernant le nombre moyen de séjours ou de déplacements touristiques, il convient de noter que la définition en est complexe et charrie forcément des erreurs d'observation : « *Les déplacements touristiques observés ont une définition*

du tourisme serait de 101,9 milliards de dirhams, dont 71,1 milliards liés au tourisme des étrangers et des MRE (Observatoire du tourisme 2014a, page 9) et 30,8 milliards de dirhams pour les touristes résidents (Observatoire du tourisme 2014b, page 35)¹⁷⁵. Le Tableau 8.4 illustre ces informations.

restrictive. Il s'agit des séjours d'une nuit au moins, s'ils sont effectués en hébergement marchand, et d'au moins deux nuits quand ils sont passés chez la famille ou amis à condition que les séjours ne soient pas réguliers ». Par ailleurs, signalons que l'enquête sur le tourisme interne a veillé à réduire les erreurs de sondage (voir page 9). L'enquête de cadrage qui détermine le taux de déplacements touristiques porte sur 12000 personnes. Une deuxième enquête centrée sur les dépenses porte sur 7000 personnes interrogées dans les sites touristiques. Une troisième enquête, consacrée à l'hébergement marchand, touche 5600 personnes. Une dernière enquête sur 477 personnes vise à consolider la distinction entre déplacements à but touristique et déplacements à motifs professionnels et autres.

¹⁷⁵ Il faudrait noter que selon les données du Compte Satellite du Tourisme élaboré par le HCP en collaboration avec le Ministère du tourisme, les dépenses totales sont de 107,6 milliards de dirhams, dont 75 milliards de dirhams provenant des touristes étrangers et des MRE et 32,6 milliards de dirhams provenant des touristes résidents au Maroc.

Tableau 8.4. Dépenses du tourisme au Maroc en 2014

	Dépense totale (millions DH) (a)	Estimation moyenne des dépenses (DH) (b)
Touristes étrangers et MRE	71 078	6 920 / touriste
Touristes résidents au Maroc	30 783	1 300/ séjour*
Total	101 861	

Sources: (a) Observatoire du tourisme 2014a and 2014b pour la dépense totale. (b) La dépense moyenne a été calculé sur la base de la dépense totale et le nombre des touristes (71,1 milliards dirhams/10,3 millions) pour les *touristes étrangers et MRE* ; et sur la base de la dépense totale et le nombre de séjours (30,8 milliards dirhams/23,6 millions) pour les *touristes résidents*.

Note: * Ce calcul est réalisé sur la base de la dépense totale des touristes résidents, sauf les dépenses liées aux résidences secondaires (7,9 millions dirhams) (Observatoire du tourisme 2014b, page 35). Si ces dépenses additionnelles étaient prises en compte, les dépenses moyennes des touristes résidents seraient 1640 dirhams/séjour (38,7 milliards dirhams/23,6 millions).

Selon le compte satellite du tourisme, le taux de la valeur ajoutée serait de **46 % du montant total** des dépenses du tourisme. En considérant la dépense totale liée au tourisme de 101,9 milliards, la valeur ajoutée du secteur touristique pour l'année 2014 serait de 47 milliards de dirhams. Le PIB du secteur touristique, qui comprend la valeur ajoutée du tourisme et les impôts nets de subventions sur les produits, serait donc de 59 milliards de dirhams (Tableau 8.5).

Tableau 8.5. PIB du secteur touristique en 2014

Rubriques	Millions de DH
Valeur ajoutée du tourisme	46 856
Impôts nets de subventions sur les produits	12 022
PIB du tourisme	58 877

Note : Estimation des auteurs d'après le compte satellite du tourisme de 2014 (HCP) et les publications de l'Observatoire marocain du tourisme.

Étape 2 : Estimation de la part du balnéaire dans le revenu total touristique. Pour estimer la part du balnéaire, l'étude se base sur les données de l'étude de suivi de la demande touristique en 2014. Le tableau 8.6 indique que la part du balnéaire représente 11 % des motifs du tourisme pour les étrangers et 9 % pour les MRE. Ne disposant d'aucune donnée publiée relative aux effectifs de touristes résidents, il a été considéré que le comportement des touristes résidents serait similaire à celui des MRE (soit 9 % motivés par le balnéaire).

Le tableau ci-dessous présente l'estimation des dépenses et du revenu du tourisme balnéaire qui s'élève en 2014 à près de **11,7 milliards de dirhams**. Le tableau comporte une hypothèse d'homogénéité du taux de valeur ajoutée et du taux d'imposition par dirham dépensé entre les différentes catégories de touristes, telle qu'estimé par le HCP dans le compte satellite du tourisme.

Tableau 8.6. Activités pratiquées selon le type de touriste en 2014

En % d'arrivées	Touristes		MRE
	étrangers	En % d'arrivées	
Visite de monuments, musées	40 %	Visite à des amis/famille, mariage	82 %
Promenade en ville/plage	19 %	Calme, repos, farniente	20 %
Calme, repos, farniente	17 %	Promenade en ville/plage	16 %
Randonnées	16 %	Plage	9 %
Visites à famille/amis, mariage	15 %	Visite de monuments, musées	7 %
Manifestations culturelles et artistiques	12 %	Gastronomie	4 %
Plage	11 %	Manifestations culturelles et artistiques	3 %
Gastronomie	10 %	Randonnées	2 %
Activités professionnelles	9 %	Activités professionnelles	2 %

Source : Observatoire du tourisme

Tableau 8.7. Dépenses et revenus du tourisme balnéaire en 2014

	Logés dans des hôtels		Logés chez l'habitant		Logés dans des hôtels	Logés chez l'habitant	Total
	Etrangers	MRE	Etrangers	MRE	Résidents	Résidents	
A. Nombre d'arrivées (en milliers)	4765	81	660	4765			10 271
B. Nombre de séjours (en milliers)	8993	460	943	7953	9 037	14 552	41 938
C. Nombre de nuitées (en milliers)	35470	1916	7507	87566	50 300	148 436	331 195
D. Dépenses touristiques (millions Dh)	39641	1186	4219	26031	15 061	15 722	101 860
E. Dépense moyenne par nuitée (Dh/nuitée)	1118	619	562	297	299	106	308
F. Part du tourisme balnéaire (%)	11%	9%	11%	9%	42%	42%	20%
G. Dépenses du tourisme balnéaire (millions Dh)	4361	107	464	2343	6326	6 603	20 203
H. Taux de valeur ajoutée (%)	46%	46%	46%	46%	46%	46%	46%
I. Valeur ajoutée correspondante (millions Dh)	2006	49	213	1078	2910	3 037	9 293
J. Impôts	515	13	55	276	747	779	2 384
K. PIB - tourisme balnéaire (millions Dh)	2 520	62	268	1 354	3 656	3 817	11 678

Notes :

- Les données des lignes A à G sont basées sur l'étude de suivi de la demande touristique 2014 et l'enquête sur le tourisme interne 2014, publiées par l'Observatoire marocain du tourisme, publiées respectivement en hiver et en été 2016.
- Les données de la ligne D, concernant les touristes étrangers et MRE, sont extraites de l'Observatoire marocain du tourisme « *Etude sur le suivi de la demande touristique* » page 46.
- Les données concernant les touristes résidents des lignes B à D sont extraites de la page 35 de l'Enquête sur le tourisme interne pour l'année 2014.
- Les données de la ligne F sont extraites des publications de l'Observatoire Marocain du Tourisme, pour les touristes étrangers et les MRE de l'étude de suivi la demande 2014, page 36 ; et, pour les touristes résidents, de l'enquête sur le tourisme interne pour l'année 2014 page 28 et suivantes.
- Les données de la ligne G résultent du produit de la ligne D (dépenses touristiques totales) par celle de la ligne F.
- La ligne H fournit le taux de valeur ajoutée des dépenses touristiques selon le Compte satellite du tourisme. Nous avons retenu l'hypothèse qu'il est homogène pour les différentes catégories de touristes.
- Les lignes I, J et K présentent respectivement les montants de valeur ajoutée, d'impôts et de PIB associés au tourisme balnéaire. La valeur ajoutée (ligne I) est donnée par le produit de la dépense (ligne G) et du taux de valeur ajoutée du tourisme balnéaire (ligne H). Le PIB égale la somme de la valeur ajoutée et des impôts correspondants.

Étape 3 : Estimation du consentement à payer pour un environnement balnéaire de qualité

Le consentement à payer pour la qualité des plages est mesuré à partir d'une fonction du prix des nuitées d'hôtel. Ce consentement à payer varie, évidemment, en fonction du revenu des personnes. Les personnes qui acceptent de payer des hôtels dans des zones proches de plages, consentent à payer un prix moyen plus élevé lorsque la plage dispose du label Pavillon bleu.

i) Spécification de la fonction prix de la nuitée d'hôtel proche d'une plage

Nous avons estimé une fonction du prix de la nuitée de l'hôtel où la proximité d'une plage (moins de deux kilomètres) labellisée Pavillon bleu en 2014 intervient comme un facteur expliquant la formation des prix.

L'équation représentant la fonction est de la forme :

$$\text{Log}(\text{prix_nuitée}) = a. \text{Nb_étoiles} + b. \text{Med} + c. \text{Pav_bleu} + \text{constante.}$$

La variable expliquée est le prix de la nuitée (prix nuitée) durant la période du 11 au 18 juillet 2014, pour une chambre double. Les variables explicatives sont :

- » Le nombre d'étoiles (Nb_étoiles) ;
- » L'appartenance ou non à la façade méditerranéenne (Med : variable binaire : 0 ou 1)
- » Le fait d'avoir été classé « Pavillon bleu » (Pav_bleu : variable binaire : 0 ou 1).

ii) Collecte des informations

La collecte des données a été effectuée sur Internet. Dans un premier temps, nous avons choisi un échantillon de plages dotées et non dotées du label Pavillon bleu.

Dans un second temps, l'étude a sélectionné un échantillon d'hôtels situés à moins de deux kilomètres de ces plages. Le détail des données est fourni dans l'Annexe 8.1. Seuls les hôtels classés et les établissements assimilés ont été retenus. Les données aberrantes, comportant des erreurs d'observations évidentes, ont été éliminées. Un nombre de 46 observations a été retenu, dont 16 sont des hôtels quatre

Tableau 8.8. Sélection des plages : Classement des localités selon les notations attribuées aux plages proches

Localités	Pavillon bleu en 2014	
	Oui	Non
Bouznika	X	
Mirleft, Imintourga	X	
Oualidia	X	
Safi	X	
Saidia	X	
Asilah	X	
Essaouira	X	
Larache	X	
Mdiq	X	
Plage Agadir		X
Plage Ain Diab		X
Plage Mannesman		X
Plage Tanger		X

étoiles, 10 des hôtels trois étoiles et 9 des hôtels cinq étoiles, tous situés à moins deux kilomètres des plages ciblées. L'échantillon des hôtels analysé comprend 15 hôtels sur la façade méditerranéenne et 31 sur la façade atlantique. Sur l'échantillon d'hôtels, 35 sont situés à proximité de plages ayant reçu le Pavillon bleu et 11 hôtels sont situés à proximité de plages n'ayant pas reçu le Pavillon bleu.

Tableau 8.9. Échantillon d'hôtels à proximité de plages avec le label Pavillon bleu

Nombre d'étoiles	Pavillon bleu					
	Non			Oui		
	Façade Atlantique	Façade Méditerranée	Total	Façade Atlantique	Façade Méditerranée	Total
Une étoile				1	2	3
Deux étoiles	1		1	6	1	7
Trois étoiles		2	2	5	3	8
Quatre étoiles	4	1	5	8	3	11
Cinq étoiles	1	2	3	5	1	6
Total	6	5	11	25	10	35

Le prix moyen des nuitées, en 2014, est de 1 054 dirhams. Le prix moyen de la nuitée dans la zone méditerranéenne est de 1 246 dirhams contre 962 dirhams dans la zone

atlantique. Les prix des hôtels sont logiquement croissants avec le nombre d'étoiles, variant de 406 dirhams/nuitée (hôtel une étoile) à 1 692 dirhams/nuitée (hôtel cinq étoiles).

Tableau 8.10. Prix moyen de la nuitée dans les hôtels à proximité de plages ayant reçu ou non le label Pavillon bleu en 2014

Nombre d'étoiles	Pavillon bleu			
	Non		Oui	
	Façade Atlantique	Façade Méditerranée	Façade Atlantique	Façade Méditerranée
Une étoile			294	463
Deux étoiles	704		660	783
Trois étoiles		952	643	1 021
Quatre étoiles	953	1 288	1 078	1 566
Cinq étoiles	1 276	1 872	1 584	2 285

Les détails de ce tableau se trouvent en Annexe 8.1

ii) Estimation de la fonction de prix et de la composante qualité des plages

- » L'équation estimée est d'excellente qualité. La part de la variance de l'estimation non expliquée est inférieure à 10 %.
- » Le prix de l'hôtel est expliqué principalement par les prestations offertes justifiant sa classification par le nombre d'étoiles.
- » La localisation d'un hôtel en zone méditerranéenne crée un différentiel de prix supplémentaire de 38 % par rapport aux prix des hôtels de la façade atlantique.

- » La proximité à moins de deux kilomètres d'une plage labellisée Pavillon bleu entraîne un **différentiel moyen de prix de 10 %**.

Étape 4 : Calcul du manque à gagner lié à la dégradation de l'environnement balnéaire.

Considérant que le différentiel de consentement à payer sur le prix de l'hôtel de 10 % est applicable à l'ensemble des dépenses touristiques, le « manque à gagner » dû à la qualité des plages est estimé à 1 171 millions de dirhams.

Tableau 8.11. Estimation du coût de la dégradation de l'environnement du littoral en termes de revenus du tourisme (millions DH)

	Logés dans des hôtels		Logés chez l'habitant		Logés dans des hôtels		Logés chez l'habitant		Total
	Étrangers	MRE	Étrangers	MRE	Résidents	Résidents	Résidents		
CDE du littoral en revenu du tourisme	251	6	27	136	366	388		1 171	

8.4. CONCLUSION

Pour estimer le coût de la dégradation de l'environnement du littoral, l'étude a procédé à l'estimation des pertes annuelles subies par les stocks de poissons du fait de la surpêche, et des pertes de revenu du tourisme induites par la dégradation de la qualité des plages (Tableau 8.12).

Tableau 8.12. Récapitulatif du coût

	Millions DH	% PIB
Coût de la surpêche	1 365	0,15%
Consentement à payer pour une meilleure qualité des plages	1 171	0,13%
Total	2 536	0,27%

Pour la mesure du coût de la surpêche, l'étude s'est basée sur l'analyse de l'état des stocks halieutiques en 2014, effectuée par l'Institut national de recherche halieutique (Casablanca), publiée en 2015, et sur les statistiques disponibles relatives aux prises de poissons en 2014. Le coût de la surpêche est mesuré par la différence entre la valeur nette des prises courantes et la valeur nette du rendement optimal et durable. Le rendement optimal est la prise exercée sur un stock optimal qui renvoie à la capacité biotique du milieu. Ainsi, aux prix de 2014, le coût de la surpêche s'établit à 1 365 millions de dirhams. Les pertes annuelles en 2014 sur le stock de céphalopodes représentent 74 % des pertes totales.

Pour la mesure du coût de la qualité du littoral en termes de revenus du tourisme, l'estimation a été basée sur le consentement à payer des touristes. Le consentement à payer pour disposer d'un environnement balnéaire en « meilleur état », tel qu'identifié par l'attribution aux plages du label Pavillon bleu. Ce dernier a été cerné en examinant la variation des prix des hôtels situés à proximité des plages. La proximité à moins de deux kilomètres d'une plage labellisée Pavillon Bleu se traduit par un différentiel moyen de prix de 10 %. Ainsi, sur la base des prix de 2014 le consentement à payer des touristes (ou encore le revenu virtuel non dépensé par les touristes) s'élèverait à près de 1 171 millions de dirhams. Ainsi, le coût total de la dégradation du littoral a été estimé à **2 536 millions de dirhams**, soit **0,27% du PIB**.

RÉFÉRENCES

- Agence du Partenariat pour le Progrès, 2011. *Analyse des chaînes de valeur de la filière pêche artisanale au Maroc*. Août 2011, phase 2, 203 pages. MCA Maroc, Office national des pêches.
- Banque mondiale, 2009. *The Sunken Billions: the economic Justification for Fisheries Reform*.
- Conseil économique social et de l'environnement, 2014. *Avis relatif à la saisine de la Chambre des Conseillers sur le Projet de loi n°81.12 relative au littoral*. Disponible sur : <www.cese.ma>.
- Fondation Mohamed IV pour la protection de l'environnement. *Rapport Plages propres 2014*. Disponible sur : <www.fm6e.org/>.
- Fondation Mohamed IV pour la protection de l'environnement. *Rapport Plages propres 2015*.
- HCP, 2013 Haut-commissariat au Plan. *Annuaire Statistique du Maroc 2013*.
- HCP, 2015 Haut-commissariat au Plan. *Comptes régionaux - Produit intérieur brut et dépenses de consommation finale des ménages 2013*. Disponible sur : <www.hcp.ma>.
- HCP, 2015 Haut-commissariat au Plan. *Comptes satellite du tourisme 2014*. Disponible sur : <www.hcp.ma>.
- INRH, 2013 Institut national de la recherche halieutique. *État des stocks halieutiques 2013*.
- INRH, 2014 Institut national de la recherche halieutique. *État des stocks halieutiques 2014*.
- INRH 2015 Institut national de la recherche halieutique. *Bulletin halieutique*, février 2015. Disponible sur : <www.inrh.ma>.
- MAPM, 2014 Ministère de l'agriculture et des pêches maritimes. *La mer en chiffres 2014*.
- Ministère de l'Équipement, du transport et de la logistique - Ministère délégué auprès du Ministre de l'Énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement, chargé de l'environnement. *Surveillance de la qualité des eaux de baignade : Rapport analytique 2014-2015*.
- Mohamed Benjelloun, interview, in Les Eco, 18 février 2015. – Numéro spécial à l'occasion du Salon Halieutis 2015. Disponible sur : <http://www.leseco.ma/images/stories/1311/supplements-halieutis.pdf>.
- Observatoire du tourisme. 2014a. *Étude portant sur le suivi de la demande touristique au Maroc 2014*. 60 p. Disponible sur : www.observatoiredutourisme.ma

Observatoire du tourisme. 2014b. Enquete sur le tourisme interne au Maroc. Annee 2014. Disponible sur : www.observatoiredutourisme.ma

Pörtner et alii, 2014. *Ocean systems*. Disponible sur : <https://ipcc-wg2.gov/AR5/report/final-drafts/>.

PNDM Programme national de gestion des déchets ménagers et assimilés, MEMEE. Mai 2013 (non publié).

Ragnar Arnason. *Loss of economic rents in the global fishery*. XVIIIth Annual EAFE Conference – 9 au 11 juillet 2007 – Reykjavik.

Royaume du Maroc, Cour des comptes, 2012. *Rapport annuel 2011*. Disponible sur : www.courdescomptes.ma/fr/.

Royaume du Maroc, Secrétariat Général du Gouvernement. *Loi n°81-12 relative au littoral*. Disponible sur : www.sgg.gov.ma.

Tai, L., Manchih, K., Masski, H., Benchoucha S. et Malouli Idrissi, M.. *Bulletin halieutique*, Édition de février 2015, INRH, Casablanca.



CHAPITRE 9

CHANGEMENT CLIMATIQUE

Lelia Croitoru et Maria Sarraf

Le développement économique du pays génère des émissions de plusieurs gaz à effet de serre (GES), tels que le dioxyde de carbone (CO₂), le dioxyde de soufre (SO₂) et le méthane (CH₄). Le Maroc avait déjà communiqué à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) deux inventaires GES pour les années 1994 et 2000. En avril 2016, le Gouvernement a préparé un nouvel inventaire GES, publié dans la Troisième Communication Nationale à la CCNUCC (Ministère Chargé de l'Environnement 2016). Ce dernier quantifie les émissions GES pour les années 2005, 2006, 2008, 2010 et 2012. Sur la base de cette publication, ce chapitre estime le coût global des émissions GES pour l'année la plus récente pour laquelle les données sont disponibles (2012)¹⁷⁶.

9.1. EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

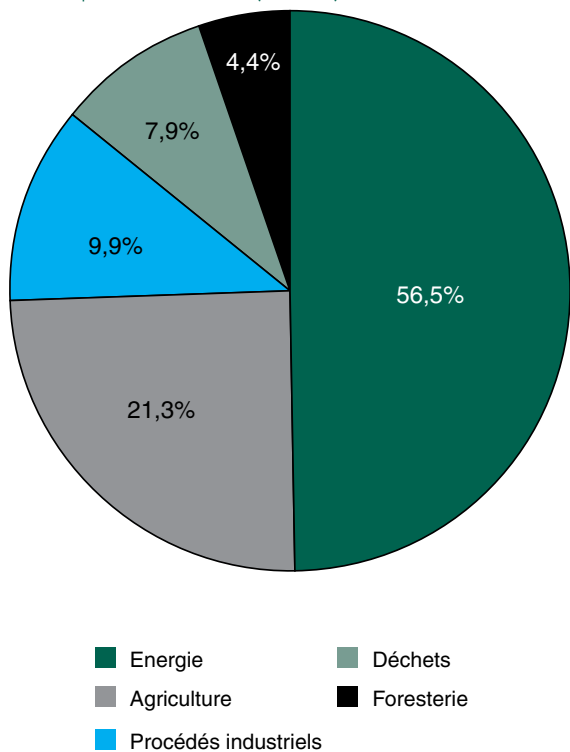
La Troisième Communication Nationale a évalué les émissions anthropiques nettes de GES au Maroc à 100,55 millions t équivalent CO₂ (Eq-CO₂) pour l'année 2012 (Ministère Chargé de l'Environnement 2016). Ces émissions sont dues aux cinq modules¹⁷⁷ : l'énergie, qui produit la majeure partie des émissions totales (57%), l'agriculture (21%), les procédés industriels (10%), les déchets (8%), et finalement la foresterie, avec une faible contribution (4%) (Figure 9.1).

Le Tableau 9.1 présente la **distribution des émissions** Eq-CO₂ par module, ainsi que les secteurs dominants émetteurs. Il convient de noter que l'industrie de l'énergie est la première responsable des émissions CO₂ de ce module, suivie par le secteur de transport. Les émissions du module agriculture sont principalement données par

¹⁷⁶ Nous supposons que les différences entre les émissions pour l'année de référence de l'étude (2014) et celles de 2012 sont négligeables.

¹⁷⁷ Le Groupe d'experts Inter-gouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) a identifié six modules émetteurs: (1) énergie, (2) procédés industriels, (3) agriculture, (4) déchets, (5) affectation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie (Ministère Chargé de l'Environnement 2016).

Figure 9.1. Répartition des émissions GES par module (2012)



Source: Ministère Chargé de l'Environnement 2016

les sols agricoles, et les processus de fermentation entérique¹⁷⁸. D'autres activités responsables des émissions Eq-CO₂ incluent la production des minéraux (ciment), la décharge des déchets solides et le changement du patrimoine forestier et autres stocks de biomasse ligneuse.

Le développement économique pendant le temps a généré une évolution croissante de ces émissions. En particulier, pendant la période 1994–2012, les émissions nettes totales ont passé de 47,9 millions t Eq-CO₂ à 100,5 millions t Eq-CO₂, enregistrant ainsi un taux de croissance moyen annuel de 4,2%. En termes relatifs, ces émissions ont passé de 1,8 t Eq-CO₂ par habitant à 3,1 t Eq-CO₂ par habitant pendant la même période (Figure 9.2a). Cependant, malgré cette croissance, les émissions par habitant générées par Maroc sont du même ordre de grandeur que celles dans d'autres pays de la région (p.ex. Tunisie, Algérie, Egypte), et considérablement plus basses que celles dans d'autres pays développés (p.ex. Canada, pays européens) (Figure 9.2b).

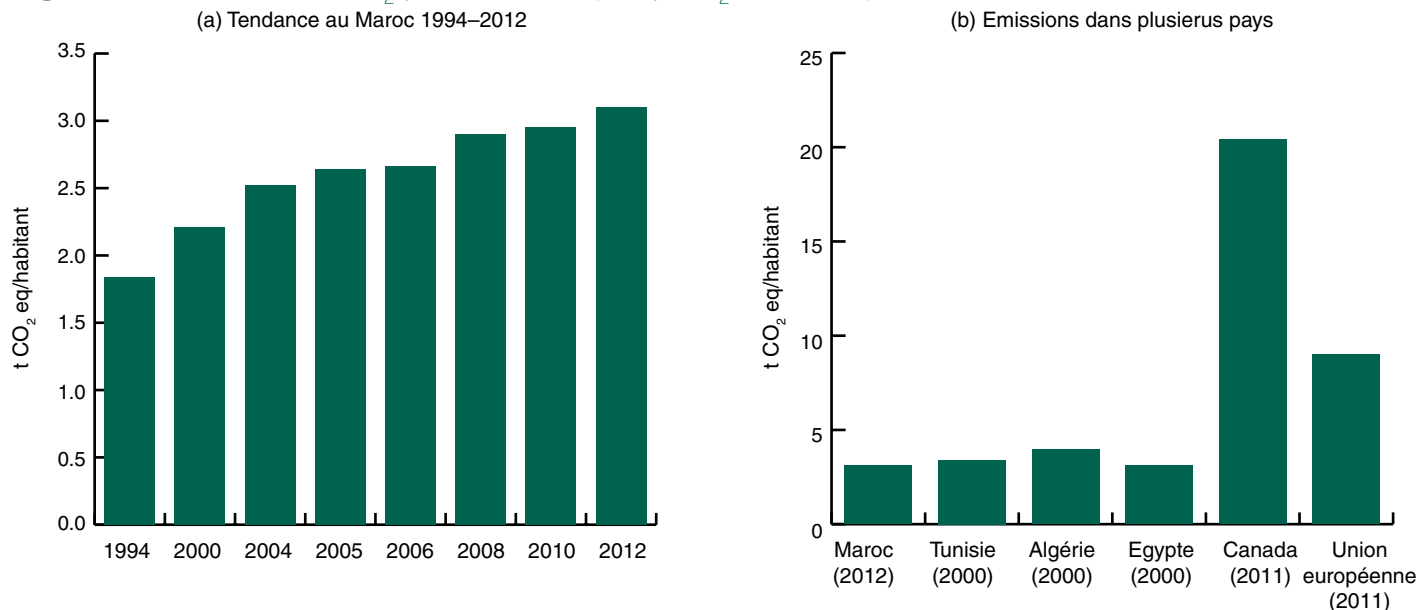
¹⁷⁸ Les sols agricoles sont à l'origine des émissions N₂O, alors que la fermentation entérique est surtout responsable des émissions CH₄.

Tableau 9.1. Synthèse des émissions Eq-CO₂ (2012)

Module émetteur	Emissions (millions tEq-CO ₂)	Secteurs dominants émetteurs par module
Energie	56,9	Industrie énergétique (41%), transport (28%), industrie manufacturière et de construction (14%), et autres.
Agriculture	21,4	Sols agricoles (63%), fermentation entérique (21%), gestion du fumier (16%).
Procédés industriels	9,9	Production des minéraux (81%) et production de métaux (19%)
Déchets	7,9	Décharges des déchets solides (82%), eaux usées et déjections humaines (18%).
Changement d'affectation de terre et foresterie	4,4	Evolution du patrimoine forestier et autres stocks de biomasse ligneuse (93%), conversion de forêts et prairies (7%).
Emissions totales	100,5	

Source : Ministère Chargé de l'Environnement 2016

Figure 9.2. Emissions CO₂ par habitant (t Eq-CO₂/habitant)



Sources : Ministère Chargé de l'Environnement (2016) pour le Maroc ; Ministère de l'Équipement et de l'Environnement (2014) pour la Tunisie ; Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme (2010) pour l'Algérie; Egyptian Environmental Affairs Agency (2010) pour l'Égypte; Gouvernement de Canada (2014) pour le Canada; Commission Européenne (2014) pour la moyenne des pays de l'Union européenne.

9.2. L'ÉVALUATION DU COUT GLOBAL DES EMISSIONS CO₂

L'évaluation monétaire des émissions de carbone peut se référer au prix du carbone sur le marché international ou à la valeur sociale du carbone¹⁷⁹. Le prix du carbone a subi une forte tendance à la baisse au cours des dernières années. De fait, le prix sur le marché européen du carbone (*European Union Emissions Trading System, EU ETS*) était d'environ 46 dirhams/tCO₂ en 2013 (5,5 \$EU ; Banque mondiale 2014a). En outre, la Banque mondiale (2014b) a attribué une valeur sociale au carbone de 253 dirhams/tCO₂ (30 \$EU) pour l'année 2015, en augmentant en termes réels jusqu'à 674 dirhams/tCO₂ (80 \$EU) pour l'année 2050.

Sur la base de ces références, on suppose que la valeur du carbone se trouve entre 46 dirhams/tCO₂ (borne

inférieure) et 253 dirhams/tCO₂ (borne supérieure). En conséquence, les émissions de carbone sont évaluées entre 4 623 millions de dirhams et 25 427 millions de dirhams. Ceci correspond à une moyenne de **15 025 millions de dirhams**, soit **1,6% du PIB en 2014**. Il convient de noter que cette estimation représente un coût global pour la communauté internationale, qui n'affecte pas la société marocaine.

RÉFÉRENCES

- Banque mondiale, 2014a. State and Trends of Carbon Pricing. Washington D.C. ECOFYS.
- Banque mondiale, 2014b. Guidance Note on the Social Value of Carbon in project appraisal.
- Commission Européenne. 2014. Sixth national communication and first biennial report from the European Union under the UNFCCC.
- Egyptian Environmental Affairs Agency. 2010. Egypt Second National Communication under the UNFCCC. Arab Republic of Egypt.
- Gouvernement de Canada. 2014. Le sixième rapport du Canada sur les changements climatiques.

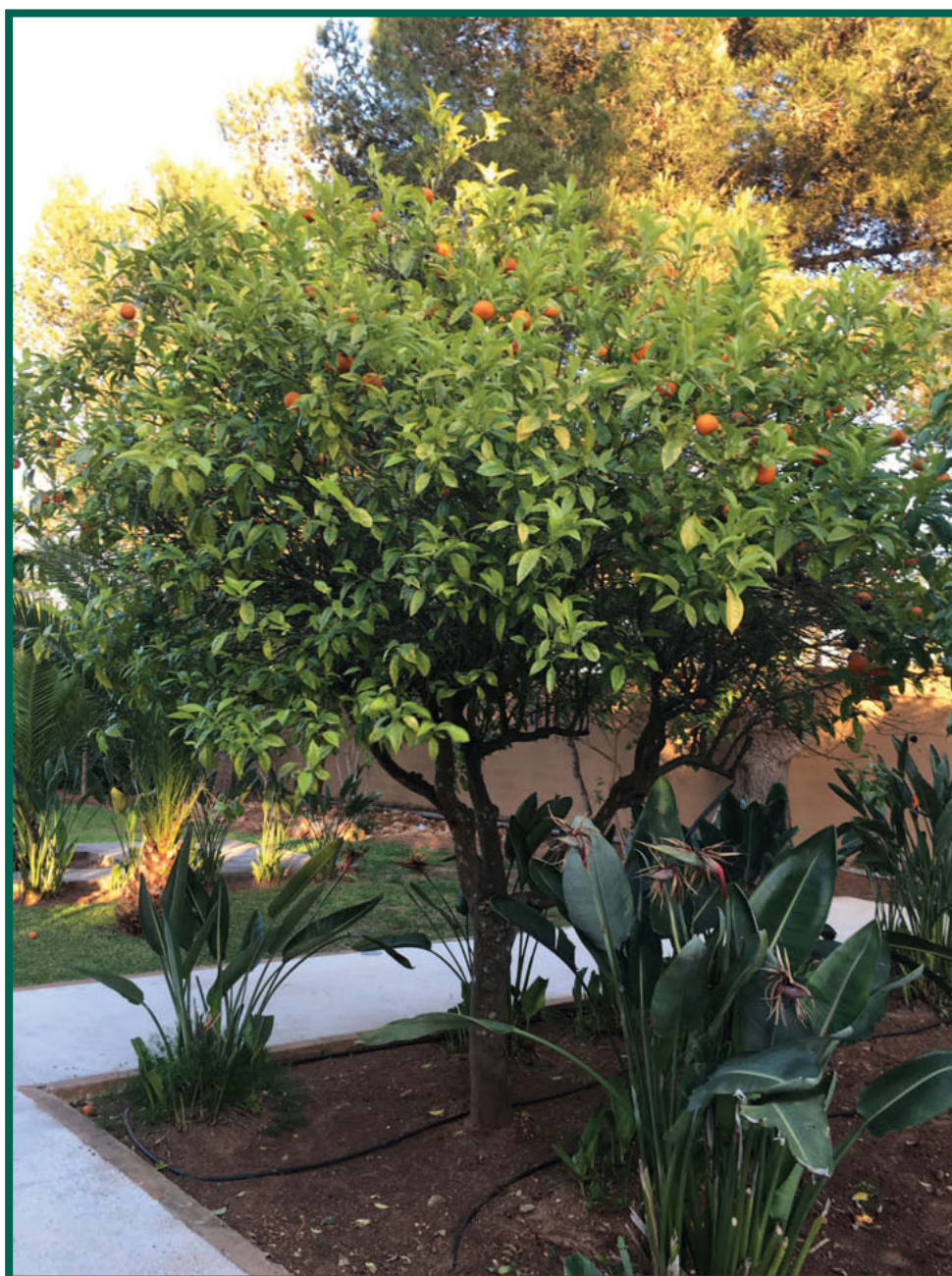
¹⁷⁹ En termes de coût marginal lié au dommage causé par l'émission d'une unité additionnelle du carbone.

Ministère Chargé de l'Environnement. 2016. Communication Nationale du Maroc à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Avril 2016.

Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme. 2010. Algerie. Inventaire national des émissions de gaz à effet de serre de l'année 2000. Programme des Nations Unies pour le Développement.

Ministère de l'Equipment et de l'Environnement. 2014. Seconde Communication Nationale de la Tunisie à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. République Tunisienne.

Observatoire marocain du tourisme. 2014. Etude portant sur le suivi de la demande touristique.



ANNEXES

ANNEXE 8.1 (RELATIVE AU CHAPITRE 8)

Prix par nuit de réservation d'une chambre double du 11 au 17 juillet 2014 selon la localisation à moins de deux kilomètres d'une plage et selon l'attribution ou non du label « Pavillon bleu » à la plage.

Pavillon bleu	Plage	Nom de l'hôtel	Prix en DH/nuit	Nombre d'étoiles	
Non	Plage Agadir	Hôtel Argana	801	4	
		Hôtel Atlantic Palace	1 276	5	
		La Suite Hôtel Boutique	982	4	
	Plage Ain Diab	Hôtel de la corniche	938	4	
		Le Lido Thalasso & SPA	1 089	4	
		Sabah	704	2	
	Plage Mannesman	Al Minzah Hôtel	1 958	5	
	Plage Tanger	Atlas Rif Front Beach Tanger	1 040	3	
		Hôtel Ryad Mogador	1 288	4	
		Royal Tulip City Center	1 786	5	
Solazur Business & Spa		863	3		
Oui	Asilah	B & B Aladino Guest house	762	2	
		Dar Manara	599	2	
		Dar Tabia	653	2	
		Hôtel de la corniche	294	1	
		Maison Les remparts	653	2	
		Olivier Marina Golf	1 306	4	
	Bouznika	Golf Bahia Beach Apartment	1 306	4	
		Jnan Dalya	544	3	
		Maison du Golf	2 013	5	
		Residence Ocean Suite	925	4	
		Résidences du Golf	1 034	4	
	Essaouira	L'Heure Bleue	1 693	5	
		Le Médina	1 211	4	
		Madada Mogador	1 277	5	
		Palais des remparts	1 066	4	
		Riad Mimouna	909	4	
		VillaMaroc	1 504	5	
	Larache	Villa Zahra	794	3	
	Mdiq	Al Cudia Smir Seaview Apartment	1 006	3	
		Côte d'or	381	1	
		La Cassia	1 489	4	
		La Ferma	968	3	
		Sary's Hôtel	783	2	
	Mirleft, Imintourga	Dar Saada	871	4	
		Mirleft Holidays	696	3	
		Titawin Home and Garden	751	2	
Oualidia	Dar Beldi	544	2		
	Hôtel l'Initiale	653	3		
Safi	Riad Asfi	529	3		
Saidia	Chambre d'hôte	544	1		
	Holiday Saidia	2 285	5		
	Iberostar	1 435	5		
	Marina Saidia	1 088	3		
	Perla	1 523	4		
	Résidence Al Waha	1 687	4		

ANNEXE 8.2 (RELATIVE AU CHAPITRE 8)

Sélection des plages : Classement des localités selon les notations attribuées aux plages proches

Localité	Note qualité des eaux de baignade en 2014		
	A	B	B
	Pavillon bleu en 2014		
	Oui		Non
Bouznika	X		
Mirleft, Imintourga	X		
Oualidia	X		
Safi	X		
Saidia	X		
Asilah		X	
Essaouira		X	
Larache		X	
Mdiq		X	
Plage Agadir			X
Plage Ain Diab			X
Plage Mannesman			X
Plage Tanger			X

Source : Royaume du Maroc - Ministère de l'Équipement, du transport et de la logistique - Ministère délégué auprès du Ministre de l'Énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement, chargé de l'environnement, « Surveillance de la qualité des eaux de baignade : Rapport analytique 2014-2015 ».

Note : La note sur la qualité des eaux de baignade va de A à C.

LE COÛT DE LA DÉGRADATION DE L'ENVIRONNEMENT AU MAROC



GROUPE DE LA BANQUE MONDIALE

1818 H Street, NW
Washington, D.C. 20433 USA
Telephone: 202-473-1000
Internet: www.worldbank.org/environment