

LE COÛT DE LA DÉGRADATION DE LA ZONE CÔTIÈRE EN AFRIQUE DE L'OUEST: BÉNIN, CÔTE D'IVOIRE, SÉNÉGAL ET TOGO

Lelia Croitoru, Juan José Miranda et Maria Sarraf



LE COÛT DE LA DÉGRADATION DE LA ZONE CÔTIÈRE EN AFRIQUE DE L'OUEST: BÉNIN, CÔTE D'IVOIRE, SÉNÉGAL ET TOGO

Lelia Croitoru, Juan José Miranda et Maria Sarraf

Avec Fadi Doumani et Jia Jun Lee

MARS 2019

© 2019 World Bank Group

1818 H Street NW Washington DC 20433

Téléphone: 202-473-1000 Internet: www.worldbank.org

Email: feedback@worldbank.org

© Tous droits réservés - 2019.

Cette publication est un produit du personnel du Groupe de la Banque mondiale. Les recherches, interprétations et conclusions exprimées dans le présent volume ne reflètent pas nécessairement les vues des administrateurs exécutifs du Groupe de la Banque mondiale ou des gouvernements qu'ils représentent.

Le Groupe de la Banque mondiale ne garantit pas l'exactitude des données incluses dans ce travail. Les frontières, les couleurs, les dénominations et les autres informations figurant sur les cartes de cet ouvrage n'impliquent aucun jugement de la part du Groupe de la Banque mondiale concernant le statut juridique d'un territoire, de l'approbation ou de l'acceptation de telles limites.

Droits et autorisations

Le contenu de cette publication est protégé par le droit d'auteur. Copier et/ou transmettre tout ou partie de ce travail sans autorisation peut constituer une violation du droit applicable. Le Groupe de la Banque mondiale encourage la diffusion de ses travaux et accorde l'autorisation de reproduire rapidement des parties du travail.

Pour obtenir l'autorisation de photocopier ou de réimprimer tout ou partie de cette œuvre, veuillez envoyer une demande avec les informations complètes au Copyright Clearance Center, Inc., 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, États-Unis, téléphone: 978-750-8400, fax.: 978-750-4470, <http://www.copyright.com/>

Toute question sur les droits et les licences, y compris les droits subsidiaires, doit être adressée à l'agent de l'éditeur, Groupe de la Banque mondiale, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, États-Unis; fax: 202-522-2625; courriel: pubrights@worldbank.org.

Photos en couverture: Banque mondiale/Vincent Tremeau.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	v
Remerciements	vii
Résumé analytique	ix
Chapitre 1: Introduction	1
Chapitre 2: Méthodologie	5
2.1. Objectif et portée	5
2.2. Que mesure le CDE?	6
2.3. Limites de l'étude	10
Chapitre 3: La pollution	13
3.1. L'air	13
3.2. L'eau	16
3.3. Les déchets	19
Chapitre 4: Les inondations et l'érosion	25
4.1. Les inondations	25
4.2. L'érosion	28
Références	32
ENCADRÉS	
Encadré 3.3.1: Les déchets électroniques (e-déchets) et les plastiques sont des préoccupations croissantes en Afrique de l'Ouest	20
CARTES	
Carte 1: Zones côtières des quatre pays de l'Afrique de l'Ouest couverts par l'étude	1
Carte 4.1.1: Inondations fluviales pendant une période de retour de 1/10 ans par pays	26
Carte 4.2.1: Taux d'érosion moyen à long terme (1984–2016) par pays	29
TABLEAUX	
Tableau 1: Estimation du CDE (en millions de USD, prix courants, 2017)	x
Tableau 1.1.1: Données socio-économiques des quatre pays ouest-africains	2
Tableau 2.2.1: Dégradation de l'environnement et méthodes d'évaluation utilisées	8
Tableau 3.1.1: Coûts de santé liés à la pollution de l'air ambiant (PM_{2.5}), 2017	16
Tableau 3.2.1: Facteurs de risque des populations côtières et des maladies d'origine hydrique	17
Tableau 3.2.2: Coût des eaux usées domestiques non traitées	18
Tableau 3.2.3: Coût de la dégradation des eaux côtières, 2017	19
Tableau 3.3.1: Coût des déchets municipaux non collectés sur la côte	21
Tableau 3.3.2: Coût de l'élimination des déchets municipaux sur la côte	22
Tableau 3.3.3: Coût de la gestion sous-optimale des déchets municipaux sur la côte, 2017	23
Tableau 4.1.1: Fonction de dommage par profondeur d'eau	27

Tableau 4.1.2: Répartition des flux et des stocks par utilisation du sol et par an (pourcentage)	27
Tableau 4.1.3: Coût unitaire par utilisation du sol (USD/ha)	28
Tableau 4.1.4: Coût économique des inondations sur la côte, 2017	28
Tableau 4.2.1: Taux d'érosion à long terme (1984–2016)	30
Tableau 4.2.2: Prix unitaire du terrain (USD/m ²)	30
Tableau 4.2.3: Coûts économiques associés à l'érosion, 2017	31
FIGURES	
Figure 1: Estimation du CDE par catégorie, 2017	ix
Figure 2: Estimation du CDE par pays, 2017	x
Figure 2.1.1: Valeurs économiques des zones côtières	6
Figure 3.1.1: Mortalité due à l'exposition à de fines particules (PM _{2.5}), par ville	14
Figure 3.1.2: Mortalité par groupe d'âge	15
Figure 3.3.1: Dépréciation de la valeur des terrains associée à l'élimination des déchets	22

AVANT-PROPOS



La dégradation de l'environnement est coûteuse pour les individus, les communautés et l'environnement. En Afrique de l'Ouest, la dégradation des côtes pèse lourdement sur la santé et la qualité de vie des populations. De la Mauritanie au Gabon, des millions de personnes sur la côte souffrent énormément à cause de l'érosion, des inondations et de la pollution. Ces phénomènes emportent des terres, des maisons et des vies. Le changement climatique et sa variabilité se caractérisent par la montée du niveau de la mer et des tempêtes plus fréquentes et violentes, ce qui aggrave les problèmes de toutes ces populations.

Quelle est l'ampleur des impacts de cette dégradation? Auparavant, lorsque les représentants de gouvernements posaient cette simple question, la réponse était souvent catégorique: "grande!". Cette étude quantifie en termes économiques la taille de cette ampleur. Par conséquent, elle devrait attirer l'attention des décideurs pour améliorer l'élaboration des politiques côtières en Afrique de l'Ouest.

Croitoru, Miranda et Sarraf apportent une contribution importante à la littérature en rendant ce travail disponible. Pour la première fois dans la région, ils présentent une approche cohérente pour estimer les impacts de la dégradation de l'environnement dans les zones côtières de quatre pays, à savoir le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Sénégal et le Togo. Leurs résultats montrent l'urgence de trouver les connaissances, de réunir les fonds et de stimuler la collaboration nécessaire pour protéger les zones côtières et éviter de futurs dommages.

Benoît Bosquet

Directeur, Environnement et Ressources Naturelles
Banque mondiale



Photo: Banque mondiale/Vincent Tremeau.

REMERCIEMENTS

Le présent rapport a été préparé par une équipe composée de Lelia Croitoru (économiste de l'environnement, consultante) et Juan José Miranda (économiste de l'environnement), sous la direction de Maria Sarraf (directrice sectorielle, Afrique de l'Ouest, environnement et ressources naturelles), avec les précieuses contributions de Fadi Doumani (économiste de l'environnement, consultant) et Jia Jun Lee (analyste de recherche).

C'est avec gratitude que l'équipe reconnaît le soutien de Benoît Bosquet (directeur), Peter Kristensen (spécialiste principal de l'environnement), Dahlia Lotayef (spécialiste principale de l'environnement) ainsi que celui des examinateurs, Richard Damania (conseiller économique principal) et Raffaello Cervigni (économiste principal de l'environnement), qui ont fourni des commentaires utiles.

Des contributions et observations précieuses ont été fournies par Idriss Deffry (spécialiste en gestion des ressources naturelles), John Dixon (économiste principal de l'environnement, retraité), Abdoulaye Gadiere (spécialiste principal de l'environnement), Medou Lo (spécialiste principal de l'environnement), Brigitte Mobongol (spécialiste de l'environnement) et Stefano Pagiola (économiste principal de l'environnement). Nous remercions tout particulièrement Madjiguene Seck (chargée de communication), Marie José Glibert (traductrice) et Will Kemp (graphiste) pour leur inestimable contribution à la publication. Le rapport a été financé par le programme de gestion des zones côtières de l'Afrique de l'Ouest (*West Africa Coastal Areas*, WACA) de la Banque mondiale.



Photo: Banque mondiale/Vincent Tremeau.

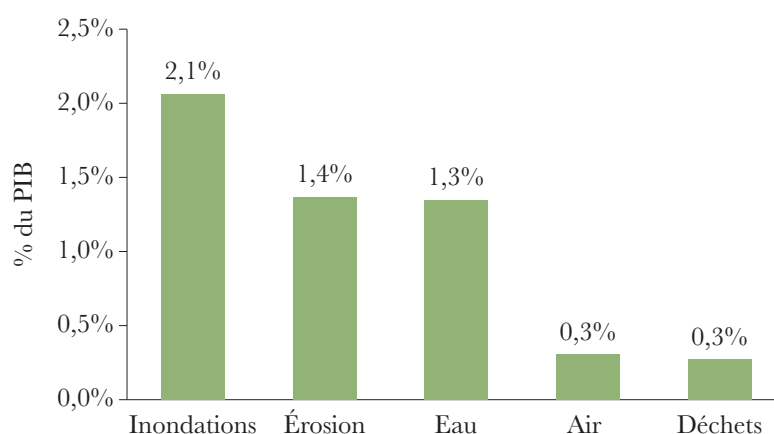
RÉSUMÉ ANALYTIQUE

Les zones côtières de l'Afrique de l'Ouest accueillent environ un tiers de la population de la région et génèrent 56 pour cent de son produit intérieur brut (PIB). Elles abritent des zones humides précieuses, des pêcheries, des réserves de pétrole et de gaz et un potentiel touristique élevé. Cependant, ces zones sont soumises à de fortes pressions: l'urbanisation rapide et la migration vers la côte ont accru la demande en terres, eau et autres ressources naturelles; les infrastructures artificielles et l'extraction de sable ont entraîné un important recul des côtes; de plus, le changement climatique et les risques de catastrophe exacerbent ces menaces. En conséquence, les zones côtières subissent une **dégradation environnementale alarmante** entraînant des décès (dus aux inondations, à la pollution de l'air et de l'eau), ainsi que des pertes d'actifs (maisons, infrastructures) et des dommages aux écosystèmes critiques (mangroves, habitat marin).

Cette étude estime en termes monétaires le Coût de la Dégradation de l'Environnement (CDE) dans les zones côtières du Bénin, de la Côte d'Ivoire, du Sénégal et du Togo.¹ Plus précisément, elle évalue les impacts de la dégradation qui se produit au cours d'une année typique, en raison de trois facteurs principaux: les inondations, l'érosion et la pollution (liée à l'eau, à l'air et aux déchets). Les résultats finaux sont exprimés aux prix de 2017. Ils sont reflétés en termes absolus (dollars américains, USD) et en termes relatifs, comme pourcentage du PIB des pays.

Au niveau régional, le CDE est estimé à environ **3,8 milliards de USD**,² soit **5,3 pour cent du PIB des quatre pays** en 2017. Les inondations et l'érosion sont les principales formes de dégradation, qui représentent plus de 60 pour cent du coût total (Figure 1). En outre, la dégradation des côtes provoque plus de **13 000 décès par an**, principalement dus à la pollution de l'eau, de l'air, et aux inondations.

FIGURE 1: ESTIMATION DU CDE PAR CATÉGORIE, 2017

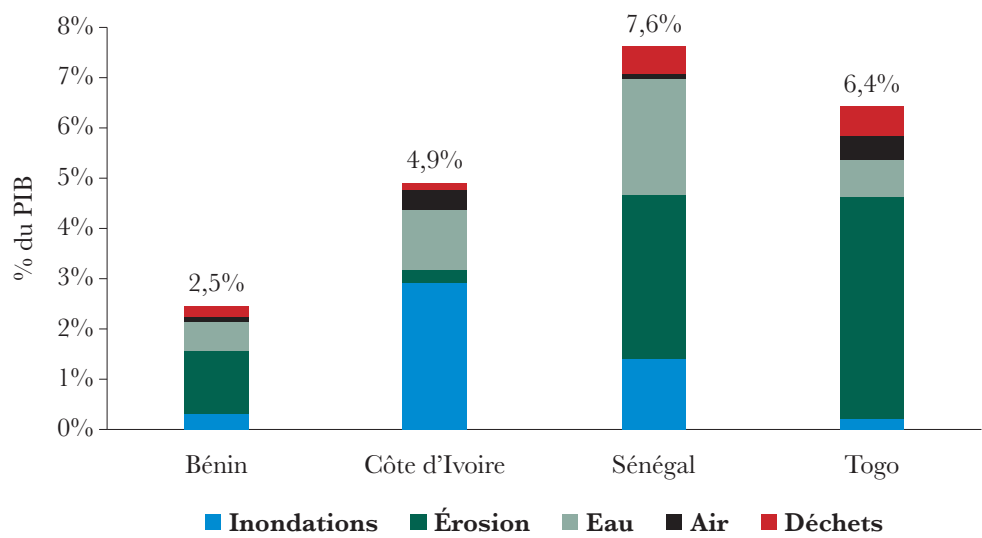


Source: Estimations de la Banque mondiale.

1 Ces pays font partie du projet d'investissement dans la résilience des zones côtières de l'Afrique de l'Ouest (WACA ResIP), qui vise à renforcer la résilience des communautés et des zones pilotes de la côte ouest-africaine. Le projet couvre le Bénin, la Côte d'Ivoire, la Mauritanie, les îles de São Tomé-et-Príncipe, le Sénégal et le Togo.

2 Si nous ajustons ce chiffre aux parités de pouvoir d'achat des pays, nous obtenons une perte totale de 10 milliards de USD, ajusté à la PPA, année 2017.

FIGURE 2: ESTIMATION DU CDE PAR PAYS, 2017



Source: Estimations de la Banque mondiale.

Au niveau national, la dégradation des zones côtières impose des coûts allant de 2,5 pour cent du PIB au Bénin à 7,6 pour cent du PIB au Sénégal en 2017 (Figure 2 et tableau 1).

Ces estimations résultent de trois facteurs majeurs affectant la zone côtière:

- » Les **inondations** dues aux fortes précipitations (inondations pluviales) et aux débordements de rivières (inondations fluviales) provoquent des morts et des dommages importants aux habitations, infrastructures et écosystèmes critiques, tels que les plages et les mangroves. Les inondations sont extrêmement nuisibles en Côte d'Ivoire, avec un coût estimé à 1,2 milliard de USD par an, principalement en raison de vastes zones touchées par les

inondations pluviales. Dans les autres pays, les zones inondées et les profondeurs d'eau associées sont inférieures, ce qui entraîne des coûts d'inondation comparativement moins élevés.

- » **L'érosion** est le résultat de facteurs naturels et humains. Certaines zones n'ont aucune érosion, d'autres ont des pertes de terres (érosion) et d'autres ont des gains en terres (accrétion). Au Bénin, en Côte d'Ivoire, au Sénégal et au Togo, environ 56 pour cent du littoral est soumis à une érosion moyenne de 1,8 mètre par an. L'érosion est le facteur le plus dommageable au Bénin, Sénégal et Togo, principalement en raison de la perte de terrains urbains de grande valeur. Le coût le plus élevé, estimé à 0,5 milliard de USD est associé au Sénégal. Dans tous les pays, on s'attend à ce que le

TABLEAU 1: ESTIMATION DU CDE (EN MILLIONS DE USD, PRIX COURANTS, 2017)

	Bénin	Côte d'Ivoire	Sénégal	Togo
Inondations	29	1183	230	10
Érosion	117	97	537	213
Eau	53	485	375	36
Air	10	166	17	23
Déchets	20	53	90	28
Total	229	1985	1250	310

Source: Estimations de la Banque mondiale.

coût de l'érosion augmente considérablement dans les années à venir, puisque le phénomène est susceptible d'affecter de plus grandes zones urbaines.

- » La **pollution** liée à l'air, à l'eau et aux déchets pèse lourdement sur la santé et la qualité de vie des personnes. Son coût peut atteindre 0,7 milliard de USD en Côte d'Ivoire. Dans les quatre pays de l'étude, le manque d'approvisionnement adéquat en *eau*, l'assainissement déficient et l'hygiène inappropriée sont des facteurs particulièrement nocifs, causant plus de 10 000 décès par an; ils touchent principalement la *Côte d'Ivoire* et le *Sénégal*, où ils génèrent plus de 4000 décès par pays. La pollution de l'*air* et la gestion sous-optimale des *déchets* sont également des formes de dégradation importantes, mais considérablement sous-estimées: le coût de la pollution atmosphérique (2500 décès) concerne uniquement les impacts des particules fines dans les capitales des pays, alors que le coût des déchets n'en couvre que les effets de la collecte insuffisante et d'élimination inappropriée des déchets municipaux.

Enfin, il convient de noter que les **limitations de données** ont empêché d'estimer plusieurs coûts liés à la pollution de l'air (par exemple, les impacts de la pollution de l'air dans d'autres villes que les capitales des pays; les polluants atmosphériques autres que les PM_{2,5} ambiantes); la pollution de l'eau (par exemple, les dommages causés par le rejet d'eaux usées agricoles et industrielles non traitées); la gestion des déchets (dommages causés par l'élimination inappropriée ou insuffisante de déchets médicaux, industriels, de construction et de démolition, et électroniques);

les inondations (par exemple, les dommages causés par les inondations dues à la montée du niveau de la mer et aux ondes de tempête); et l'érosion (par exemple, le ralentissement de la croissance du PIB à l'avenir en raison de moins d'immobilier sur la zone côtière).

Par conséquent, les résultats de cette étude doivent être considérés comme des estimations **prudentes**, qui ne capturent que partiellement la totalité du CDE. Pour affiner et compléter ces estimations, il serait important que les travaux futurs couvrent les aspects susmentionnés, les effets du changement climatique sur les inondations et l'érosion, ainsi que les impacts combinés de l'érosion et du changement climatique sur la disponibilité de l'eau.

L'étude démontre que les inondations, l'érosion et la pollution sont des défis majeurs pour les zones côtières de l'Afrique de l'Ouest. Ils causent la mort, réduisent la qualité de vie des citoyens et entraînent des dommages économiques considérables représentant plus de 5,3 pour cent du PIB des quatre pays. Développer tôt la résilience des côtes permettra de réduire ces dommages et d'économiser des milliards de USD en dommages futurs. Le programme de gestion des zones côtières de l'Afrique de l'Ouest (*West Africa Coastal Areas*, WACA) récemment mis en place est conçu pour créer des communautés côtières résilientes. Le programme investit dans les murs de protection, les brise-lames, les barrières de sable, la protection des routes, la restauration de la mangrove, la reconstitution des plages et la prévention de la pollution.

Investir dès maintenant dans l'adaptation côtière évitera de perdre des milliards de USD en dommages à l'avenir.



Photo: Banque mondiale/Idriss Defry.

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

La côte ouest-africaine, qui s'étend de la Mauritanie au Gabon, couvre 17 pays,³ dans lesquels les situations économique, politique et conflictuelle sont diverses. La zone côtière abrite un tiers de la population et génère 56 pour cent du PIB (UEMOA, 2010). Cette étude couvre quatre pays (Bénin, Côte d'Ivoire, Sénégal et Togo), avec une population totale de 56 millions d'habitants et un littoral de 3400 km (Carte 1). Les zones côtières de ces pays — définies comme tous les districts de la côte — abritent 36 pour cent de la population totale des pays (tableau 1.1.1).

CARTE 1: ZONES CÔTIÈRES DES QUATRE PAYS DE L'AFRIQUE DE L'OUEST COUVERTS PAR L'ÉTUDE



Source: Le staff de la Banque mondiale, sur la base de CIESIN Gridded Population of the World (GPWv4) (2015) et ESA Global Land Cover (2015).

3 Ces pays sont le Bénin, le Cap Vert, le Cameroun, la Côte d'Ivoire, la Guinée Équatoriale, le Gabon, le Ghana, la Guinée, la Guinée-Bissau, le Libéria, la Mauritanie, le Nigéria, les îles de São Tomé-et-Príncipe, le Sénégal, la Sierra Leone, la Gambie et le Togo.

TABLEAU 1.1.1: DONNÉES SOCIO-ÉCONOMIQUES DES QUATRE PAYS OUEST-AFRICAINS

Pays	PIB (USD/ capita)	Population totale (millions)	Littoral (km)	Districts côtiers (#)	Population côtière (millions)	Population côtière (% du total)	Population côtière urbaine (% de la population côtière)
Bénin	830	10,9	121	5	1,9	17	97
Côte d'Ivoire	1662	22,7	590	8	8,2	36	57
Sénégal	1033	15,0	2640	15	7,8	52	61
Togo	617	7,2	56	2	2,0	28	100
Moyenne/ Total	1196	55,7	3407	30	19,9	36	67

Sources: data.worldbank.org; CIESIN Gridded Population of the World (GPWv4) (2015) et ESA Global Land Cover (2015).

Ces zones côtières abritent des zones humides précieuses, des pêcheries riches, des réserves de pétrole et de gaz et un potentiel touristique élevé (UNIDO, 2011). Cependant, elles subissent de fortes pressions: l'urbanisation rapide et la migration vers la côte ont accru la demande en terres, en eau et en autres ressources naturelles (Banque mondiale, 2015a); les infrastructures artificielles et l'extraction de sable ont contribué à un recul important du littoral, qui pourrait atteindre 10 mètres par an dans les zones très vulnérables (Giardino et al., 2017); de plus, le changement climatique et les risques de catastrophe exacerbent ces menaces. En conséquence, les zones côtières subissent une grave dégradation de l'environnement entraînant des morts (dues à la pollution de l'air et de l'eau), des pertes d'actifs (maisons et infrastructures) et des écosystèmes critiques (mangroves). Par exemple, les inondations au Sénégal toucheraient 200 000 personnes par an; alors que les inondations extrêmes en 2009 ont causé des dommages de 104 millions de USD seulement à Dakar.⁴

Sensibiliser sur l'ampleur de la dégradation des côtes est une étape cruciale vers l'adoption de changements positifs. Cette étude contribue à cette nécessité en **estimant en termes monétaires le Coût de la Dégradation Environnementale (CDE) des zones côtières** de certains pays d'Afrique de l'Ouest⁵ : Bénin, Côte d'Ivoire, Sénégal et Togo.

Ces pays font partie du Projet d'investissement pour la résilience des zones côtières de l'Afrique de l'Ouest (WACA-ResIP), qui regroupe six pays⁶ et vise à renforcer la résilience des communautés et des zones côtières de l'Afrique de l'Ouest. Les quatre pays ont été sélectionnés en raison d'une meilleure disponibilité des données sur les problèmes côtiers par rapport aux autres pays du projet, fournies par l'évaluation des risques effectuée par International Marine & Dredging Consultants (IMDC), des plans d'investissement multisectoriels et des statistiques nationales, etc. Dans l'ensemble, l'estimation du CDE en termes monétaires donnera une indication de l'ampleur réelle des dégâts et de l'urgence des mesures à prendre pour protéger les zones côtières. Le chapitre 2 fournit un aperçu des méthodes utilisées pour estimer le CDE et les limites de l'étude. Le chapitre 3 évalue les impacts de la pollution, tandis que le chapitre 4 aborde le coût des inondations et de l'érosion sur la côte.

⁴ <https://www.gfdr.org/senegal>

⁵ Cette étude actualise et complète les travaux antérieurs sur le coût de la dégradation de l'environnement en Mauritanie (Banque mondiale, 2017) et au Togo (Banque mondiale, 2015b).

⁶ Le projet couvre le Bénin, la Côte d'Ivoire, la Mauritanie, les îles de São Tomé-et-Príncipe, le Sénégal et le Togo.



Photo: Banque mondiale/Vincent Treméau.



Photo: Banque mondiale/Vincent Tremeau.

CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE

Un cadre méthodologique solide est nécessaire pour garantir que les coûts imposés à la société par la dégradation de l'environnement soient saisis de manière aussi précise et cohérente que possible. Ce chapitre décrit la méthodologie utilisée pour estimer le CDE. La section 2.1 présente l'objectif et la portée d'évaluation environnementale ; la section 2.2 expose la cohérence méthodologique et les méthodes d'évaluation utilisées ; quant à la section 2.3, elle illustre les limites de l'étude.

2.1. OBJECTIF ET PORTÉE

Cette étude vise à estimer en termes monétaires le CDE annuel des zones côtières du Bénin, de la Côte d'Ivoire, du Sénégal et du Togo. Elle évalue les dommages à trois niveaux : *économique*, tels que les dégâts aux actifs (tels que les bâtiments et les routes) dus aux inondations côtières ; *environnemental*, par exemple la valeur esthétique réduite dans les zones situées à proximité de sites de décharges insalubres ; et *social*, tels que les décès prématurés causés par l'exposition à des niveaux élevés de pollution de l'air et de l'eau.

Il convient de noter que certaines activités ont des impacts à court terme : par exemple, la pollution de l'eau cause souvent des problèmes de santé (comme la diarrhée et l'allergie cutanée) allant de quelques jours à plusieurs semaines. D'autres activités ont des impacts à long terme, par exemple, les pertes d'actifs entraînées par l'érosion des zones côtières. Cette étude estime la valeur actualisée des impacts actuels et futurs causés par des activités ayant eu lieu au cours de la dernière année pour laquelle des données sont disponibles. L'analyse utilise un taux d'actualisation de 3 pour cent en raison de la grande importance accordée aux impacts futurs de l'érosion et un horizon temporel de 30 ans.⁷ Les résultats sont exprimés en prix de 2017. Ils sont reflétés en valeur absolue (USD) et en termes relatifs, comme pourcentage du PIB des pays.

⁷ En supposant qu'une personne d'âge moyen bénéficiera de services environnementaux pendant encore 30 ans.

L'étude estime les impacts de la dégradation de l'environnement survenue en 2017 en raison de la *pollution* (liée à l'air, à l'eau et aux déchets), des *inondations* et de l'*érosion* sur la côte. Elle se concentre sur la dégradation induite tant par l'homme (pollution de l'air à la suite des activités industrielles, pollution de l'eau par le rejet d'eaux usées non traitées), que par les facteurs naturels (tels que les inondations).

En tant que telles, les valeurs estimées fournissent une image plus complète de la situation de la dégradation de l'environnement par rapport à d'autres travaux du CDE axés principalement sur la dégradation induite par les activités humaines (Croitoru et Sarraf, 2010). Par exemple, le fait de savoir que les inondations pourraient causer des dommages importants sur les côtes déclencherait un appel urgent en faveur de l'installation de mesures de protection, ce qui n'aurait pas été le cas si le CDE n'avait couvert que les pertes causées par l'homme.

En outre, l'évaluation du CDE couvre également, dans une certaine mesure, les effets du changement clima-

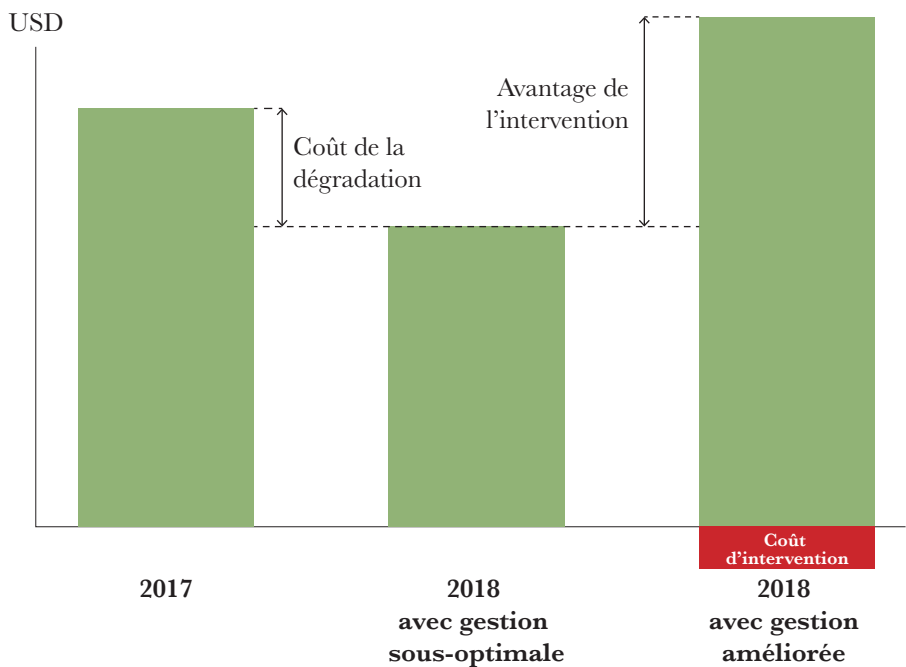
tique (par exemple, une augmentation des inondations à la suite de précipitations plus abondantes). Cependant, il est important de noter que: (i) les impacts du changement climatique ne peuvent pas être séparés de ceux d'autres facteurs; (ii) étant donné que l'évaluation ne porte que sur une année, ces impacts seront probablement mineurs.⁸

2.2. QUE MESURE LE CDE?

La figure 2.1.1 illustre la valeur économique des zones côtières. À tout moment, ces zones offrent certains avantages (tels qu'une production industrielle et agricole, une valeur récréative), en fonction du type de gestion et du contexte socio-économique. La première colonne montre la valeur économique de ces avantages pour une année donnée.

La deuxième colonne présente la valeur de ces avantages pour l'avenir; ils sont supposés être moins élevés à cause de la dégradation, en raison d'une gestion sous-optimale (par exemple, évacuation des eaux usées municipales

FIGURE 2.1.1: LA VALEUR ÉCONOMIQUE DES ZONES CÔTIÈRES



Source: Pagiola et al. (2004).

8 Pour incorporer les impacts globaux du changement climatique sur la côte, une étude devrait utiliser des projections d'impacts sur un horizon temporel beaucoup plus long (par exemple, de 30 à 50 ans).

non traitées, ou pollution de l'air causée par des activités industrielles), ou à des facteurs naturels, accrus par le changement climatique (par exemple, l'érosion côtière et les inondations). La différence entre les deux valeurs représente le coût des dommages causés par la dégradation actuelle, à savoir le CDE.

Il est important de noter que les coûts de dégradation ne font qu'indiquer l'étendue des dégâts et les zones nécessitant des interventions urgentes pour être améliorées. Ils ne fournissent aucune information sur le meilleur choix d'interventions ou leur rentabilité. La troisième colonne en est le reflet, montrant que la rentabilité des interventions doit être mesurée en comparant leurs avantages aux coûts d'intervention.

Cette étude estime **uniquement le CDE**, à travers la différence entre la première et la deuxième colonne. Les interventions potentielles pour l'amélioration de l'environnement sont identifiées et leur rentabilité est évaluée dans l'analyse coûts-avantages du document d'évaluation du projet WACA ResIP (Banque mondiale, 2018a).

2.2.1. COHÉRENCE MÉTHODOLOGIQUE

L'étude estime les dommages causés aux biens et services ayant une valeur marchande (tels que maisons et terrains perdus à cause de l'érosion), et à d'autres qui ne l'ont pas (tels que la pollution due aux déchets municipaux non collectés). Alors que l'évaluation des biens marchands tend à être simple (par exemple, en utilisant le prix du marché après avoir éliminé les distorsions), il est souvent difficile d'estimer la valeur des biens et services non marchands. Cela a longtemps été reconnu dans la littérature environnementale et un large éventail de méthodes d'évaluation ont été développées (Dixon et al., 1994; Freeman, 2003; Willis et Garrod, 2012; Johnston et al., 2015). Dans un exercice d'évaluation tel que le CDE, il est essentiel d'assurer la **cohérence des méthodes d'évaluation pour obtenir des résultats valides**.

Les méthodes d'évaluation existantes sont généralement divisées en approches basées sur la courbe de demande, qui cherchent à estimer la valeur des biens et services en mesurant de manière explicite la demande des consommateurs, ou leur consentement à payer (CAP), et en

approches non basées sur la courbe de demande, évaluant les dommages environnementaux via des méthodes basées sur les coûts, tels que le coût de remplacement (Markandya et al., 2002). Dans les cas où aucun prix du marché n'est disponible pour estimer la valeur des dommages, la présente étude utilise des approches basées sur la courbe de demande (mesures du CAP) pour évaluer les impacts de la dégradation de l'environnement. Par exemple, le coût dû aux déchets municipaux non collectés est estimé par le biais du CAP de la communauté pour une collecte améliorée. Seulement dans deux cas, l'étude applique des méthodes fondées sur les coûts,⁹ tout en veillant à ce qu'elles fournissent des résultats prudents par rapport à d'autres mesures du CAP.¹⁰

Les approches basées sur la courbe de demande comprennent : des méthodes des préférences révélées, basées sur l'observation du comportement réel des consommateurs sur les marchés des biens et des services; et les méthodes des préférences déclarées, basées sur l'estimation du CAP des consommateurs pour un bénéfice, ou le consentement à recevoir (CAR) une compensation pour une perte (Bateman, 1994). Les mesures basées sur le comportement observé sont généralement préférées à celles reposant sur un comportement hypothétique, ce dernier pouvant entraîner des réponses biaisées. En outre, la perception de la valeur du service (dommage) diffère selon que l'on utilise le CAP ou le CAR. Le groupe d'experts de l'Administration nationale des océans et de l'atmosphère (*National Oceanic and Atmospheric Administration*, NOAA) a suggéré que le CAP devrait toujours être utilisé pour évaluer un service; il est généralement avancé que cela constitue l'option la plus conservatrice, et par conséquent, préférée (Arrow, 1993; Carson et al., 1996). Cette étude utilise **l'approche du CAP**, dérivée des études disponibles dans les quatre pays ou dans la région de l'Afrique de l'Ouest.

9 Il s'agit d'une approche fondée sur les revenus perdus (pour évaluer le coût de la morbidité d'origine hydrique) et sur le coût du traitement des eaux usées (pour évaluer l'impact du rejet des eaux usées non traitées).

10 Une attention particulière doit être portée lors de l'application de méthodes basées sur les coûts. Par exemple, lorsque les coûts de restauration sont appliqués, l'utilisation des dépenses réelles peut sous-estimer les dommages, car les remplacements substituent rarement tous les services provenant de l'écosystème d'origine; il peut aussi surestimer, si le remplacement est entrepris de manière inefficace.

TABLEAU 2.2.1: DÉGRADATION DE L'ENVIRONNEMENT ET MÉTHODES D'ÉVALUATION UTILISÉES

	Dégradation de l'environnement	Méthodes utilisées pour l'évaluation
Pollution	<i>Air</i>	
	Impact de la pollution de l'air ambiant (PM _{2,5}) sur la santé: infections des voies respiratoires inférieures; cardiopathie ischémique; accident vasculaire cérébral; maladie pulmonaire obstructive chronique; cancer de la trachée, des bronches et du poumon; et diabète sucré de type 2.	Mortalité: VVS Morbidity: CAP
	<i>Eau</i>	
	Impact de l'insuffisance de l'approvisionnement en eau, de l'assainissement et de l'hygiène sur la santé: diarrhée.	Mortalité: VVS Morbidity: revenu perdu
	Rejet d'eaux usées non traitées dans l'environnement.	Coût du traitement des eaux usées
	<i>Déchets</i>	
	Dommages dus aux déchets municipaux non collectés.	CAP pour une meilleure collecte des déchets
	Dommages dus à une élimination inappropriée des déchets municipaux.	Prix hédoniques
Inondations	Dommages aux actifs et productivité économique Mortalité	Prix du marché VVS
Érosion	Perte d'actifs, de terres et de productivité économique	Prix du marché

Bien que la discussion ci-dessus fournit un aperçu des efforts déployés pour parvenir à une cohérence méthodologique dans cette étude, il est important de consacrer des efforts supplémentaires à examiner spécifiquement les méthodes utilisées dans le CDE et dans des études similaires, et à classer les méthodes d'évaluation en fonction de leur cohérence avec d'autres méthodes, leurs avantages relatifs, la probabilité que les données soient disponibles, et le type de biais que les estimations résultantes pourraient contenir.

2.2.2. MÉTHODES D'ÉVALUATION

Le CDE est estimé sur la base des méthodes d'évaluation résumées dans le tableau 2.2.1 et décrites ci-dessous.

La pollution de l'air. La pollution de l'air ambiant est un des principaux facteurs de mortalité et de morbidité humaine. L'exposition aux particules fines (PM_{2,5}) est particulièrement nocive pour la santé, car elle peut franchir les barrières pulmonaires et pénétrer dans la circulation sanguine.

Cette section évalue l'impact de l'exposition aux PM_{2,5} dans l'atmosphère sur la santé dans les capitales des quatre pays. En utilisant les plus récentes relations de cause à effet développées dans la littérature épidémiologique, elle estime l'impact sur la *mortalité* prématurée causée par: les infections des voies respiratoires inférieures; la cardiopathie ischémique; l'accident vasculaire cérébral; la maladie pulmonaire obstructive chronique; le cancer de la trachée, des bronches et du poumon; et le diabète sucré de type 2 (GBD 2017 Risk factor collaborators, 2018). Le coût de la mortalité est estimé sur la base de la valeur d'une vie statistique (VVS), qui reflète le CAP de la communauté pour éviter le risque de décès. En outre, le coût de la morbidité est évalué comme une fraction (10 pour cent) du coût de la mortalité, sur la base des études disponibles estimant le CAP pour la réduction de la *morbidity* due à la pollution atmosphérique (Banque mondiale, 2016; Hunt et al., 2016).

La pollution de l'eau. L'approvisionnement en eau, l'assainissement et l'hygiène insuffisants ou inappropriés peuvent affecter la santé humaine (en raison de maladies d'origine hydrique) et l'environnement (par exemple, en

raison du rejet d'eaux usées non traitées). Cette section évalue les impacts sur la *santé* liés à la charge des maladies d'origine hydrique causées par une eau insalubre dans les zones urbaines et rurales côtières des quatre pays.

Premièrement, la section quantifie la mortalité (nombre de décès prématurés) et la morbidité (nombre d'années de vie vécues avec de l'incapacité, AVI) sur la base des données tirées de l'étude 2017 relative à la charge de morbidité mondiale (*Global Burden of Disease*, GBD). Elle estime ensuite le coût économique de la mortalité (sur la base de la VVS) et la morbidité (sur la base de l'approche du revenu perdu). En outre, la section évalue l'impact des rejets d'eaux usées non traitées sur l'*environnement* à travers le coût local du traitement des eaux usées dans la région.

La gestion des déchets pose des problèmes complexes, car elle concerne un large éventail de déchets — tels que les déchets municipaux, médicaux, industriels, de démolition, électroniques — qui doivent être traités de manière distincte. Une gestion inappropriée de ces déchets peut entraîner: une réduction d'opportunités touristiques, la contamination des poissons, la pollution des nappes phréatiques et parfois même la mort de personnes. Cette section n'aborde que l'impact d'une gestion inappropriée des déchets *ménagers*.

Premièrement, les dommages dus à la collecte insuffisante de déchets ménagers sont estimés sur la base de la quantité de déchets non collectés et du CAP de la communauté pour améliorer la collecte des déchets.

Deuxièmement, le coût d'élimination des déchets dans des décharges insalubres est évalué sur la base de la dépréciation observée de la valeur des terres situées à proximité des décharges.

Les inondations. Les pays d'Afrique de l'Ouest connaissent des inondations fluviales, qui se produisent lorsque les rivières débordent sous l'effet de précipitations abondantes ou prolongées, et des inondations pluviales, qui surviennent lorsque de fortes précipitations saturant les systèmes de drainage, en particulier dans les zones plates et urbaines. L'analyse évalue l'impact des inondations fluviales et pluviales qui se produisent le long de la

côte,¹¹ à travers: (i) le coût de la *mortalité*, estimé sur la base du nombre de décès dus aux inondations et à la VVS; et (ii) *les dommages aux actifs et à la production économique*, basés sur: la zone inondée pendant une année typique, un facteur de dommage (coefficient de perte) et la valeur économique unitaire des terres. Ces indicateurs sont dérivés comme suit:

- » *La zone inondée* est calculée sur la base des résultats d'un modèle de risque d'inondation global (SSBN *Global Flood Hazard Model*) appliqué à l'Afrique de l'Ouest. Ces résultats montrent la profondeur d'eau maximale prévue pour les inondations fluviales et pluviales et la surface correspondante pendant six périodes de retour différentes (entre un an sur cinq et un an sur cent). La zone inondée est ensuite classée en zones rurales et urbaines.
- » *Un facteur de dommage*, dont l'ampleur varie en fonction de la profondeur de l'eau, est utilisé pour estimer la partie de la valeur économique perdue lors d'inondations (Huizinga et al., 2017).
- » *La valeur économique des terres* est estimée sur la base de l'évaluation des risques liés à de multiples aléas disponible sur la côte ouest-africaine (IMDC, 2018 a, b, c). Elle capture la valeur des actifs (exemple: bâtiments, routes, autres infrastructures) et des flux économiques (production industrielle et agricole) pour 2017, tant pour les zones côtières rurales que pour les zones urbaines.

L'érosion. Les zones côtières ouest-africaines sont touchées par l'érosion en raison de la croissance démographique, de l'activité économique et de l'élévation du niveau de la mer. L'estimation du coût de l'érosion suppose que les terres, les actifs et les flux économiques soient perdus à long terme.¹² L'évaluation repose sur les indicateurs suivants:

- » *La surface érodée* est estimée en tant que valeur moyenne annuelle des terres perdues du fait de

¹¹ Il ne traite pas des impacts des inondations causées par l'élévation du niveau de la mer à la suite d'exercices de modélisation limités.

¹² En réalité, ces pertes peuvent être remplacées par la reconstruction d'actifs similaires dans des zones proches. Toutefois, cela n'est souvent pas possible, par exemple, en raison de la rareté des terres (dû au taux d'urbanisation élevé sur la côte). Même lorsque la reconstruction est possible, le budget est détourné d'autres investissements qui auraient autrement été réalisés, d'où la perte d'opportunités économiques.

l'érosion, sur la base d'une étude analysant l'évolution du littoral de 1984 à 2016, en comparant des images historiques Landsat sans nuage avec une résolution de 30 m (Luijendijk et al., 2018).

- » *La valeur économique unitaire des terres érodées* tient compte de: la valeur des actifs (immeubles, routes, autres infrastructures); la valeur actualisée des flux économiques pour les 30 prochaines années; et de la valeur de la terre nue.

2.3. LIMITES DE L'ÉTUDE

L'étude a été menée entre septembre 2018 et février 2019, sur la base des informations secondaires disponibles. En raison de contraintes de temps et de budget, il n'a pas été possible de collecter des données primaires. Malgré cela, tous les efforts ont été déployés pour utiliser des données fiables et fournir des estimations comparables d'un pays à l'autre.

Il convient de noter que le **manque de données** a empêché l'estimation de plusieurs coûts liés à: la pollution de l'air (p.ex. les impacts de la pollution de l'air dans d'autres villes que les capitales des pays; les effets des polluants atmosphériques — autres que PM_{2,5} — dans les zones côtières; les impacts de la pollution de l'air intérieur sur la santé); la pollution de l'eau (dommages causés par le rejet d'eaux usées agricoles et industrielles non traitées); la gestion des déchets (dommages résultant d'une élimination inappropriée/insuffisante de déchets autres que les déchets municipaux, tels que les déchets médicaux, industriels, de construction et de démolition, déchets électroniques); les inondations (dommages causés par les inondations dues à la montée du niveau de la mer et aux ondes de tempête); et l'érosion (ralentissement de la croissance du PIB à l'avenir en raison de la diminution de l'immobilier sur la zone côtière).

Par conséquent, les résultats de cette étude doivent être considérés comme des estimations prudentes, qui ne couvrent que partiellement la totalité du CDE. Malgré ces limites, les résultats sont considérés comme des estimations raisonnables de l'ampleur du CDE, qui reflètent **les véritables priorités environnementales des zones côtières de ces pays.**

Tous les efforts ont été déployés pour que les dommages environnementaux soient estimés en appliquant des méthodes d'évaluation cohérentes, comme expliqué dans la section 2.2.1. Malgré cela, l'étude en est affectée, du fait de certaines **limitations**.

Par exemple, lorsque les données sur le CAP de la société n'étaient pas disponibles pour les quatre pays, l'évaluation reposait sur le transfert des avantages de mesures similaires en provenance d'autres pays de la région, ce qui implique un certain degré d'inexactitude.¹³ En outre, malgré les récentes améliorations considérables de la GBD 2017 par rapport à la GBD 2016,¹⁴ l'utilisation de cette méthode est toujours affectée par certaines limitations, telles que l'absence d'intégration de certains facteurs (p.ex. tabagisme) dans la stratégie de charge proportionnelle (GBD 2017 Risk factor collaborators, 2018).

Une autre limite est liée à l'évaluation de la mortalité. Évaluer la vie en termes monétaires pourrait être controversée. Le concept de VVS a été développé dans la littérature économique en utilisant le CAP des personnes pour éviter le risque de décès (Viscusi et Aldy, 2003; Viscusi et Masterman, 2017). Cependant, même si ce concept est maintenant couramment utilisé, son application reste sujette à des difficultés, par exemple: (i) dans les pays où des enquêtes primaires ont été menées, son application a souvent généré une grande variété de résultats, en fonction des approches utilisées, types d'enquêtes, etc.; (ii) dans les pays ne disposant pas d'enquêtes primaires, la VVS a généralement été obtenue par le transfert d'avantages d'une valeur d'un pays différent. C'est le cas de la présente étude, où la VVS des quatre pays a été obtenue par le transfert d'avantages d'une valeur de base des pays

13 En général, la précision du transfert des bénéfices dépend de plusieurs paramètres, tels que la fiabilité des techniques de l'étude initiale, la similarité du contexte entre le site d'origine et le site où la valeur est transférée, les caractéristiques de la population, etc. (Johnston et al., 2015).

14 Les améliorations apportées à GBD 2017 par rapport à GBD 2016 comprennent: la mise à jour des réponses d'exposition intégrées pour inclure les données de nouvelles études (p.ex., les études publiées après l'achèvement de GBD 2016, les examens systématiques de toutes les cohortes de fumeurs, etc.), l'inclusion de diabète sucré de type 2 comme nouveau résultat (basé sur une recherche systématique de la littérature scientifique), étalonnage des mesures satellites avec des mesures au sol (en utilisant un modèle d'intégration de données pour la qualité de l'air), affinement des fractions attribuables à la population en utilisant une approche proportionnelle réduisant la surestimation des risques (GBD 2017, Risk factor collaborators, 2018).

de l'OCDE, conformément aux directives de la Banque mondiale (2016). Il convient de noter que les résultats sont des estimations très conservatrices de la VVS et ne reflètent pas la valeur réelle de la vie dans ces pays.

Il convient également de noter que le CDE prend en compte à la fois les pertes de stocks (p.ex., la perte de bâti-

ments due à l'érosion) et les flux (p.ex., la perte de productivité économique) pour l'année de l'analyse, alors que le PIB est une mesure du flux annuel. Dans cette étude, exprimant le CDE en pourcentage du PIB vise uniquement à *comparer les dommages causés à un indicateur macroéconomique* bien connu et non à comparer directement les deux valeurs.



Photo: Banque mondiale/Vincent Tremeau.



Photo: Banque mondiale/Vincent Tremeau.

CHAPITRE 3

LA POLLUTION

3.1. L'AIR

La pollution de l'air ambiant est l'un des principaux facteurs de mortalité et de morbidité humaine. À l'échelle mondiale, les particules en suspension dans l'air ont causé environ 2,9 millions de décès prématurés en 2017, soit 8,6 pour cent du nombre total de décès (GBD 2017 Risk factor collaborators, 2018). En Afrique de l'Ouest, elles ont été responsables d'environ 79 800 décès prématurés au cours de la même année (IHME, 2018). Dans cette région, la qualité de l'air se dégrade de plus en plus dans les zones côtières agglomérées du fait de l'urbanisation, du transport et du développement industriel. Cette section estime en termes monétaires l'impact des particules fines¹⁵ ambiantes (PM_{2,5}) sur la santé dans les capitales des quatre pays: Cotonou (Bénin), Abidjan (Côte d'Ivoire), Dakar (Sénégal) et Lomé (Togo). Les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé dans d'autres régions n'ont pas pu être estimés en raison de la rareté des données. De plus, les effets des polluants atmosphériques autres que les PM_{2,5} n'ont pas pu être estimés non plus, en raison de la non-disponibilité d'une méthodologie robuste reliant les niveaux de concentration aux impacts sur la santé.

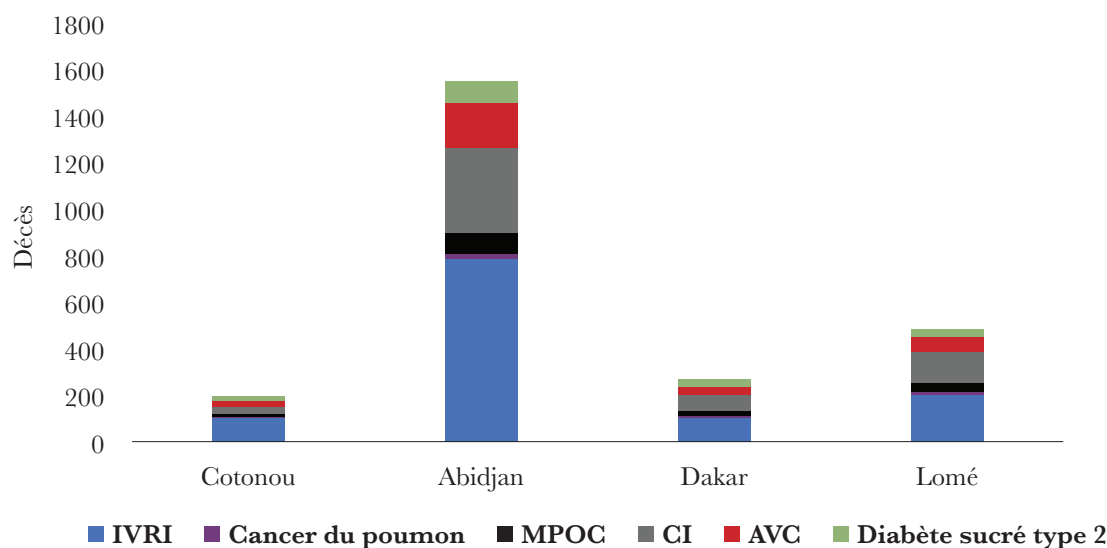
3.1.1. COÛT DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE URBAINE

Nous estimons l'impact de l'exposition aux PM_{2,5} sur la **mortalité**, en termes de décès prématurés dus aux infections des voies respiratoires inférieures; à la cardiopathie ischémique; à la maladie pulmonaire obstructive chronique; au cancer de la trachée, des bronches et du poumon; à l'accident vasculaire cérébral; et au diabète sucré de type 2¹⁶ (GBD 2017 Risk factor collaborators, 2018); et sur la **morbidité**, due à des problèmes tels que la bronchite chronique, les admissions à l'hôpital, les journées d'arrêt de travail, les journées d'activité restreinte et les infections aiguës des voies respiratoires inférieures chez les enfants (Hunt et al., 2016; Banque mondiale, 2016). L'estimation est réalisée en quatre étapes, présentées ci-dessous.

¹⁵ Particules avec un diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 microns.

¹⁶ Les preuves suggèrent que l'exposition aux PM_{2,5} peut être liée au diabète sucré de type 2 par une altération de la fonction pulmonaire, une inflammation vasculaire et une sensibilité à l'insuline (Rajagopalan et Brook, 2012)

FIGURE 3.1.1: MORTALITÉ DUE À L'EXPOSITION À DE FINES PARTICULES (PM_{2,5}), PAR VILLE



Source: Auteurs, d'après les données d'IHME (2018) et GBD 2017 Risk factor collaborators (2018).

Notes: CI = cardiopathie ischémique; IVRI = infections des voies respiratoires inférieures; AVC = accident vasculaire cérébral; MPOC = maladie pulmonaire obstructive chronique.

Étape 1. Mesurer la concentration en PM_{2,5}. En Afrique de l'Ouest, la surveillance de la qualité de l'air au sol est limitée à quelques stations de surveillance dans les zones urbaines les plus agglomérées.

Les plus récentes mesures au sol disponibles indiquent des PM_{2,5} moyennes annuelles de 21 µg/m³ à Dakar (OMS, 2018b¹⁷), de 32 µg/m³ à Abidjan et de 32 µg/m³ à Cotonou (Djossou et al., 2018¹⁸).

Aucune donnée de mesure pour Lomé n'était disponible. En son absence, les données satellitaires indiquent une concentration de PM_{2,5} de 75 µg/m³ en 2017.¹⁹ Il est toutefois important de noter que les données dérivées de satellites ne peuvent fournir des estimations fiables au niveau de la ville que seulement après avoir été calibrées par rapport aux observations issues de la surveillance au sol (Banque mondiale, 2016). Bien que cet étalonnage ne soit pas possible pour Lomé, une comparaison entre les données mesurées au sol et celles obtenues par satellite

pour Cotonou indique une proportion de 2,3.²⁰ En utilisant la même proportion pour Lomé, la concentration en PM_{2,5} est estimée à environ 32 µg/m³.

Étape 2. Identifier la population exposée. Les données sur la population exposée à la pollution de l'air ambiant ne sont disponibles pour aucune station de mesure dans les villes considérées. En conséquence, on suppose que le niveau moyen de concentration des polluants calculé à l'étape précédente s'applique à la population totale de chaque ville. Les données démographiques proviennent du dernier recensement démographique des quatre pays et reflètent la population totale de chaque ville: 1,1 million d'habitants à Dakar (ANSD, 2017²¹); 601 000 à Cotonou,²² 4,5 millions à Abidjan²³ et 1,5 million à Lomé.

Étape 3. Quantifier les impacts de l'exposition aux PM_{2,5} sur la santé. Plusieurs études épidémiologiques ont révélé de fortes corrélations entre l'exposition

17 D'après les mesures effectuées par trois stations (industrielle, routière et urbaine) en 2018.

18 Selon les mesures des stations représentatives de la circulation en 2015–2017.

19 Basé sur les données satellitaires de la Banque mondiale.

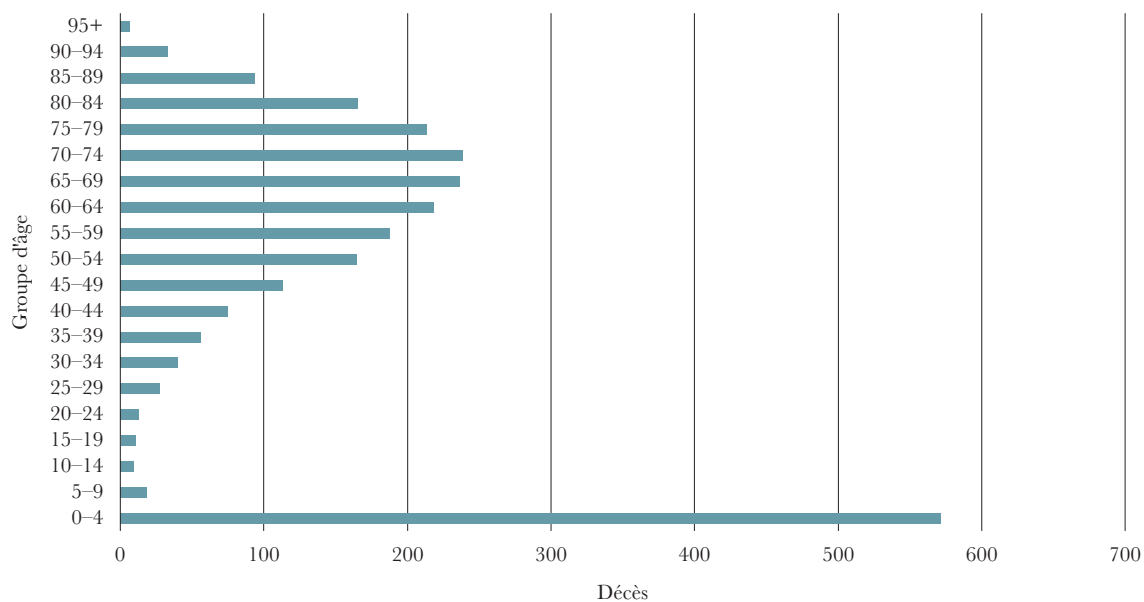
20 Obtenu en tant que 74 µg/m³ (données dérivées de satellite)/32 µg/m³ (données de mesures au sol) à Cotonou. La même proportion est appliquée à Lomé, en raison des similitudes entre les contextes géographique et environnemental des deux villes.

21 La population est liée au département de Dakar.

22 <http://www.insae-bj.org/population.html>.

23 <http://www.ins.ci/n/templates/Pub/annuaire%20demo.pdf>

FIGURE 3.1.2: MORTALITÉ PAR GROUPE D'ÂGE



Source: Auteurs, sur la base des données de IHME (2018) et GBD 2017 Risk factor collaborators (2018).

à long terme aux $PM_{2,5}$ et la mortalité prématurée (Apte et al., 2015; Cohen et al., 2017, etc.). Des recherches récentes ont associé l'exposition aux $PM_{2,5}$ à la mortalité liée à cinq maladies chez les adultes de plus de 25 ans: la cardiopathie ischémique, l'accident vasculaire cérébral, la maladie pulmonaire obstructive chronique, le cancer de la trachée, des bronches et du poumon, et le diabète sucré de type 2; et aux infections des voies respiratoires inférieures pour tous les âges (GBD 2017 Risk factor collaborators, 2018).

Nous estimons le nombre de décès imputables à la pollution atmosphérique ($PM_{2,5}$) à l'aide de données sur: (i) la mortalité par maladie et par groupe d'âge, sur la base de l'étude 2017 sur la charge de morbidité dans le monde (IHME, 2018); (ii) la proportion de décès dus aux $PM_{2,5}$ calculée sur la base des fonctions intégrées de réponse à l'exposition, développées par GBD 2017 Risk factor collaborators (2018), qui sont disponibles par maladie, âge et concentration²⁴ en $PM_{2,5}$.

24 Pour plus de détails, voir GBD 2017 Risk Factor Collaborators, 2018. Supplément à: GBD 2017 Risk Factor Collaborators. Évaluation comparative des risques aux niveaux mondial, régional et national de 84 risques ou groupes de risques comportementaux, environnementaux, professionnels ou métaboliques pour 195 pays et territoires, 1990–2017: analyse systématique pour la Global Burden of Disease 2017. Lancet 2018; 392: 1923–1945. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32225-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32225-6)

La figure 3.1.1 résume les résultats. Dans les quatre villes, l'exposition aux $PM_{2,5}$ est responsable d'environ 2500 décès en 2017: environ 190 à Cotonou, 1550 à Abidjan, 270 à Dakar et 490 à Lomé. La plus grande proportion (62 pour cent) des décès est survenue à Abidjan, en raison de la forte population exposée à des niveaux de pollution élevés. Dans toutes les villes, les infections des voies respiratoires inférieures sont la principale cause de mortalité: elles sont responsables de près de la moitié des décès, dont la moitié touchant des enfants de moins de cinq ans (figure 3.1.2).

Étape 4. Évaluer les impacts de l'exposition aux $PM_{2,5}$ sur la santé. Nous estimons en termes monétaires l'impact de $PM_{2,5}$ sur la santé comme suit:

- » Le coût de la **mortalité** est évalué sur la base de la valeur de la vie statistique (VVS), qui reflète le CAP de la communauté pour réduire le risque de décès. Le coût de la mortalité pour chaque pays est présenté dans le tableau 3.1.1.
- » Le coût de la **morbidité** inclut les *coûts en ressources* (c.à.d. les coûts financiers pour éviter ou traiter les maladies associées à la pollution), les *coûts d'opportunité* (à savoir les coûts indirects liés à la perte de temps de travail et de loisirs) et les *coûts de désutilité* (le coût de la douleur, de la souffrance ou de l'inconfort). La littérature évaluant le lien de causalité

TABLEAU 3.1.1: COÛTS DE SANTÉ LIÉS À LA POLLUTION DE L'AIR AMBIANT (PM_{2,5}), 2017

	Bénin (Cotonou)	Côte d'Ivoire (Abidjan)	Sénégal (Dakar)	Togo (Lomé)
Mortalité* (millions de USD)	8,9	150,5	15,3	20,9
Morbidité (millions de USD)	0,9	15,0	1,5	2,1
Total (millions de USD)	9,8	165,5	16,8	23,0
Total (% du PIB)	0,1%	0,4%	0,1%	0,5%

Notes: * Sur la base des données de la VVS de 46 100 USD pour le Bénin; 97 300 USD pour la Côte d'Ivoire; 78 100 USD pour le Sénégal et 31 500 USD pour le Togo (estimations très prudentes obtenues à partir du transfert des avantages tirés des études de l'OCDE, sur la base de la Banque mondiale, 2016).

entre l'exposition aux PM_{2,5} et la morbidité est beaucoup plus limitée que celle liée à la mortalité (Hunt et al., 2016).

Jusqu'à présent, aucune méthode communément acceptée n'a été développée pour évaluer le coût global de la morbidité due à la pollution de l'air (OCDE, 2014). Toutefois, les résultats d'études conduites dans plusieurs pays de l'OCDE indiquent que les coûts de la morbidité représentent un faible pourcentage des coûts de la mortalité (Hunt et al., 2016; OCDE, 2014; Banque mondiale, 2016). Sur cette base, l'OCDE a estimé le coût de la morbidité à environ 10 pour cent du coût de la mortalité (Hunt et al., 2016). En utilisant cette hypothèse, le coût de la morbidité est estimé et présenté dans le tableau 3.3.1.

3.1.2. CONCLUSIONS

Dans l'ensemble, le coût de la santé résultant de l'exposition aux PM_{2,5} dans les quatre villes est estimé à environ **215 millions de USD**, soit **0,3 pour cent du PIB des quatre pays**. La plus grande part de ce coût revient à Abidjan, en raison de la plus grande population exposée, des niveaux de pollution élevés et d'une VVS nettement supérieure à celle des autres pays. Dans toutes les villes, ce coût est dû à la fois à des facteurs anthropiques (e.g. trafic, incinération des déchets) et à des facteurs naturels (e.g. poussières sahariennes).

La distinction entre les PM_{2,5} d'origine anthropique et d'origine naturelle est importante pour orienter les politiques d'amélioration de la qualité de l'air et de la santé. Cependant, faute d'études sur le classement des sources, il est impossible de distinguer la contribution de chaque source de pollution à l'impact global. Cette tâche est particulièrement difficile pour les zones urbaines africaines, où

l'intensité de chaque source de pollution varie en fonction de la saison: la pollution liée aux incendies domestiques, au trafic et à la combustion des déchets survient probablement *toute l'année*, alors que le transport d'émissions de biomasse et de poussières sahariennes devrait avoir un impact principalement pendant la *saison sèche* (Djossou et al., 2018; Doumbia et al., 2012; Liousse et al., 2010).

Globalement, la pollution de l'air ambiant sur les zones côtières ouest-africaines est un problème qui risque de s'aggraver à l'avenir. Bien que les estimations actuelles ne se rapportent qu'à quatre villes — les seules pour lesquelles des mesures ou des estimations ont pu être effectuées — d'autres zones urbaines subissent également les effets néfastes de la pollution atmosphérique. Conscient de ce défi grandissant, l'Agence nationale du Togo pour la gestion de l'environnement, en partenariat avec le PNUE, a lancé un programme de surveillance de la qualité de l'air, qui devrait mettre en place un réseau de stations de surveillance des PM_{2,5} et autres polluants à Lomé (ANGE, 2018).

3.2. L'EAU

La dégradation des ressources en eau sur les zones côtières est souvent due aux activités humaines, par exemple: la mauvaise qualité des services d'approvisionnement en eau et d'assainissement, les activités minières, le tourisme, l'agriculture²⁵ — aux facteurs naturels — par l'élévation du niveau de la mer menant à une intrusion d'eau salée dans les eaux souterraines. Cette dégradation affecte à la fois la qualité et la quantité de l'eau, ainsi que la santé des personnes et les services fournis par les écosystèmes. En

25 Excès de pompage et d'irrigation ainsi que de ruissellement de pesticides, d'engrais et de fongicides.

TABLEAU 3.2.1: FACTEURS DE RISQUE DES POPULATIONS CÔTIÈRES ET DES MALADIES D'ORIGINE HYDRIQUE

Catégorie	Unité	Bénin	Côte d'Ivoire	Sénégal	Togo
Population côtière	# million	1,88	8,17	7,84	1,97
Population urbaine côtière	# million	1,79	4,57	4,89	1,71
Population rurale côtière	# million	0,09	3,60	2,95	0,26
Facteurs de risque WASH					
Limite inférieure de mortalité (urbaine)	#/100 000	45,7	38,7	39,5	34,2
Limite supérieure de mortalité (rurale)	#/100 000	86,0	71,3	74,5	67,9
Limite inférieure de morbidité (urbaine)	AVI/100 000	95	106,2	106,7	105,8
Limite supérieure de morbidité (rurale)	AVI/100 000	139,9	156,1	159,4	155,8
Évaluation physique					
Mortalité dans les zones côtières	#	899	4338	4127	762
Morbidité dans les zones côtières	AVI perdu	1833	10 476	9915	2216
Évaluation économique					
VVS estimée	USD	46 100	97 300	78 100	31 500
Revenu annuel, 2017	USD	1600	2700	1200	1200
Coût estimé de la mortalité	Millions de USD	41	422	322	24
Coût estimé de la morbidité	Millions de USD	3	28	12	3
Total	Millions de USD	44	450	334	27

Sources: CIESIN Gridded Population of the World (GPWv4) (2015) et ESA Global Land Cover (2015) pour la population côtière; <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/> pour les facteurs de risque WASH.

Notes: Pour donner un meilleur contexte aux estimations ci-dessus, la mortalité au niveau des pays due à des maladies d'origine hydrique a été estimée à 7278 au Bénin, 13 237 en Côte d'Ivoire, 7830 au Sénégal et 3638 au Togo.

raison du nombre limité de données, ce chapitre ne quantifie que les effets de la dégradation de l'eau sur la santé humaine et ceux des eaux usées domestiques non traitées sur l'environnement.

3.2.1. MALADIES D'ORIGINE HYDRIQUE

Au niveau global, la charge des maladies d'origine hydrique diminue,²⁶ mais reste d'une importance capitale en Afrique subsaharienne,²⁷ en particulier dans les taudis, les zones périurbaines et les zones rurales. Elle provient de l'accès à l'eau insalubre, aux services d'assainissement non sécuritaires et à une hygiène inadéquate (water, sanitation and hygiene, WASH²⁸).

26 Selon IHME, le nombre de décès dus à des problèmes d'approvisionnement en eau, d'assainissement et d'hygiène est passé de 2,8 millions en 1990 à 1,6 million en 2017 au niveau mondial (<https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>).

27 <http://apps.who.int/gho/data/view.main.INADEQUATEWSHV?lang=en>

28 Définition UNICEF-OMS: les services d'eau potable désignent l'accessibilité, la disponibilité et la qualité de la principale source utilisée par les ménages à des fins de consommation, de cuisson, d'hygiène personnelle et autres uti-

Avec le temps, on s'attend à ce que les changements climatiques augmenteront le risque de maladies d'origine hydrique: par exemple, les inondations côtières peuvent propager des contaminants fécaux et augmenter le risque d'épidémie de choléra, tandis que les pénuries d'eau dues à la sécheresse pourraient accroître les risques de maladies diarrhéiques.

Cette analyse s'appuie sur les données de GBD 2017, qui fournissent le nombre de décès et d'années de vie vécues avec de l'incapacité (AVI) associées à l'accès à WASH inadéquat au niveau des pays. Le tableau 3.2.1 indique la population côtière dans les zones urbaines et rurales et les facteurs de risque disponibles pour les maladies d'origine hydrique. Il est important de noter que dans les quatre pays, l'accès aux services WASH améliorés est nettement

lisations domestiques. Les services d'assainissement désignent la gestion des excréta provenant des installations utilisées par les individus, par la vidange et le transport des excréta aux fins de traitement, puis leur évacuation ou leur réutilisation; et hygiène fait référence aux conditions et pratiques qui contribuent au maintien de la santé et à la prévention de la propagation des maladies, notamment le lavage des mains, et l'hygiène alimentaire.

plus élevé dans les zones urbaines que dans les zones rurales.²⁹

Ainsi, l'estimation de la mortalité et de la morbidité utilise la limite inférieure des facteurs de risque pour les zones urbaines, et la limite supérieure pour les zones rurales.

Comme au chapitre 3.1, l'évaluation économique de la mortalité (décès dus à des maladies d'origine hydrique) repose sur la VVS. L'estimation de la morbidité (AVI perdue) est basée sur l'approche du manque à gagner — le salaire moyen par habitant en 2017 — *au lieu* du coût de la maladie. Cette approche est conservatrice, car elle n'inclut pas la valeur des coûts médicaux et de transport, de la douleur et de la souffrance associées aux retombées des maladies d'origine hydrique. En conséquence, le coût des maladies d'origine hydrique est estimé **entre 27 millions de USD au Togo et 450 millions de USD en Côte d'Ivoire**.

3.2.3. EAUX USÉES NON TRAITÉES

Les eaux usées domestiques, agricoles et industrielles non traitées polluent l'environnement et affectent la capacité de charge du milieu marin, notamment des lacs, des lagunes et de la mer. En raison de la disponibilité limitée des données, cette section estime uniquement l'impact des eaux usées domestiques non traitées sur l'environnement dans les zones côtières urbaines et rurales.

Le tableau 3.2.2 présente les calculs. Pour les zones urbaines et rurales, la quantité d'eaux usées domestiques non traitées est estimée comme différence entre: la quantité totale d'eaux usées, calculée à partir de la consommation moyenne d'eau par habitant et de la population côtière; et la quantité d'eaux usées traitées, estimée sur la base de la proportion de la population utilisant des services d'assainissement gérés de manière adéquate.³⁰

TABLEAU 3.2.2: COÛT DES EAUX USÉES DOMESTIQUES NON TRAITÉES

Catégorie	Unité	Bénin	Côte d'Ivoire	Sénégal	Togo
Quantité d'eau consommée	Litres/habitant/jour	38	37	59	40
Urbaine					
Quantité d'eaux usées générées	Millions m³/an	24	62	105	25
Quantité d'eaux usées traitées	Millions m³/an	0,1	0	25	0
Quantité d'eaux usées non traitées des zones urbaines (1)	Millions m³/an	24	62	80	25
Rurale					
Quantité d'eaux usées générées	Millions m³/an	1	49	63	4
Quantité d'eaux usées traitées	Millions m³/an	0	0	14	0
Quantité d'eaux usées non traitées provenant des zones rurales (2)	Millions m³/an	1	49	49	4
Total					
Estimation des eaux usées non traitées de la zone côtière (1 + 2)	Millions m³/an	26	111	129	29
Coût moyen du traitement des eaux usées	USD/m³	0,3	0,3	0,3	0,3
Coût des eaux usées domestiques non traitées	Millions de USD	8	35	41	9

Source: <https://data.worldbank.org> and Dodane (2012). Les totaux peuvent ne pas correspondre exactement en raison de l'arrondissement.

29 Par exemple, les données concernant le Bénin montrent des différences d'amélioration de l'accès à l'eau (81 pour cent en milieu urbain contre 71 pour cent en milieu rural), d'assainissement (59 pour cent en milieu urbain contre 15 pour cent en milieu rural) et d'hygiène (30 pour cent en milieu urbain contre 21 pour cent pour les zones rurales) (<https://washdata.org/data/household#/ben>)

30 "On entend par «assainissement géré de manière adéquate» l'utilisation d'une installation d'assainissement améliorée qui ne soit pas partagée avec d'autres ménages et dans laquelle: i) les excréta sont évacués sur place en toute sécurité ou ii) sont transportés et traités hors site (https://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/coverage/explanatorynote-sdg-621-safema-nagedsanitationsServices161027.pdf?ua=1).

TABLEAU 3.2.3: COÛT DE LA DÉGRADATION DES EAUX CÔTIÈRES, 2017

	Bénin	Côte d'Ivoire	Sénégal	Togo
Maladies d'origine hydrique (millions de USD)	44	450	334	27
Eaux usées non traitées (millions de USD)	8	35	41	9
Total (millions de USD)	53	485	375	36
Total (% du PIB)	0,6%	1,2%	2,3%	0,7%

La valeur économique des eaux usées peut être estimée à travers les avantages tirés d'une amélioration du traitement des eaux usées (mesures du CAP), de dommages réels à la productivité (dus par exemple, à une irrigation avec des eaux usées de qualité insuffisante) ou du coût du traitement des eaux usées (UNEP, 2015). Des exemples d'études estimant le CAP de la communauté pour le traitement des eaux usées fournissent un CAP annuel de 53 USD par ménage à Hanoi, Vietnam (Trang et al., 2018); 10 USD par ménage à Nairobi, Kenya (Ndunda et Mungatana, 2013) et 1,3 USD par ménage dans la municipalité de Chandernagore, située sur les rives du Gange, en Inde (Birol et Das, 2010). Le large éventail d'estimations illustre la difficulté de les transférer à notre analyse. En conséquence, nous préférons utiliser une estimation basée sur le coût local du traitement des eaux usées. Cela a été évalué à environ 0,32 USD/m³, d'après Dodane et al. (2012), ajusté à 2017. L'estimation est similaire au coût unitaire de traitement des eaux usées domestiques au Maroc (Khattabi et Croitoru, 2015).

En conséquence, le coût des eaux usées domestiques non traitées varie entre **8 millions de USD au Bénin et 41 millions de USD au Sénégal**.

3.2.4. CONCLUSIONS

Le coût total dû à la dégradation de l'eau est estimé entre 36 millions de USD au Togo et 485 millions de USD en Côte d'Ivoire (tableau 3.2.3). Lorsqu'ils sont agrégés d'un pays à l'autre, le coût de la dégradation de l'eau le long des zones côtières s'élève à **949 millions de USD, ce qui représente 1,3 pour cent du PIB** des quatre pays en 2017.

Comme indiqué précédemment, cette analyse se limite à quelques catégories pour lesquelles les données étaient

disponibles. De multiples aspects tels que: les rejets d'eaux de ballast, les déversements de pétrole, les eaux usées industrielles non traitées, les infiltrations agricoles et les impacts du lixiviat issu des déchets n'ont pas été quantifiés. En conséquence, les résultats obtenus ci-dessus sous-estiment le coût réel de la dégradation de l'eau dans la zone côtière.

3.3. LES DÉCHETS

La gestion des déchets est un défi complexe, car elle concerne un large éventail de déchets qui nécessitent des méthodes de traitement distinctes: déchets municipaux, médicaux, industriels, de transport, agricoles, de construction, de démolition, etc. Une gestion inappropriée de ces déchets peut avoir des conséquences graves. Dans les zones côtières et marines, cela peut causer des problèmes tels que la détérioration de la qualité de l'eau de mer, la réduction des opportunités touristiques, la contamination des poissons, la pollution des nappes phréatiques et parfois même la mort humaine. De plus, au niveau mondial, le problème de la gestion inappropriée des déchets est devenu encore plus grave récemment, en raison des préoccupations croissantes liées à d'autres types de déchets, tels que les plastiques et les déchets électroniques. Ces flux de déchets posent également des problèmes croissants en Afrique de l'Ouest, où les pays n'ont généralement ni les ressources ni les infrastructures pour les gérer (encadré 3.3.1).

Cette section estime le coût de la dégradation associée à une collecte de déchets municipaux insuffisante ou inadéquate et à une élimination inappropriée sur la côte. En raison du nombre limité de données, elle ne s'attaque pas: aux impacts des déchets marins et côtiers sur l'industrie du tourisme; le lixiviat non traité susceptible

ENCADRÉ 3.3.1: LES DÉCHETS ÉLECTRONIQUES (E-DÉCHETS) ET LES PLASTIQUES SONT DES PRÉOCCUPATIONS CROISSANTES EN AFRIQUE DE L'OUEST

E-déchets. La croissance rapide des technologies, de l'information et de la communication a apporté de nombreux avantages socio-économiques, mais elle a également causé des problèmes environnementaux liés aux déchets électroniques, ou e-déchets. Ces derniers contiennent diverses substances toxiques pour la santé humaine et pour l'environnement, telles que les retardateurs de flamme au brome, les métaux lourds (plomb, nickel, chrome, mercure) et les polluants organiques persistants (tels que les biphényles polychlorés, BPC). Le Ghana, le Kenya et le Nigéria ont les taux les plus élevés de déchets électroniques en Afrique subsaharienne. Au Sénégal, une gestion inappropriée des e-déchets a causé de graves problèmes de santé dans les sites de recyclage autour de Dakar, par exemple 10 000 cas d'intoxication au plomb résultant de décharges de piles usagées à Thiaroye sur Mer; 745 cas de tuberculose et d'insuffisance respiratoire fatale à Mbeubeusse; et de multiples cas d'intoxication à la dioxine et au plomb à Colobane. La production de déchets électroniques dans les pays d'Afrique de l'Ouest ne cesse d'augmenter,¹ appelant à la mise en place d'un système de gestion spécialisé.

Plastique. Avec l'urbanisation croissante et la croissance économique, l'Afrique développe de grands marchés de consommation pour les produits et les emballages en plastique. Une gestion inadéquate des déchets autour des bassins hydrographiques, tels que les fleuves Niger, Congo et Sénégal, signifie également que ces fleuves transporteront proba-

blement une grande quantité de déchets d'origine terrestre, y compris la pollution plastique, lorsqu'ils se dirigent vers l'océan. Le Sénégal, la Gambie, la Côte d'Ivoire et le Nigéria ont les taux les plus élevés de déchets plastiques mal gérés en Afrique, supérieurs à 0,8 kg par personne et par jour. Dans de nombreux pays de la région, plus de 80 pour cent des déchets plastiques sont éliminés de manière inadéquate. Cela a de multiples impacts: lorsque les sacs en plastique remplis d'eau de pluie se jettent, ils peuvent attirer les moustiques porteurs du paludisme; quand ils sont jetés, ils peuvent étouffer et tuer la vie marine et le bétail;² les déchets plastiques peuvent bloquer les bouches d'égout et par conséquent, pourraient provoquer des inondations. Une inondation dévastatrice au Ghana en 2015, provoquée par des égouts obstrués par des déchets plastiques, a fait 150 morts.³

Les effets néfastes des plastiques se poursuivent alors qu'ils se photo-dégradent: des microplastiques ont été trouvés dans l'eau du robinet et en bouteille, le lait, le poisson et d'autres aliments, ainsi que dans les selles humaines, posant donc des risques de toxicité pour la chaîne alimentaire mondiale et pour la santé humaine.

Sources: Banque mondiale (2015c); Banque mondiale (2014a and b); Jambeck et al. (2018); Andrady (2011); Kosuth et al. (2018); Schwabl et al. (2018).

² On estime que 70 pour cent des décès de bovins et d'ovins à Nouakchott, en Mauritanie, résultent de l'ingestion de sacs en plastique. <https://earthpolicyinstitute.wordpress.com/page/2>

³ <https://www.plasticpollutioncoalition.org/pft/2017/4/11/how-countries-in-africa-are-winning-the-fight-against-plastic-pollution>

¹ En Côte d'Ivoire, la production de déchets électroniques a presque doublé, passant de 7400 tonnes en 2010 à environ 14 000 tonnes en 2019.

de contaminer les plans d'eau; les occasions manquées de collecter et de réutiliser les matières recyclables, de capturer le méthane et de générer de l'énergie à partir des sites d'enfouissement,³¹ ainsi que des effets des déchets autres que les déchets municipaux.³²

³¹ Lorsque les déchets municipaux ne sont pas collectés correctement, il est courant de les brûler dans la rue pour les éliminer, ce qui provoque une pollution de l'air qui est capturée sous la section de l'air.

³² Les déchets médicaux, industriels, de transport (bateaux, trains et avions), agricoles, d'abattoir, de construction et de démolition, les pneus, les huiles, les déchets dangereux, électroniques, les cendres et les boues doivent faire l'objet d'un traitement spécifique; mais en raison d'une gestion, d'une réglementation et d'une mise en application médiocres, ils se retrouvent souvent dans les flux de déchets municipaux formels et informels.

3.3.1. DÉCHETS MUNICIPAUX NON COLLECTÉS

La collecte insuffisante de déchets municipaux sur les zones côtières de l'Afrique de l'Ouest est un défi majeur, qui génère des mauvaises odeurs, une pollution de l'environnement (par exemple l'eau) et des problèmes potentiels de santé. Dans les quatre pays, le manque de collecte des déchets municipaux affecte 36 à 60 pour cent de la population urbaine côtière et 55 à 85 pour cent de la population rurale (tableau 3.3.1). Cette section porte sur le coût de la collecte insuffisante de déchets municipaux dans les zones urbaines et rurales côtières des quatre pays.

TABLEAU 3.3.1: COÛT DES DÉCHETS MUNICIPAUX NON COLLECTÉS SUR LA CÔTE

Catégorie	Unité	Bénin	Côte d'Ivoire	Sénégal	Togo
Urbaine					
Population côtière urbaine	Millions	1,79	4,57	4,89	1,71
- dont, sans service	%	50	52	60	36
Revenu disponible dans les zones urbaines	USD/habitant	578	810	1,387	1,043
- dont, CAP pour une collecte améliorée	%	1,25	1,25	1,25	1,25
<i>Coût des déchets urbains non collectés (1)</i>	<i>Millions de USD</i>	<i>6,4</i>	<i>24,0</i>	<i>50,8</i>	<i>8,0</i>
Rurale					
Population côtière rurale	Millions	0,09	3,60	2,95	0,26
- dont, sans service	%	85	65	72	55
Revenu disponible dans les zones rurales	USD/habitant	272	553	459	482
- dont, CAP pour une collecte améliorée	%	1,25	1,25	1,25	1,25
<i>Coût des déchets ruraux non collectés (2)</i>	<i>Millions de USD</i>	<i>0,3</i>	<i>16,2</i>	<i>12,1</i>	<i>0,9</i>
Coût total (1+2)	Millions de USD	6,7	40,2	62,9	8,9

Sources: IIS (2015); INSEED (2017); IMF (2017); IMF (2018); Banque mondiale (2018b); Banque mondiale (2018c) et Raich (2009).

L'évaluation du coût d'une collecte insuffisante de déchets municipaux est fondée sur le CAP de la communauté pour améliorer la collecte de déchets. La méthode d'évaluation contingente a souvent été utilisée pour estimer le CAP de la population en vue d'une meilleure collecte des déchets en Afrique, avec des résultats variables: 3,1 USD par habitant pour améliorer la gestion des déchets solides à Mekele, Éthiopie (Hagos et al., 2012); 2,7 USD par habitant pour améliorer la collecte des déchets solides dans la ville de Kampala, en Ouganda (Banga et al., 2011); 0,9 USD par habitant pour améliorer la collecte des déchets solides dans le gouvernement local d'Akinyele, au Nigeria (Olojede et Adelayo, 2014). Malgré les exemples disponibles, il est difficile de transférer ces estimations aux quatre pays en raison des différences de situation géographique, environnementale et socio-économique. Ainsi, l'évaluation utilise la valeur de référence de la Banque mondiale de 1,25 pour cent (1 à 1,5 pour cent) du revenu disponible annuel comme indicateur indirect du CAP de la population pour une collecte améliorée (Raich, 2009).

Sur la base de la proportion de la population non couverte par le service et de 1,25 pour cent de leur revenu annuel disponible, le coût de la collecte des déchets municipaux dans les zones urbaines et rurales varierait d'environ **7 millions de USD au Bénin à 63 millions de USD au Sénégal.**

3.3.2. ÉLIMINATION DES DÉCHETS MUNICIPAUX

L'élimination inappropriée des déchets municipaux peut entraîner de nombreuses externalités négatives, telles que la pollution des eaux souterraines, la pollution atmosphérique et la dépréciation de la valeur des terrains et des maisons entourant les décharges insalubres. Cette section évalue l'impact des décharges insalubres situées près des capitales des pays sur la valeur des terres. Il se concentre uniquement sur les grands sites de stockage et ne traite pas des effets des petites décharges sur les zones côtières rurales.

L'estimation est basée sur les prix hédoniques, en comparant les prix moyens des terrains dans des zones urbaines ou périurbaines similaires à ceux situés autour des décharges. Habituellement, une propriété a un ensemble d'attributs: caractéristiques physiques (surface, matériaux de construction, etc.), emplacement (proximité des commerces, écoles, hôpitaux, etc.) et autres caractéristiques environnementales (air pur, belle vue, etc.). Le prix de la propriété dépend du niveau de ses attributs. Si la qualité de l'environnement entourant la propriété diminue, on s'attend à ce que la valeur de la propriété diminue également.

TABLEAU 3.3.2: COÛT DE L'ÉLIMINATION DES DÉCHETS MUNICIPAUX SUR LA CÔTE

Nom de la décharge	Zone d'enfouissement (m²)	Surface (A1) (m²)	Surface (A2) (m²)	Perte de valeur foncière (A1) (millions de USD)	Perte de valeur foncière (A2) (millions de USD)	Perte totale (millions de USD)
Bénin						
- Cotonou Ouesse	800 000	97 900	250 500	2,9	5,0	7,9
- Porto-Novo Takon	400 000	70 100	169 700	2,1	3,4	5,4
<i>Sous-total Bénin</i>						13,3
Côte d'Ivoire						
- Cocody Akouedo	1 000 000	109 200	276 700	2,8	4,8	7,6
- Abidjan Kossihouen	33 000	22 100	73 700	1,7	3,8	5,5
<i>Sous-total Côte d'Ivoire</i>						13,2
Sénégal						
- Dakar Sindia	1 040 000	111 300	281 600	8,7	14,6	23,3
- Saint Louis	25 000	44 600	112 500	0,7	1,5	2,2
- Thies	12 000	14 500	55 800	0,5	1,3	1,7
<i>Sous-total Sénégal</i>						27,2
Togo						
- Lomé Akepe	800 000	97 900	250 500	7,0	12,0	19,0
<i>Sous-total Togo</i>						19,0

Sources: Banna et Ansermet (2018); Brisoux et Elgorriaga (2018); Rodrigue et al. (2018); et Banque mondiale (2018b).

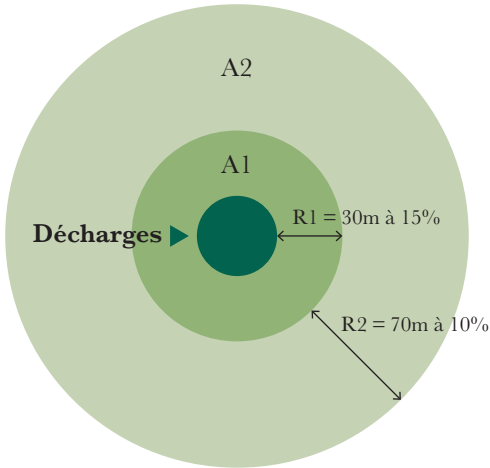
Nous estimons l'impact des décharges insalubres à travers la dépréciation de la valeur des terres dans les zones situées à proximité des décharges.³³ Une étude menée au Sénégal par Banna et Asermet (2018) a évalué le niveau de dépréciation de la valeur de ces zones, en fonction de leur distance aux sites d'enfouissement: dépréciation de 15 pour cent du prix des terrains dans les zones situées dans un rayon de 30 mètres autour des sites d'élimination (considéré comme ayant une vue sur les sites); et une dépréciation de 10 pour cent dans un second rayon de 30 à 100 mètres (figure 3.3.1).

Le tableau 3.3.2 illustre la surface de chaque site d'enfouissement sélectionné, la zone A1 (dans un rayon de 30 m) et la zone A2 (dans un rayon de 30 à 100 m) (colonnes 2 à 4). Il estime également les pertes de valeur foncière sur la base des paramètres ci-dessus appliqués aux prix urbains moyens de chaque emplacement (colonnes 5 à 7). En conséquence, le coût total de l'élimination inappropriée des déchets est estimé **entre 13 millions de USD en Côte d'Ivoire et 27 millions de USD au Sénégal.**

3.3.3. CONCLUSIONS

Le coût total dû à la gestion sous-optimale des déchets est estimé entre 20 millions de USD au Bénin et 90 millions de USD au Sénégal (tableau 3.3.3).

FIGURE 3.3.1: DÉPRÉCIATION DE LA VALEUR DES TERRAINS ASSOCIÉE À L'ÉLIMINATION DES DÉCHETS



33 La distance linéaire est la mesure de proximité la plus utilisée (Chèze, 2008).

Source: Adapté de Banna et Ansermet (2018).

TABLEAU 3.3.3: COÛT DE LA GESTION SOUS-OPTIMALE DES DÉCHETS MUNICIPAUX SUR LA CÔTE, 2017

Type de coût	Bénin	Côte d'Ivoire	Sénégal	Togo
Déchets non collectés (millions de USD)	7	40	63	9
Élimination des déchets (millions de USD)	13	13	27	19
Total (millions de USD)	20	53	90	28
Total (% du PIB)	0,2%	0,1%	0,6%	0,6%

Globalement, la collecte insuffisante et l'élimination inappropriée des déchets municipaux génèrent un coût économique estimé à environ **192 millions de USD, soit 0,3 pour cent du PIB** des quatre pays. En termes absolus, les coûts les plus importants reviennent au Sénégal, en raison notamment de la forte proportion de la population ne recevant pas la collecte des déchets municipaux (60 pour cent en milieu urbain et 72 pour cent en zone rurale) et des impacts de la décharge insalubre près de Dakar. La Côte d'Ivoire contribue également de manière significative à ce coût, principalement en raison de la forte population exposée à une faible couverture du service de collecte.

Comme indiqué précédemment, ces chiffres ne couvrent qu'une partie des conséquences de la mauvaise gestion des déchets municipaux dans ces pays. Comme ils n'incluent pas d'autres effets liés aux déchets municipaux (comme par exemple la pollution des nappes phréatiques et les émissions de méthane provenant de décharges) ni l'impact d'autres types de déchets (déchets électroniques, microplastiques, etc.), les résultats finaux sous-estiment considérablement le coût réel de la gestion des déchets dans les quatre pays.³⁴

³⁴ Une meilleure gestion des déchets pourrait contribuer à accroître le tourisme côtier. Le Bénin, la Côte d'Ivoire et le Sénégal ont signé la *Charte africaine du tourisme durable et responsable* lors de la COP22 à Marrakech en novembre 2016 (BAD, <https://www.afdb.org/en/news-and-events/la-charte-africaine-du-tourisme-durable-et-responsable-voit-le-jour-a-la-cop22-a-marrakech-16562/>).



Photo: Banque mondiale/Vincent Tremeau.

CHAPITRE 4

LES INONDATIONS ET L'ÉROSION

4.1. LES INONDATIONS

À l'échelle mondiale, les chocs les plus fréquemment signalés sont les catastrophes naturelles, en particulier les inondations. Les impacts immédiats des inondations comprennent: les pertes ou dommages matériels, les pertes en vie humaine, la destruction des cultures et la détérioration des conditions de santé dues aux maladies d'origine hydrique. Alors que les liaisons de communication et les infrastructures (telles que les centrales électriques, les routes et les ponts) sont endommagées et perturbées, certaines activités économiques peuvent être paralysées, des personnes sont contraintes de quitter leur domicile et la vie normale est perturbée.³⁵ Les basses terres côtières sont sujettes aux inondations naturelles. Les zones côtières inondables sont dynamiques, l'érosion et l'accumulation quotidiennes affectent les contours de la côte, qui sont exacerbés par les activités humaines liées à l'utilisation et à la couverture des sols.

Les pays d'Afrique de l'Ouest sont gravement touchés par les inondations. La fréquence des inondations a augmenté au cours des 50 dernières années et devrait augmenter à l'avenir (Niang et al., 2014). Cette section estime en termes monétaires l'impact des inondations au Bénin, en Côte d'Ivoire, au Sénégal et au Togo. Elle se concentre sur les **inondations fluviales et pluviales dans les zones côtières**. Les inondations fluviales se produisent lorsque les rivières débordent à la suite de précipitations soutenues ou intenses. Les inondations pluviales surviennent lorsque de fortes précipitations saturent les systèmes de drainage, en particulier dans les zones plates et urbaines. Les inondations côtières causées par l'eau de mer ne sont pas incluses dans l'analyse en raison du nombre limité de données.³⁶

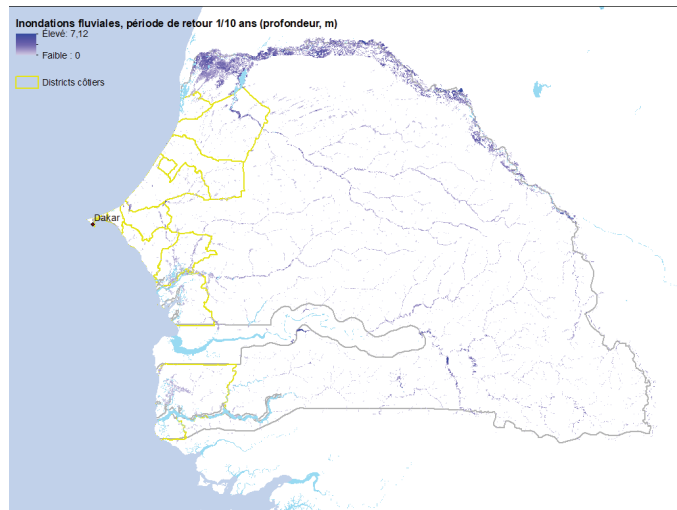
4.1.1. COÛT DES INONDATIONS CÔTIÈRES

Lorsqu'elles sont traduites en termes socio-économiques et environnementaux, les inondations côtières affectent les moyens de subsistance (activités économiques non-entreprises),

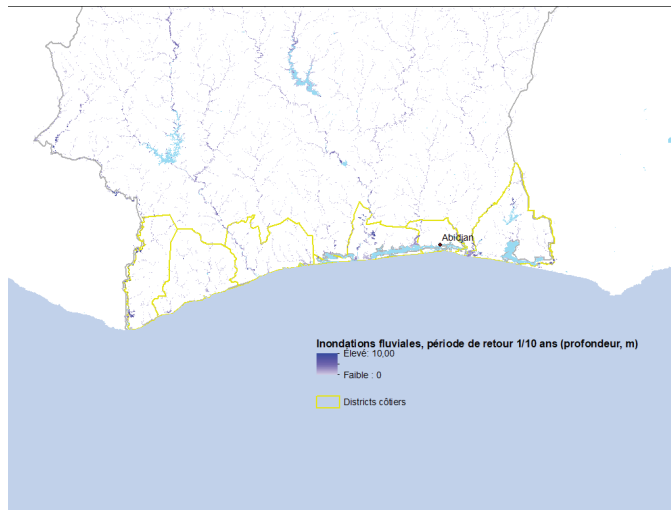
35 Gouvernement du Queensland (2011), Comprendre les inondations: questions et réponses, juillet 2011. Lien: <https://www.chiefscientist.qld.gov.au/publications/understanding-floods/flood-consequences/> (consulté le 1er mars 2019).

36 Les exercices de modélisation disponibles sont principalement pertinents pour la planification à long terme.

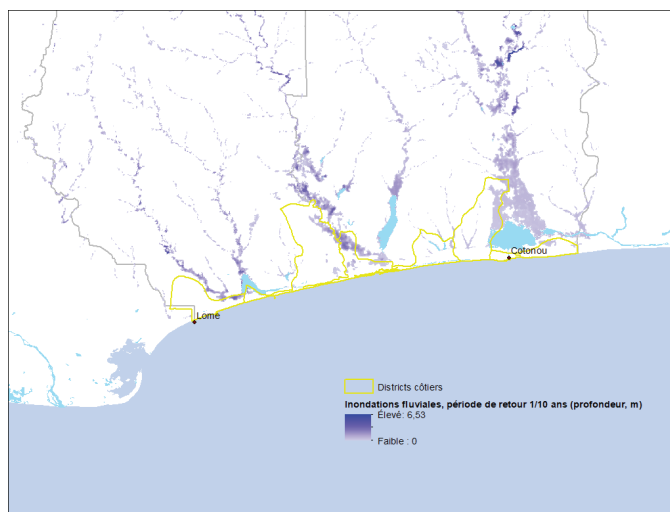
CARTE 4.1.1: INONDATIONS FLUVIALES PENDANT UNE PÉRIODE DE RETOUR DE 1/10 ANS PAR PAYS



Sénégal



Côte d'Ivoire



Togo et Bénin

Source: SSBN Modèle global de risque d'inondation.

les actifs publics et privés (infrastructures, entreprises et terrains), le bien-être des personnes (blessures, noyade, stress psychophysique, migration, adaptation, dislocation sociale, etc.) et les services écosystémiques.

Dans cette étude, nous abordons l'impact des inondations fluviales et pluviales selon trois catégories principales: le manque à gagner dû aux activités économiques non entreprises, les dommages aux biens et la mortalité. L'estimation est réalisée en trois étapes, présentées ci-dessous.

Étape 1. Mesurer les zones inondables. La surface de la zone inondée dans les districts côtiers a été calculée sur la base des résultats du modèle de risque d'inondation global du SNRS appliqué à l'Afrique de l'Ouest. Ces résultats montrent la profondeur maximale attendue pour les crues fluviales et pluviales et la surface correspondante pour six périodes de retour différentes (entre un sur cinq et un sur cent ans).³⁷

³⁷ Les inondations peuvent être mesurées en termes de vitesse (événement extraordinaire prenant la population au dépourvu ou événement naturel déterminant la rapidité des phénomènes d'inondation), durée (nombre de jours) et profondeur (élévation du niveau de l'eau déterminant pour la zone côtière

TABLEAU 4.1.1: FONCTION DE DOMMAGE PAR PROFONDEUR D'EAU

Profondeur d'eau (mètres)	Fonction de dommage (%)
0	0
0,5	0,22
1	0,38
1,5	0,53
2	0,64
3	0,82
4	0,9
5	0,96
6	1

Source: Huizinga et al. (2017).

Les intrants du modèle incluent les inondations passées, les précipitations, ainsi que les caractéristiques géographiques permettant de modéliser les futures inondations.³⁸ La carte 3.1.1 illustre les inondations fluviales estimées pour une période de retour de 1/10 ans par pays et la zone inondée correspondante.

Chaque période de retour renseigne sur la probabilité d'inondation. Par exemple, une période de retour de 20 ans indique une probabilité d'occurrence de 5 pour cent par an, tandis qu'une période de retour de 100 ans suggère une probabilité d'occurrence de 1 pour cent par an. En combinant la probabilité d'occurrence d'inondation avec les zones touchées associées, nous estimons le nombre total de zones inondées pour chaque période de retour, pour une année typique. Ces zones sont ensuite classées en zones rurales et urbaines. Environ 99 pour cent des inondations se produisent dans les zones rurales.

Étape 2. Traduire les inondations en pertes d'actifs. Les inondations ne sont pas toutes des inondations graves. La profondeur des eaux de crue et la zone correspondante sont traduites en pertes, en utilisant des fonctions de dommage. Pour estimer les dommages dus aux inondations dans les pays de l'Afrique de l'Ouest, nous nous basons sur le travail de Huizinga et al. (2017), qui a passé en revue la littérature sur les fonctions de dommage dû aux inondations dans le monde entier. Le tableau 4.1.1 montre ces fonctions, selon la profondeur de l'eau.

Étape 3. Quantifier les impacts des inondations. Les impacts des inondations sont estimés en termes de dommages causés aux actifs et à la production économique, et de coût de la mortalité.

Les dommages causés aux actifs et à la production économique sont estimés en fonction de la zone inondée (calculée de l'étape 1), de la fonction de dommage (dérivée de l'étape 2) et de la valeur unitaire des terres. Cette dernière a été dérivée par IMDC (2018a, b et c) pour une cellule de grille d'un hectare au Bénin, en Côte d'Ivoire et au Togo. Elle a été obtenue en combinant la valeur des flux économiques (à savoir le PIB par hectare, basé sur la valeur ajoutée par employé par hectare) avec celle des stocks (à savoir la valeur des actifs par hectare) pendant un an. Nous avons appliqué une approche similaire pour le Sénégal. Le tableau 4.1.2 montre la répartition des flux et des stocks économiques pour les terres urbaines et rurales. Dans les zones rurales, les valeurs des stocks sont plus importantes que les valeurs des flux (82 pour cent contre 18 pour cent); tandis que dans les zones urbaines, les valeurs de flux sont légèrement supérieures à celles de stock (58 pour cent contre 42 pour cent).

TABLEAU 4.1.2: RÉPARTITION DES FLUX ET DES STOCKS PAR UTILISATION DU SOL ET PAR AN (POURCENTAGE)

Rurale/Urbaine	Flux/Stock	Côte d'Ivoire	Bénin	Togo	Sénégal	Moyenne
Rurale	Flux	15	19	26	12	18
	Stock	85	81	74	88	82
Urbaine	Flux	59	53	63	57	58
	Stock	41	47	37	43	42

Sources: IMDC (2018a,b,c) et estimations de la Banque mondiale.

touchée, compte tenu de la morphologie de la région). Cet exercice est basé sur la dernière approche.

³⁸ Les informations sur les inondations passées en Afrique de l'Ouest sont limitées et biaisées en faveur d'événements extrêmes.

TABLEAU 4.1.3: COÛT UNITAIRE PAR UTILISATION DU SOL (USD/HA)

	Urbaine	Rurale
Bénin	190 100	11 700
Côte d'Ivoire	347 800	23 900
Sénégal	260 700	12 800
Togo	96 000	11 500

Sources: IMDC (2018a,b,c) et estimations de la Banque mondiale.

Sur la base de la distribution ci-dessus, le tableau 4.1.3 fournit une estimation de la valeur unitaire des terres pour chaque pays. Ces valeurs sont utilisées pour estimer les dommages causés aux actifs et à la production économique par les inondations fluviales et pluviales. Les résultats sont présentés dans le tableau 4.1.4.

Coût de la mortalité. Selon IMDC (2018a, b, c), on s'attend à 0,16 décès pour 1000 personnes exposées, sur la base du nombre moyen de décès lors des inondations de 2009 et 2010 au Togo (0,25) et au Bénin (0,07). Nous utilisons cette fonction de dommage pour estimer le nombre de victimes des inondations côtières dans les quatre pays. En conséquence, le nombre total de décès est estimé à 640 par an en moyenne. De même qu'au chapitre 3.1, le coût de la mortalité est estimé sur la base de la VVS, qui reflète le CAP de la société de réduire le risque de décès. Les résultats sont présentés dans le tableau 4.1.4.

4.1.2. CONCLUSIONS

En additionnant les dommages causés aux actifs, à la production économique et à la mortalité, le coût total des inondations dans les districts côtiers est estimé entre

10 millions de USD au Togo et 1,2 milliard de USD en Côte d'Ivoire. Cela correspond à une fourchette comprise entre 0,2 pour cent et 2,9 pour cent du PIB des pays (tableau 4.1.4).

Au total, les dommages causés par les inondations représentent **1,45 milliard de USD, soit 2,1 pour cent du PIB des quatre pays.**

4.2. L'ÉROSION

L'érosion côtière est un problème environnemental majeur dans toute l'Afrique de l'Ouest. À l'échelle mondiale, 24 pour cent des zones côtières s'érodent à des taux supérieurs à 0,5 m par an (Luijendijk et al., 2018). En conséquence, les arbres et les infrastructures disparaissent progressivement; les villes et les villages situés à proximité du littoral, où se déroule l'essentiel de l'activité économique, sont également menacés. Les zones côtières ouest-africaines sont davantage exposées à l'érosion en raison de la croissance démographique accrue et de la migration vers les zones côtières, de la concentration de l'activité économique³⁹ et de l'élévation du niveau de la mer.

Cette section estime en termes monétaires l'impact de l'érosion sur les zones côtières des quatre pays.

4.2.1. COÛT DE L'ÉROSION

L'évaluation du coût de l'érosion suppose que les terres, les actifs et les flux économiques sont perdus à long terme. L'estimation est réalisée en trois étapes, présentées ci-dessous.

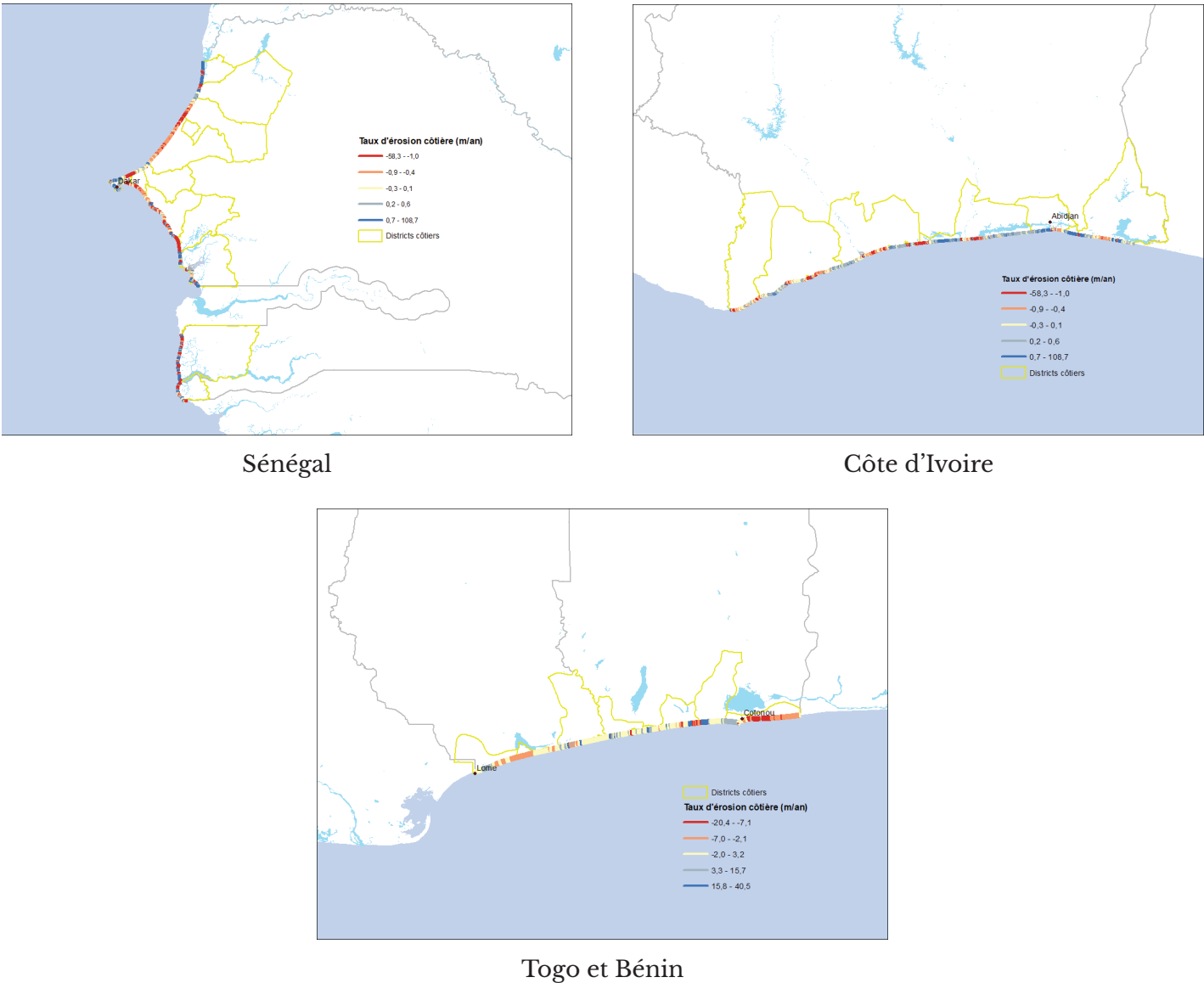
TABLEAU 4.1.4: COÛT ÉCONOMIQUE DES INONDATIONS SUR LA CÔTE, 2017

	Bénin	Côte d'Ivoire	Sénégal	Togo
Dommages* dus aux inondations pluviales (millions de USD)	9	760	77	4
Dommages* dus aux inondations fluviales (millions de USD)	18	398	134	5
Mortalité due aux inondations pluviales et fluviales (millions de USD)	3	25	20	2
Total (millions de USD)	29	1183	230	10
Total (% du PIB)	0,3%	2,9%	1,4%	0,2%

Source: Estimations de la Banque mondiale. Note: * Ils font référence aux dommages causés aux actifs et à la production économique. Les totaux peuvent ne pas correspondre exactement en raison de l'arrondissement.

³⁹ Les zones côtières abritent la plupart des capitales et des principales industries, notamment l'agroalimentaire, la pêche, l'exploration et la production de pétrole ainsi que le tourisme.

CARTE 4.2.1: TAUX D'ÉROSION MOYEN À LONG TERME (1984–2016) PAR PAYS



Source: SSBN Modèle global de risque d'inondation.

Étape 1. Estimer le taux d'érosion. La surface érodée est estimée en tant que valeur moyenne annuelle des terres perdues du fait de l'érosion, sur la base d'une étude qui a quantifié l'évolution du littoral de 1984 à 2016, en comparant des images Landsat historiques sans nuage avec une résolution de 30 m (Luijendijk et al., 2018).⁴⁰ Pour chaque transect de 500 m, les auteurs ont calculé les taux de changement de rivage (m/an) en appliquant une régression linéaire à toutes les positions de rivage à cet endroit.

⁴⁰ Luijendijk et al. (2018) est la seule étude qui mesure l'érosion à l'échelle mondiale, permettant des comparaisons entre pays.

Chaque pays est sujet à l'érosion des terres. Cependant, le littoral est affecté différemment. La carte 4.2.1 montre pour chaque pays le niveau d'érosion et son hétérogénéité d'un endroit à l'autre. Certaines zones n'ont aucune érosion, d'autres ont perdu des terres (érosion) et d'autres ont gagné des terres (accrétion). Le tableau 4.2.1 estime les taux d'érosion à long terme uniquement pour les zones exposées à la perte de terres (transects espacés de 500 m). La colonne 2 fournit les taux d'érosion moyens, exprimés en mètres/an.

Comme indiqué dans le tableau, les taux d'érosion moyens, par transect, sont bien plus élevés au Bénin (près de 4

TABLEAU 4.2.1: TAUX D'ÉROSION À LONG TERME (1984–2016)

Pays	% de littoral sujet à l'érosion	Taux d'érosion à long terme	
		Moyenne (m/an)	Total (ha/an)
Bénin	65	-4,06	-29,0
Côte d'Ivoire	47	-1,40	-33,4
Sénégal	65	-1,60	-50,6
Togo	52	-2,40	-7,8

Source: Luijendijk et al. (2018).

mètres/an) et au Togo (2,4 mètres/an) par rapport à la Côte d'Ivoire (1,4 mètre/an) et au Sénégal (1,6 mètre/an).

La colonne 3 indique que la superficie totale érodée varie de 8 hectares (Togo) à 50 hectares (Sénégal) en moyenne. Nous utilisons ces estimations dans les prochaines étapes de l'évaluation.

Étape 2. Classer les terres érodées en zones urbaines et rurales. Les terres urbaines ont une valeur économique intrinsèque plus élevée que les terres rurales et toutes les zones côtières ne sont pas urbanisées. Nous divisons les terres côtières érodées en zones urbaines et rurales, en utilisant la base de données relative à la classification de la couverture terrestre de l'Agence spatiale européenne Global Land Cover⁴¹ ainsi que la définition des zones urbaines donnée par la Commission européenne (c'est-à-dire les zones dont la population est supérieure à 300 habitants par km²). En conséquence, les zones urbaines côtières sont prédominantes au Togo (70 pour cent), comparées aux trois autres pays: Bénin (16 pour cent), Côte d'Ivoire (2 pour cent) et Sénégal (17 pour cent).

Étape 3. Estimer les impacts de l'érosion. À l'instar de l'estimation des dommages causés par les inondations (chapitre 4.1), nous utilisons également la valeur annuelle des terres à l'hectare pour estimer le coût de l'érosion. Il convient de noter que l'évaluation des inondations se concentre sur ce qu'il y a *sur* la terre, sans tenir compte de la valeur de la terre elle-même. Cependant, cette section inclut également la valeur de la terre nue, étant donné qu'elle est perdue de manière permanente. Ainsi, le coût de l'érosion comprend: (i) la valeur des actifs perdus (bâtiments, routes, autres infrastructures, par exemple); (ii) la

41 Lien: <https://www.esa-landcover-cci.org/>

TABLEAU 4.2.2: PRIX UNITAIRE DU TERRAIN (USD/m²)

	Urbaine	Rurale
Bénin	200	5
Côte d'Ivoire	200	50
Sénégal	515	20
Togo	460	15

Source: Estimations de la Banque mondiale.

valeur actualisée des flux économiques au cours des 30 prochaines années; et (iii) la valeur de la terre nue.

Pour estimer la valeur des terres nues dans les zones côtières, nous avons effectué une évaluation rapide des prix des terres côtières dans les quatre pays. Le tableau 4.2.2 présente les résultats. La valeur des terrains nus est estimée comme valeur actualisée des loyers annuels pour les 30 prochaines années, sur la base des hypothèses suivantes: un rapport loyer/prix de 8 pour cent;⁴² une augmentation annuelle moyenne de 8 pour cent de la valeur des terrains urbains et de 5 pour cent de la valeur des terrains ruraux;⁴³ une augmentation annuelle de 3 pour cent du PIB; la croissance annuelle de l'urbanisation pour la période 2014–2050, estimée par les Nations Unies;⁴⁴ et un taux d'actualisation de 3 pour cent, pour tenir compte de la grande importance des impacts de l'érosion à l'avenir.

42 Cette valeur correspond à l'une des plus basses des États-Unis (voir: <https://smartasset.com/mortgage/price-to-rent-ratio-in-us-cities>) et la moitié du ratio dans un pays en développement d'Amérique du Sud, comme le Pérou (BCRP, 2018).

43 Bien qu'il n'y ait pas de données systématiques sur ces valeurs, au Pérou, l'augmentation annuelle des terres urbaines est estimée à 9 pour cent (BCRP, 2018).

44 Nations Unies (2014). Perspectives de l'urbanisation mondiale: la révision de 2014.

TABLEAU 4.2.3: COÛTS ÉCONOMIQUES ASSOCIÉS À L'ÉROSION, 2017

	Bénin	Côte d'Ivoire	Sénégal	Togo
Actifs perdus (millions de USD)	1	1	1	0,2
Production perdue* (millions de USD)	35	16	103	25
Terre perdue (millions de USD)	81	80	432	188
Total (millions de USD)	117	97	537	213
Total (% du PIB)	1,3%	0,2%	3,3%	4,4%

Source: Estimations de la Banque mondiale. *Analyse basée sur une période de 30 ans. Les totaux peuvent ne pas correspondre exactement en raison de l'arrondissement.

4.2.2. CONCLUSIONS

Le coût total de l'érosion est estimé entre 97 millions de USD en Côte d'Ivoire et 537 millions de USD au Sénégal (tableau 4.2.3). Dans l'ensemble, le coût de l'érosion dans les quatre pays s'élève à **964 millions de USD, soit 1,4 pour cent de leur PIB.**

RÉFÉRENCES

- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD). 2017. Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Élevage. Rapport Régional Définitif. Région de Dakar. République du Sénégal.
- Agence Nationale de Gestion de l'Environnement (ANGE). 2018. Surveillance de la qualité de l'air à Lomé. Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières. République Togolaise.
- Andrady, A. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62: 1596–1605.
- Apte, J., Marshall, J., Cohen, A. and M. Brauer. 2015. Addressing Global Mortality from Ambient PM2.5 *Environmental Science & Technology* 49, 8057–8066. DOI: 10.1021/acs.est.5b01236
- Arrow K., Solow R., Portney P.R., Leamer E.E., Radner, R. and H. Schuman. 1993. Report of the NOAA Panel of Contingent Valuation. *Federal Register* 58: 4601 — 4614.
- Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). 2018. Indicadores del Mercado Inmobiliario en Peru. Notas de Estudios del BCRP No. 56 — 9 de agosto de 2018.
- Banque mondiale. 2014a. Côte d'Ivoire. Sustainable E-waste Management in Sub-Saharan Africa. World Bank.
- Banque mondiale. 2014b. Sénégal. Gestion des déchets électriques et électroniques en Afrique Sub-Saharienne. World Bank.
- Banque mondiale. 2015a. West Africa Coastal Areas Management Program: A Partnership for Saving West Africa's Coastal Assets. <http://www.worldbank.org/en/programs/west-africa-coastal-areas-management-program>
- Banque mondiale. 2015b. Republic of Togo. Rapid Cost of Environmental Degradation with a focus on coastal zones. World Bank.
- Banque mondiale. 2015c. Green ICT: Sustainable E-waste Management in Sub-Saharan Africa. Environment and Natural Resources Global Practice (GENDR) Africa Region.
- Banque mondiale. 2016. The Cost of Air Pollution. Strengthening the Economic Case for Action. Methodology for Valuing the Health Impacts of Air Pollution. Discussion of Challenges and Proposed Solutions. World Bank/Institute for Health Metrics and Evaluation. Washington D.C.

- Banque mondiale. 2017. Mauritanie. Coût de la dégradation et de la restauration de l'environnement côtier, marin et maritime: 2014. WACA. Programme d'assistance technique à la gestion du littoral de l'Afrique de l'Ouest. World Bank.
- Banque mondiale. 2018a. West Africa Coastal Areas Resilience Investment Project. Project Appraisal Document. World Bank. Washington D.C. Report No: PCBA-SIC0096602.
- Banque mondiale. 2018b. World Development Indicators. Washington, D.C.
- Banque mondiale. 2018c. What a Waste. Washington, D.C.
- Banga, M., Razack B. Lokina and A. F. Mkenda. 2011. Households' Willingness to Pay for Improved Solid Waste Collection Services in Kampala City, Uganda. The Journal of Environment and Development. Volume: 20 issue: 4, page(s): 428–448.
- Banna, F. M. and P.J. Ansermet. 2018. Gestion des Déchets Solides Municipaux au Sénégal: Défis et Opportunités d'Amélioration. World Bank Group and Korea. Green Growth Trust Fund. Washington, D.C.
- Bateman, I. 1994. Research methods for valuing environmental benefits. In: Dubgaard, A., Bateman, I. and M. Merlo (Eds.). Economic Valuation of Benefits from Countryside Stewardship. Workshop Proceedings. 7–8 June 1993. Kiel, Germany.
- Birol, E. and S. Das. 2010. The Value of Improved Public Services: An Application of the Choice Experiment Method to Estimate the Value of Improved Wastewater Treatment Infrastructure in India. Madras School of Economics. Working paper 51/2010.
- Brisoux, L. et P. Elgorriaga. 2018. *Les Enjeux de la Gestion des Déchets à Abidjan: La vitrine de la Côte d'Ivoire face aux défis de l'insalubrité. Rapport d'expertise Année 2017–2018*. IMT Atlantique, Rennes et Sciences Po Rennes. Rennes.
- Carson R., W., Hanemann M., Kopp, R. J., Krosnick, J. A., Mitchell, R. C., Presser, S., Ruud, P. A., and V. Kerry Smith. 1996. Was the NOAA Panel Correct about Contingent Valuation? <http://public.econ.duke.edu/Papers//Other/Kerrys/noaa-pan.ps>
- Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) Columbia University. 2015. Gridded Population of the World, Version 4 (GPWv4): Administrative Unit Center Points with Population Estimates. Palisades, NY: NASA Socio-economic Data and Applications Center (SEDAC). <http://dx.doi.org/10.7927/H4F47M2C>. Accessed 20 November 2018.
- Chèze, B., 2008. Economic valuation of environmental damages of waste sites. What can Meta-Analysis tell us about variations in amenity costs estimates? EconomiX-CNRS, University of Paris 10 and ADEME. Paris.
- Cohen, A., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H.R., Frostad, J., Estep, K., Balakrishnan, K., Brunekreef, B., Dandona, L., Dandona, R., Feigin, V., Freedman, G., Hubbell, B., Joblin, A., Kan, H., Knibbs, L., Liu, Y., Martin, R., Morawska, L., Pope, C.A., Shin, H., Straif, K., Shaddick, G., Thomas, M., van Dingenen, R., Donkelaar, A., Vos, T., Murray, C.J.L. and M.H. Forouzanfar. 2017. Estimates and 25-Year Trends of the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Air Pollution: An Analysis of Data from the Global Burden of Diseases Study 2015. The Lancet, 389: 1907–1918.
- Croitoru, L. and M. Sarraf, (Eds.) 2010 The Cost of Environmental Degradation. Case Studies from the Middle East and North Africa. Directions in Development. World Bank. D.C.

- Dixon, J. A., Scura, L. F., Carpenter, R.A., and P. B. Sherman. 1994. *Economic Analysis of Environmental Impacts*. London, UK Earthscan.
- Djossou, J., Léon J.-F., Barthélemy Akpo A., Liousse C., Yoboué, V., Bedou, M., Bodjrenou M., Chiron, C., Galy-Lacaux, C., Gardrat, E., Abbey, M., Sékou, K., Bahino, J., N'Datchoh, E., Osohou, M. and C. Awanou. 2018. Mass concentration, optical depth and carbon composition of particulate matter in the major southern West African cities of Cotonou (Benin) and Abidjan (Côte d'Ivoire). *Atmospheric Chemistry and Physics* 18: 6275–6291.
- Dodane, P.-H., Mbégué, M., Sow, O. and L. Strande. 2012. Capital and Operating Costs of Full-Scale Fecal Sludge Management and Wastewater Treatment Systems in Dakar, Senegal. *Environmental Science and Technology. Policy Analysis*. p. 3705–3711.
- Doumbia, E. H. T., Liousse, C., Galy-Lacaux, C., Ndiaye, S. A., Diop, B., Ouaf, M., Assamoi, E. M., Gardrat, E., Castera, P., Rosset, R., Akpo, A., and L. Sigha. 2012. Real time black carbon measurements in West and Central Africa urban sites, *Atmos. Environ.*, 54, 529–537, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.02.005>
- Freeman, A. M., III. 2003. *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*. 2nd edition. Washington, DC: Resources for the Future.
- Global Burden of Disease (GBD) 2017 Risk Factor Collaborators. 2018. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* 392: 1923–94.
- European Space Agency Climate Change Initiative. 2015. *Global Land Cover (1992 — 2015)*.
- Giardino, A., Schrijvershof R., Brière C., Nederhoff K., Tonnon P. K., and S. Caires. 2017. *Human Interventions and Climate Change Impacts on the West African Coastal Sand River*. Washington, DC: World Bank.
- Hagos, D., Mekonnen, A., and Z. Gebreegziabher. 2012. Households' Willingness to Pay for Improved Urban Waste Management in Mekelle City, Ethiopia. *Environment for Development Discussion Paper Series*. EfD and RFF.
- Huizinga, J., Moel, H. de and W. Szewczyk. 2017. Global flood depth-damage functions. Methodology and the database with guidelines. EUR 28552 EN. doi: 10.2760/16510.
- Hunt, A., Ferguson, J., Hurley, F. and A. Searl. 2016. *Social Costs of Morbidity Impacts of Air Pollution*, OECD Environment Working Papers, No. 99, OECD Publishing, Paris.
- Institut Ivoirien de la Statistique (IIS). 2015. *Statistiques de l'environnement*. République de Côte d'Ivoire, DGPLP et MEMPD financé par la Banque mondiale, le PAM, l'Agepe, l'UNICEF, l'AFRISTAT et le PNUD. Abidjan.
- Institut National de la Statistique et des Études Économiques et Démographiques (INSEED). 2017. *Comptes Nationaux du Togo 2015 Comptes Définitifs*. République Togolaise, Ministère de la Planification du Développement financé par l'Union européenne. Lomé.
- Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). 2018. *Global Burden of Disease 2017*. <http://www.healthdata.org/gbd>

- International Monetary Fund (IMF). 2017. *Senegal Article IV*. Washington, D.C.
- International Monetary Fund (IMF). 2018. *Benin Article IV*. Washington, D.C.
- International Marine and Dredging Consultants (IMDC). 2018a. Coût de la dégradation environnementale, évaluation du risque multi-aléas et analyse coût-bénéfice des solutions pour la zone côtière. Bénin. The World Bank/Nordic Development Fund.
- IMDC. 2018b. Coût de la dégradation environnementale, évaluation du risque multi-aléas et analyse coût-bénéfice des solutions pour la zone côtière. Côte d'Ivoire. The World Bank/Nordic Development Fund.
- IMDC. 2018c. Coût de la dégradation environnementale, évaluation du risque multi-aléas et analyse coût-bénéfice des solutions pour la zone côtière. Togo. The World Bank/Nordic Development Fund.
- Jambeck, J., Hardesty, B., Brooks, A. L., Friend, T., Teleki, T., Fabres, J., Beaudoin, Y., Bamba, A., Francis, J., Ribbink, A., Baleta, T., Bouwman, H., Knox, J. and C. Wilcox. 2018. Challenges and emerging solutions to the land-based plastic waste issue in Africa. *Marine Policy* 96: 256–263.
- Johnston, R.J., Rolfe, J., Rosenberger, J. and R. Brouwer. 2015. *Benefit Transfer of Environmental and Resource Values: A Handbook for Researchers and Practitioners*. Springer.
- Khattabi, A. and L. Croitoru. 2015. Chapitre 3. Eau. In: Croitoru, L. and M. Sarraf (Eds.) *Le Coût de la Dégradation de l'Environnement au Maroc*. Environment and Natural Resources Global Practice Discussion Paper 5. World Bank.
- Kosuth, M., Mason, S. A., and E. V. Wattenberg. 2018. Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *PLOS ONE* 13(4): e0194970.
- Lioussé, C., Guillaume, B., Grégoire, J. M., Mallet, M., Galy, C., Pont, V., Akpo, A., Bedou, M., Castéra, P., Dungall, L., Gardrat, E., Granier, C., Konaré, A., Malavelle, F., Mariscal, A., Mieville, A., Rosset, R., Serça, D., Solmon, F., Tummmon, F., Assamoi, E., Yoboué, V., and Van Velthoven, P.: Updated African biomass burning emission inventories in the framework of the AMMA-IDAF program, with an evaluation of combustion aerosols, *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 9631–9646, <https://doi.org/10.5194/acp-10-9631-2010>, 2010.
- Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., and S. Aarninkhof. 2018. The state of the world's beaches. *Scientific Report* Vol. 8, pp. 6641.
- Markandya, A., Harou, P., Bellu, L.G. and V. Cistulli. 2002. *Environmental Economics for Sustainable Growth: A Handbook for Practitioners*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Niang, I., Ruppel, O.C., Abdrabo, M.A., Essel, A., Lennard, C., Padgham, J. and Urquhart, P. (2014) Africa. In: Barros, V.R., Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R. and White, L.L., Eds., *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, 1199–1265.

- Ndunda, E. and E., Mungatana. 2013. Evaluating the Welfare Effects of Improved Wastewater Treatment Using a Discrete Choice Experiment. *Journal of Environmental Management*, Vol. 123, pp. 49–57.
- Olojede, M. and A. Adelayo. 2014. Household Willingness to Pay for Improved Solid Waste Management in Akinyele Local Government Area. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* Vol.4, No.18: 76–82.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). 2014. *The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport*. OECD Publishing, Paris.
- Pagiola, S., von Ritter, K., and J., Bishop. 2004. Assessing the economic value of ecosystem conservation. *Environment Department Paper No.101*. Washington: World Bank.
- Raich, U., 2009. *The State of Solid Waste Management in Maputo, Mozambique: Presentation*. World Bank. Washington, D.C.
- Rajagopalan, S. and R.D., Brook. 2012. Air pollution and type 2 diabetes: mechanistic insights. *Diabetes* 2012; 61: 3037–45.
- Rodrigue, K. A., Essi, K., Cyril, K. M. and A. Trokourey. 2018. Estimation of Methane Emission from Kossihouen Sanitary Landfill and Its Electricity Generation Potential (Côte d'Ivoire). *Journal of Power and Energy Engineering*, Vol. 6: 22–31.
- Schwabl, P., Liebmann, B., Köppel, S., Königshofer, P., Bucsics, T. Trauner, M. and T. Reiberger. 2018. Assessment of microplastic concentrations in human stool. *United European Gastroenterology Week*. Medical University of Vienna and Austria Environment Agency. Vienna.
- Trang, T., Rañola, R. and N. Van Song. 2018. Households' Willingness-to-Pay for Wastewater Treatment in Traditional Agro-Food Processing Villages, Nhue-Day River Basin, Vietnam: Case Study in Hanoi City. *Journal of Environmental Protection* (9): 1021–1033.
- Union Économique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA). 2010. *Regional Study for Shoreline Monitoring and Drawing up a Development Scheme for the West African Coastal Areas: Diagnostic*. Report number 4. Ouagadougou.
- United Nations (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*.
- United Nations Environment Programme (UNEP). 2015. *Economic valuation of wastewater. The cost of action and the cost of no action*. GPA/UN/IWMA.
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). 2011. *The Economic and Social Value of The Guinea Current Ecosystem—A First Approximation*. Interim Guinea Current Commission/UNIDO.
- Viscusi, W. K. and J.E. Aldy. 2003. *The Value of a Statistical Life. A Critical Review of Market Estimates throughout the World*. NBER Working paper series. National Bureau of Economic Research.
- Viscusi, W. K. and C. J. Masterman. 2017. Income Elasticities and Global Values of a Statistical Life. *J. Benefit Cost Anal.*: 8(2):226–250.
- Willis, K. and G. Garrod (Eds.). 2012. *Valuing Environment and Natural Resources*. Edward Elgar Publishing.



GROUPE DE LA BANQUE MONDIALE

1818 H Street, NW
Washington, D.C. 20433 USA
Téléphone: 202-473-1000
Internet: www.worldbank.org/environment