

ACTUALISATION DU RAPPORT TECHNIQUE DU PAC N° 33 SOURCES ET ACTIVITÉS TERRESTRES DANS LES CARAÏBES

CHARGES POLLUANTES MÉNAGÈRES ET INDUSTRIELLES ET
APPORT DES BASSINS VERSANTS TRIBUTAIRES





RAPPORT TECHNIQUE No. 53 DU PROGRAMME POUR L'ENVIRONNEMENT DES CARAÏBES

ACTUALISATION DU RAPPORT TECHNIQUE DU PAC N° 33 SOURCES ET ACTIVITÉS TERRESTRES DANS LES CARAÏBES

CHARGES POLLUANTES MÉNAGÈRES ET INDUSTRIELLES ET APPORT DES BASSINS VERSANTS TRIBUTAIRES

Septembre 2010

DENI DE RESPONSABILITE

La teneur du présent ouvrage ne reflète pas nécessairement les vues ou politiques du PNUE ou de ses organisations affiliées. Les appellations qui y sont employées et la présentation des éléments qui y figurent n'impliquent de la part du PNUE ou de ses organisations affiliées aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

©2010 PNUE



Programme pour l'environnement des Caraïbes
4-20 Port Royal Street
Kingston, Jamaïque

La présente publication peut être reproduite, en totalité ou en partie, sous n'importe quelle forme, à des fins éducatives ou non lucratives, sans l'autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur, à condition qu'il soit fait mention de la source. Le PNUE souhaiterait néanmoins qu'un exemplaire de l'ouvrage où se trouve reproduit l'extrait pertinent lui soit communiqué.

La présente publication ne peut être ni revendue ni utilisée à d'autres fins commerciales sans l'autorisation écrite préalable du Programme des Nations Unies pour l'environnement.

À tous effets bibliographiques, ce document doit être cité comme :

UNEP-UCR/CEP, 2010. CEP TR No. 52: "Updated CEP Technical Report No. 33 Land-based Sources and Activities in the Wider Caribbean Region"

TABLE DES MATIÈRES

ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS.....	1
REMERCIEMENTS.....	2
RÉSUMÉ.....	3
INTRODUCTION.....	8
1. COUVERTURE GÉOGRAPHIQUE.....	10
2. COUVERTURE DE L'ASSAINISSEMENT.....	12
2.1. POPULATION TRIBUTAIRE ET EAUX USEES MENAGERE DEVERSEES DANS LES CARAÏBES	12
2.2. COUVERTURE D'ASSAINISSEMENT	15
2.3. TECHNOLOGIES D'ÉPURATION MIEUX APPROPRIÉES.....	18
3. CHARGES POLLUANTES MÉNAGÈRES. ACTUALISATION.....	22
3.1. CHARGES POLLUANTES MENAGERES DEVERSEES DANS LES CARAÏBES.....	22
3.2. MATIERE ORGANIQUE D'ORIGINE MENAGERE.....	24
3.3. MATIERES EN SUSPENSION TOTALES D'ORIGINE MENAGERE.....	25
3.4. NUTRIMENTS D'ORIGINE MENAGERE	26
3.5. LE RAPPORT TECHNIQUE DU PAC N° 33 (1994) COMPARE AU PRESENT RAPPORT ACTUALISE	27
3.5.1. <i>Matière organique</i>	28
3.5.2. <i>Matières en suspension totales</i>	29
3.5.3. <i>Nutriments</i>	29
4. CHARGES POLLUANTES INDUSTRIELLES. ACTUALISATION	31
4.1. CHARGES POLLUANTES INDUSTRIELLES DEVERSEES DANS LES CARAÏBES.....	31
4.2. MATIERE ORGANIQUE D'ORIGINE INDUSTRIELLE.....	34
4.3. MATIERES EN SUSPENSION TOTALES D'ORIGINE INDUSTRIELLE.....	35
4.4. NUTRIMENTS D'ORIGINE INDUSTRIELLE	36
4.5. RAPPORT TECHNIQUE DU PAC N° 33 COMPARE AU PRESENT RAPPORT ACTUALISE.....	37
4.5.1. <i>Matières organiques</i>	38
4.5.2. <i>Matières en suspension totales</i>	38
4.5.3. <i>Nutriments</i>	39
4.5.4. <i>Remarques générales par comparaison entre les données de 1994 et les données actualisées</i>	40
4.6. DEVERSEMENTS D'HYDROCARBURES DE PETROLE	41
4.6.1. <i>Risques de pollution industrielle par hydrocarbures dans les Caraïbes</i>	41
4.6.2. <i>Risques des opérations offshore dans les Caraïbes</i>	43
5. BASSINS VERSANTS. ACTUALISATION	44
5.1. CHARGES POLLUANTES DES BASSINS VERSANTS DANS LES CARAÏBES.....	44
5.2. MATIERES EN SUSPENSION TOTALES DES BASSINS VERSANTS.....	49
5.3. NUTRIMENTS DE BASSINS VERSANTS	50
5.4. APPORTS D'AUTRES POLLUANTS DANS LES CARAÏBES.....	51
5.5. APPORTS DE SOURCES DIFFUSES DANS LES CARAÏBES	52
5.5.1. <i>Utilisation d'engrais et de produits agrochimiques dans les Caraïbes</i>	52
5.5.2. <i>Apports polluants de sources diffuses dans les Caraïbes</i>	57
5.6. RAPPORT TECHNIQUE DU PAC N° 33 PAR COMPARAISON AU PRESENT RAPPORT ACTUALISE	62
6. ÉVOLUTION PRÉVUE DES CHARGES POLLUANTES MÉNAGÈRES. SCÉNARIOS 2015 ET 2020. 63	
6.1. ÉVOLUTION DE LA COUVERTURE D'ASSAINISSEMENT.....	63
6.2. SCENARIO 2015	64

6.2.1. Charges polluantes ménagères déversées dans les Caraïbes en 2015.....	65
6.3. SCENARIO 2020	68
6.3.1. Charges polluantes ménagères déversées dans les Caraïbes en 2020.....	68
CONCLUSIONS	72
RECOMMANDATIONS.....	73
BIBLIOGRAPHIE.....	73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Population côtière tributaire, débit déversé d'eaux usées ménagères (m³.sec⁻¹) et apport par habitant quotidien (l. hab⁻¹. jour⁻¹) dans les Caraïbes^{8, 14,15,16,17,18,19}	13
Tableau 2. Couverture d'assainissement, population côtière tributaire dotée d'une couverture d'assainissement et effluents d'égout plus ou moins épurés dans des pays caribéens par sous-région^{88,20,21}	16
Tableau 3. Émissaires sous-marins signalés dans des pays caribéens^{8,24}	20
Tableau 4. Charge polluante ménagère (t.an⁻¹) déversée par sous-région dans les Caraïbes^{8,9,10,15,17}	23
Tableau 5. Niveaux comparatifs des charges polluantes ménagères déversées dans les Caraïbes par sous-région (t.an⁻¹) entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le Rapport actualisé^{5,8,12}	27
Tableau 6. Principales activités industrielles dans les pays des Caraïbes⁸	31
Tableau 7. Charge polluante industrielle (t.an⁻¹) déversée dans les Caraïbes par sous-région (1997-2008)⁸ ...	33
Tableau 8. Niveaux comparatifs de charges polluantes industrielles déversées dans les Caraïbes par sous-région (t.an⁻¹), par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé^{5,8}	37
Tableau 9. Charge polluante moyenne annuelle déversée dans les Caraïbes (t.an⁻¹), aire de drainage (km²) et débit (m³.sec⁻¹) des principaux bassins versants par sous-région^{8,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50}	45
Tableau 10. Apports de polluants (TSed, COT, AetG, HPDD, CT) provenant des principaux bassins versants dans les Caraïbes en tonnes annuelles^{8,37,39,40,41}	51
Tableau 11. Consommation d'engrais (t.an⁻¹) dans les Caraïbes par sous-région en 2005⁵²	53
Tableau 12. Surfaces consacrées aux cultures (ha) dans les Caraïbes par sous-région⁵³	54
Tableau 13. Utilisation moyenne de pesticides (t.an⁻¹) dans certains pays caribéens^{5,54}	56
Tableau 14. Charge sédimentaire estimée (t.an⁻¹) apportée dans les Caraïbes (sous-régions IV et V) par des sources diffuses⁵⁷	60
Tableau 15. Estimations des charges sédimentaires (t.an⁻¹) apportées aux Caraïbes par les bassins versants par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 et le présent Rapport actualisé^{5,8,40,42,43,44}	62
Tableau 16. Évolution de la couverture d'assainissement avec ou sans connexion aux systèmes d'égout dans la région (non compris les USA) durant la période 1960-2000⁵⁹	63
Tableau 17. Population côtière tributaire et débit d'eaux usées ménagères (m³.sec⁻¹) déversées dans les Caraïbes dans le scénario 2015^{8,11,12,59,62,63,64,65}	65
Tableau 18. Estimation des charges polluantes ménagères (t.an⁻¹) déversées dans les Caraïbes selon le scénario 2015 par comparaison avec le présent Rapport actualisé^{8,11,12,63,64,65}	68
Tableau 19. Population côtière tributaire et débit d'eaux usées ménagères (m³.sec⁻¹) déversées dans les Caraïbes dans le scénario 2020^{8,11,12,63,64,65}	69
Tableau 20. Estimation des charges polluantes ménagères (t.an⁻¹) déversées dans les Caraïbes selon le scénario 2020 par comparaison avec le présent Rapport actualisé^{8,11,12,63,64,65}	71

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Etats et territoires formant les Caraïbes.....	10
Figure 2. Division des Caraïbes en cinq sous-régions.....	11
Figure 3. Pourcentage du débit d'eaux usées ménagères déversées par sous-région dans les Caraïbes.....	14
Figure 4. Apports de matière organique d'origine ménagère (DBO ₅ et DQO) par sous-région dans les Caraïbes (t.an ⁻¹).....	25
Figure 5. Déversements de matières en suspension totales (MST) d'origine ménagère dans les Caraïbes par sous-région (t.an ⁻¹).....	26
Figure 6. Déversements de nutriments (At et Pt) d'origine ménagère dans les Caraïbes par sous-région.....	26
Figure 7. Déversements de matières organiques (DBO ₅) d'origine ménagère dans les Caraïbes par sous-région par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.....	28
Figure 8. Déversements des matières en suspension totales (MST) d'origine ménagères dans les Caraïbes par sous-région par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.....	29
Figure 9. Déversements d'azote total d'origine ménagère dans les Caraïbes par sous-région par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.....	30
Figure 10. Déversements de phosphore total d'origine ménagère dans les Caraïbes par sous-région par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.....	30
Figure 11. Déversements de matières organiques d'origine industrielle (DBO ₅ /DQO) dans les Caraïbes par sous-région (t.an ⁻¹).....	35
Figure 12. Déversements de matières en suspension totales (MST) contenus dans les eaux usées industrielles dans les Caraïbes par sous-région (t.an ⁻¹).....	35
Figure 13. Déversements de nutriments (At y Pt) d'origine industrielle dans les Caraïbes par sous-région (t.an ⁻¹).....	36
Figure 14. Charges organiques (DBO ₅) d'origine industrielle déversées dans les Caraïbes par sous-région en tonnes annuelles, par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.....	38
Figure 15. Déversements d'azote total (At) d'origine industrielle dans les Caraïbes par sous-région (tonnes annuelles) par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.....	39
Figure 16. Déversements de phosphore total (Pt) d'origine industrielle dans les Caraïbes par sous-région (tonnes annuelles) par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.....	40
Figure 17. Mouvement annuel et journalier de bateaux dans les cinq zones d'étude en 2003 ³¹	42
Figure 18. Débit (m.sec ⁻¹) et charges polluantes (t.an ⁻¹) dans les Caraïbes provenant des principaux bassins versants.....	47
Figure 19. Embouchure du Mississippi.....	47
Figure 20. Bassin du Mississippi/Atchafalaya (USA).....	48
Figure 21. Apports d'eau douce (m ³ .sec ⁻¹ et %) aux Caraïbes en provenance des bassins versants par sous-région.....	49
Figure 22. Comportement typique du « panache » de déversement des sédiments en suspension du Cobre dans la baie Hunts, dans le port de Kingston (Jamaïque).....	50
Figure 23. Consommation de pesticides (t) dans la sous-région II (Caraïbes occidentales) en 2001 ⁵⁴	56
Figure 24. Récifs coralliens des Caraïbes menacés par la sédimentation et la pollution.....	57
Figure 25. Décharge de sédiments et d'azote par bassin versant dans le récif méso-américain (t.an ⁻¹).....	59
Figure 26. Apport relatif de charges sédimentaires (t.an ⁻¹) dans les sous-régions IV et V provenant de sources diffuses ⁵⁷	61

ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

AMEP : Evaluation et gestion de la pollution environnementale (*Assessments and Management of Environmental Pollution*)

CCSTI : Comité consultatif scientifique et technique intérimaire du Protocole LBS de la Convention de Cartagena.

CEHI: Institut caribéen de santé environnementale (*Caribbean Environmental Health Institute*), Sainte-Lucie.

CEPIS: Centre panaméricain d'ingénierie sanitaire (*Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria*), Pérou.

CEPPOL : Centre d'expertises pratiques de lutte antipollution

CGSM: Grands marais de Santa Marta (*Ciénaga Grande de Santa Marta*), Colombie

CICAR: Groupe de coordination internationale de recherche en coopération des Caraïbes et des régions adjacentes (*Grupo de Coordinación Internacional para la Investigación Cooperativa del Caribe y regiones Adyacentes*).

CIMAB : Centre d'ingénierie et de gestion environnementales des baies et des côtes (*Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas*), Cuba.

CIRA/UNAN: Centre de recherche des ressources aquatiques de l'Université nationale autonome du Nicaragua (*Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua*).

COPACO : Commission des pêches pour l'Atlantique Centre-Ouest (COPACO) de la FAO.

EPA : Agencia de Protection de l'environnement (*Environmental Protection Agency*), USA

FEM : Fonds pour l'environnement mondial.

IMA : Institut des questions marines (*Institute of Marine Affairs*), Trinité-et-Tobago

INVEMAR : Institut de recherche marine et côtière (*Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras*), Colombie.

IOC-UNESCO : Commission océanographique intergouvernementale (*Inter-governmental Oceanographic Commission*)

NEPA : Agence nationale de l'environnement et de l'aménagement du territoire (*National Environmental and Planning Agency*), Jamaïque.

NOAA : Administration nationale de l'océan et de l'atmosphère (*U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration*).

ONU : Organisation des Nations Unies.

OPS : Organisation panaméricaine de la santé.

PEC : Programme pour l'environnement des Caraïbes.

PIED : Petit Etat insulaire en développement

PNUD : Programme des Nations Unies pour le développement.

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'environnement.

SIDA: Agence suédoise pour le développement international (*Swedish International Development Agency*)

SLB : Source de pollution marine d'origine terrestre.

UCR/CAR-PNUE : Unité de coordination régionale du Programme pour l'environnement des Caraïbes.

UDO: Université d' Oriente (*Universidad de Oriente*) (Venezuela).

UNOPS : Bureau des Nations unies pour les services d'appui aux projets.

REMERCIEMENTS

Le programme pour l'environnement des Caraïbes (PEC) tient à remercier différentes personnes et organisations impliquées dans la préparation de ce Rapport. Il reconnaît le travail du Centre d'activités régional pour le Protocole des sources terrestres de pollution marine de la Convention de Cartagena, le Centre d'ingénierie et de gestion environnementale des baies et des côtes (CAR/FTCM Cimab) de Cuba qui s'est chargé d'actualiser le Rapport technique n° 33 du PEC afin de produire le présent Rapport. Le travail du CAR/FTCM Cimab a inclus la mise au point de la technologie du projet, la collecte et la compilation des données pertinentes, l'analyse de celles-ci et la préparation du Rapport.

La mise en œuvre de ce projet a été suivie par les participants aux 11^e, 12^e, 13^e et 14^e Réunions intergouvernementales du Plan d'action du PEC et aux 8^e, 9^e et 10^e Réunions des Parties contractantes à la Convention de Cartagena, ainsi qu'aux 2^e, 3^e, 4^e et 5^e Réunions du Comité consultatif scientifique et technique intérimaire du Protocole LBS.

La méthodologie employée dans le présent Rapport a été mise au point ou révisée (ou les deux à la fois) par le CAR/FTCM Cimab et par des experts de la région qui ont participé aux ateliers organisés à Caracas (Venezuela) et à La Havane (Cuba) en 2005 et en 2006 respectivement.

Les données utilisées dans le présent Rapport ont été fournies par les Centres de liaison gouvernementaux nationaux et techniques du Protocole LBS, par d'autres Centres d'activités régionaux du PAC et par des experts régionaux concernés par la gestion des sources terrestres de pollution marine.

Nous tenons à remercier les gouvernements du Costa Rica, de la Guyane française, de la Jamaïque, du Mexique, des Antilles néerlandaises et des Etats-Unis, ainsi que le CAR/FTCM, l'Institut des questions marines (IMA) de Trinité-et-Tobago, l'Institut de recherche marine et côtière (INVEMAR) de Colombie, le Projet GEF REPCar et l'Organisation panaméricaine de la santé (OPS) de leurs commentaires et des actualisations des premières versions du présent Rapport.

RÉSUMÉ

Le présent Rapport s'exécute en vertu du mandat de la Onzième Réunion intergouvernementale du Plan d'action pour les Caraïbes (PAC) et de la Huitième Réunion des Parties contractantes à la Convention de Cartagena, tenue à Montego Bay (Jamaïque) en octobre 2004, où décision a été prise d'actualiser le Rapport technique n° 33 du Plan d'action pour les Caraïbes, avec le soutien financier de l'Agence suédoise du développement (SIDA), à partir des rapports techniques nationaux des pays caribéens, ainsi que des rapports et publications d'organismes des Nations Unies. Le projet original visait à la mise en place de politiques nationale et régionales relatives à l'évaluation et au contrôle des charges polluantes déversées dans les Caraïbes en provenance de sources et activités d'origine terrestre.

Le projet d'actualisation du Rapport technique n° 33 (1994) s'est développé de 2005 à 2010 en deux étapes ; la première sous forme de deux ateliers régionaux Méthodologies d'estimation des charges polluantes d'origine terrestre dans les Caraïbes (Caracas 2005 et La Havane 2006), qui ont permis d'établir les indicateurs de qualité environnementale et les méthodologies d'estimation des charges polluantes en fonction des capacités techniques et financières des pays de la région. Ces méthodologies sont liées à des projets futurs, à des bases de données et à des programmes de suivi en rapport avec le contrôle des charges polluantes déversées dans les Caraïbes. La méthodologie utilisée dans le Rapport technique n° 33 du PAC (1994) s'est basée sur le document « Gestion et contrôle de l'environnement » WHO/PEP/89.1, dont on a préparé une version abrégée et légèrement modifiée. Les États-Unis d'Amérique, Porto Rico et les Iles vierges américaines ont toutefois utilisé la méthodologie des sources diffuses de pollution de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) pour l'Inventaire national du rejet des polluants sur les côtes (NCPDI).

Durant la seconde phase, on a tenu compte des Rapports techniques nationaux présentés par la Barbade, le Belize, la Colombie, le Costa Rica, Cuba, la Guyane française, la Guadeloupe, la Martinique, la Jamaïque, le Nicaragua, le Panama, la République dominicaine, Trinité-et-Tobago et le Venezuela, et d'autres informations disponibles jusqu'en 2009, afin d'actualiser les données concernant les charges polluantes déversées dans les Caraïbes. Le reste des émissions de charges polluantes dans les Caraïbes a été évalué à partir des méthodologies discutées et approuvées aux ateliers tenus à Caracas et à La Havane, et les estimations de charges polluantes en provenance de sources diffuses de pollution.

Ce Rapport actualisé, qui comprend six chapitres, présente l'actualisation des charges polluantes ménagères et industrielles déversées dans les Caraïbes, de pair avec la couverture d'assainissement et les installations de traitement, ainsi que l'apport des bassins hydrographiques tributaires, selon l'information disponible dans les pays de la région.

Il estime par ailleurs l'évolution des charges polluantes déversées dans la région selon deux nouveaux scénarios : année 2015 et année 2020, dans le cadre des Objectifs pour le Millénaire des Nations Unies.

Le chapitre I, portant sur la couverture géographique, comprend la ventilation des Caraïbes en cinq sous-régions (golfe du Mexique, Caraïbes occidentales, Caraïbes méridionales, Caraïbes orientales et Caraïbes nord-orientales et centrales) ce qui facilite l'évaluation et la synthèse des charges polluantes déversées dans les Caraïbes, et définit les petits États insulaires comme totalement côtiers et les vastes États continentaux et les grandes îles comme une zone côtière jusqu'à vingt-cinq kilomètres à l'intérieur des terres, selon les caractéristique de la plupart des pays caribéens, afin d'estimer la population côtière tributaire dans la région.

Le chapitre 2, portant sur la couverture d'assainissement, calcule la taille de la population côtière tributaire (70 millions d'habitants) et le débit d'eaux usées ménagères déversées dans les Caraïbes (203 m³.sec⁻¹). Il aborde les caractéristiques de la couverture d'assainissement avec ou sans branchement aux systèmes d'égout, couverture qui touche 60 millions d'habitants (85 p. 100), dont une part significative de systèmes domestiques à faible coût. L'apport quotidien par habitant (Ipcd) est estimé à 209 litres d'eaux usées ménagères déversés par habitant dans les Caraïbes.

Le chapitre 3, qui aborde l'actualisation des charges polluantes ménagères, comprend les estimations des charges organiques (DBO₅ et DQO), des matières en suspension (MST) et nutriments (At et Pt) déversées par sous-région dans les Caraïbes. La comparaison entre les chiffres du Rapport technique du PAC n° 33 en 1994 et ce Rapport actualisé indique des réductions des apports de charges polluantes ménagères dans les Caraïbes, notamment des nutriments, malgré l'augmentation progressive de la population, ce qui est probablement dû à une couverture d'assainissement plus étendue et à des différences dans les méthodologies employées dans les deux rapports. De plus, le Rapport de 1994 ne concerne que vingt-cinq pays de la région, tandis que le Rapport actualisé tient compte des vingt-huit Etats et dix-huit territoires dépendants de quatre Etats dans la région.

Le chapitre 4 résume l'actualisation des charges polluantes d'origine industrielle déversées par sous-région dans les Caraïbes. La comparaison entre les données du Rapport technique du PAC n° 33, de 1994 et celles du Rapport actualisé indique en général une forte réduction des charges polluantes industrielles, malgré le développement industriel progressif, ce qui est probablement dû aux différences des méthodologies employées dans les deux cas et à une amélioration des capacités d'épuration des eaux usées de la part des raffineries de pétrole, des sucreries, des raffineries et des distilleries de boissons et liqueurs, des usines alimentaires, des usines de pâte à papier, de l'industrie chimique, de l'industrie textile, de l'industrie lourde (fer, acier, machines, métaux non ferreux), des savonneries et parfumeries, des mines, des usines de plastique, des tours, des centrales électriques, des usines de galvanoplastie et autres industries.

La méthodologie utilisée dans ce Rapport actualisé comprend des méthodes directes par prises d'échantillons, mesures du débit et des méthodes analytiques normalisées pour tests de laboratoire. Les méthodes indirectes comprennent les indicateurs de production et de consommation, l'estimation des facteurs d'émission, d'extrapolation, de bilan des matériaux, et d'autres méthodes d'évaluation rapide. Le chapitre discute en outre les déversements d'hydrocarbure dans les Caraïbes en rapport avec l'industrie, le transport et les opérations offshore, mais ne quantifie pas les charges polluantes par hydrocarbure dans le milieu marin, faute de données fiables. La prospection et l'exploitation offshore augmentent dans la région, en particulier dans le golfe du Mexique, les Caraïbes méridionales et les Caraïbes orientales, tandis que des études de prospection et extraction off-shore se réalisent dans les Caraïbes nord-orientales et centrales.

Le chapitre 5, qui porte sur les bassins hydrographiques tributaires, résume les apports des charges polluantes dans les Caraïbes, bien que l'information soit incomplète, faute de données au sujet des charges polluantes apportées par les bassins du Mississippi et de l'Orénoque et par d'autres bassins mineurs. La comparaison entre les données du Rapport technique du PAC n°3, de 1994, et celle de ce Rapport actualisé indique un accroissement des charges polluantes, ce qui se doit, d'une manière typique, à une exploitation accrue des bassins et, probablement, à des différences dans la méthodologie d'estimation. Il aborde les problèmes associés à la gestion incorrecte des bassins par suite de longues périodes d'économies agricoles, d'établissements humains et du développement industriel croissant aux dépens des terres à usage forestier. Il fournit les résultats des études entreprises dans le récif méso-américain (Belize, Guatemala et Honduras), dans les Caraïbes orientales et dans les Caraïbes nord-orientales et centrales, et résume l'apport de sédiments et de nutriments en provenance de sources diffuses de pollution.

Le chapitre 6 aborde l'évolution des charges polluantes ménagères dans les Caraïbes aux horizons 2015 et 2020, compte tenu des tendances en rapport avec les Objectifs pour le Millénaire des Nations Unies. La comparaison entre les valeurs des charges ménagères prévues et celles signalées dans le Rapport actualisé indique de légères augmentations malgré la croissance prévue de la population. Ceci prouve l'importance pour les Caraïbes d'atteindre lesdits Objectifs en matière de gestion des eaux usées ménagères.

Le tableau ci-dessous indique les charges polluantes totales déversées dans les Caraïbes à partir de l'activité urbaine et industrielle, l'aire de drainage des bassins versants et le flux total apporté par les sources et activités d'origine terrestre et des bassins versants, selon l'information disponible. Le golfe du Mexique reçoit les flux les plus petits par aire drainée, à raison de $0,006 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, ce qui est probablement dû à une pluviosité réduite dans les bassins versants et à une utilisation et à une gestion appropriées de la terre qui réduit les écoulements. C'est dans les Caraïbes méridionales que sont déversés les flux les plus importants ($0,035 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$), ce qui indique probablement une pluviosité plus forte dans les bassins versants, ainsi qu'une

utilisation et une gestion inappropriées de la terre. Dans le reste de la région, le flux déversé est fonction de la grandeur de l'aire de drainage.

Charges polluantes totales déversées dans les Caraïbes, aire de drainage (km²) et débit (m³.sec⁻¹) apporté

Caraïbes	Aire de drainage (km ²)	Débit ¹ (m ³ .sec ⁻¹)	Charge moyenne annuelle (t.an ⁻¹) x 10 ³				
			DBO ₅	DQO	MST	At	Pt
Golfe du Mexique	4, 508,020	29,100	318 ²	669 ²	217,213	1,678	164
Caraïbes occidentales	291,439	3,004	427	1,851	5,819	15	5
Caraïbes méridionales	1, 278,743	3,364	3,364 ³	14,670 ³	202,383	644	125 ³
Caraïbes orientales	105,242	1,004	210	389	56	3	1
Caraïbes nord-orientales et centrales	378,871	3,055	722	2,780	7,688	36	13
Total	6, 500,000	81,203	5,000	20,000	433,000	2,400	300

¹ Non compris le débit des eaux usées industrielles, faute de données.

² Non compris les apports organiques des bassins de la sous-région I, faute de données.

³ Non compris les apports organiques et l'apport de phosphore du bassin de l'Orénoque, faute de données.

Les conclusions sont les suivantes:

- La couverture d'assainissement dans les Caraïbes s'est accrue depuis le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et atteint 85 p. 100 de la population côtière tributaire, ce qui est facilité par l'usage intensif de technologies d'assainissement mieux appropriées et à faible coût.
- Les charges polluantes ménagères déversées dans les Caraïbes ont diminué depuis le Rapport technique du PAC n° 33 (1994), en particulier les nutriments. La volonté politique des gouvernements et administrations aux différents niveaux (national, régional et local) doit toutefois permettre de réduire plus et de contrôler mieux la pollution grâce au renforcement institutionnel et à la conscientisation des citoyens, ainsi que grâce à de plus gros investissements et à un soutien technique accru au secteur de l'assainissement de base.
- Les charges polluantes industrielles déversées dans les Caraïbes ont diminué d'une manière significative depuis le Rapport technique du PAC n° 33 (1994). Il faut toutefois que les autorités contribuent à réduire plus et à contrôler mieux la pollution en faisant respecter les normes de déversement approuvées et établies dans les pays de la région, en renforçant les institutions et en conscientisant les entreprises, ainsi qu'en augmentant les investissements et l'appui technique du secteur industriel afin d'impulser la mise en œuvre des normes : Norme institutionnelle ISO 14001:2004 « Systèmes de gestion environnementale – Conditions requises et instruction d'utilisation ».

- La charge sédimentaire est la principale contribution de polluants des bassins versants dans les Caraïbes ; il faut donc de meilleures pratiques de gestion des bassins versants pour contrôler les écoulements agricoles et réduire les taux d'érosion, ce qui permettra de contrôler efficacement les sédiments et de réduire la charge de nutriments qui pourraient y arriver associés à ces voies.
- Les chiffres signalés suggèrent que les plus grosses contributions de charges annuelles de MST et de Pt proviennent de la sous-région I (golfe du Mexique) et de la sous-région III (Caraïbes méridionales). Les chiffres montrent aussi, toutefois, que les valeurs les plus basses de charges annuelles de DBO₅, de DQO et de Nt proviennent de la sous-région I (golfe du Mexique), ce qui est surprenant puisque c'est elle qui apporte les plus gros flux d'eaux usées ménagères dans les Caraïbes (49 p. 100). C'est peut-être dû au fait que la sous-région I exhibe des taux élevés de gestion et de traitement des eaux usées ménagères. Par ailleurs, les charges moyennes annuelles relativement élevées de la sous-région III (Caraïbes méridionales) peuvent être le résultat des plus gros écoulements générés sur un kilomètre carré ($0,035 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$) par comparaison avec d'autres sous-régions (fourchette : $0,006- 0,010 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$), ce qui cause une élévation de l'érosion et du transport de polluants.

Parmi les recommandations, on trouve :

- Promouvoir l'usage de modèles mathématiques et d'autres techniques d'évaluation pour estimer les charges polluants provenant des sources de pollution diffuses dans les Caraïbes et faciliter l'application de l'Annexe IV du Protocole LBS relatif à l'évaluation des sources de pollution agricole diffuses.
- Promouvoir l'aide aux pays caribéens en matière de standardisation de la méthodologie, d'analyse et d'interprétation des données, l'utilisation partagée de l'information, l'achèvement de la couverture d'assainissement et le renforcement des capacités permettant d'aborder les questions d'environnement et de développement.
- Compte tenu des ressources disponibles limitées et de la complexité à évaluer directement la charge polluante, surtout en provenance de sources diffuses, il faut identifier et utiliser d'autres indicateurs de charges polluantes et leur impact sur le milieu marin.
- Les scénarios 2015 et 2020 (légers accroissements de la charge polluante ménagère malgré la croissance estimée de la population côtière tributaire) prouvent l'importance d'étendre la couverture d'assainissement et les installations de traitement dans les pays caribéens en accord avec les Objectifs du Millénaire pour le développement, et de respecter les limites d'effluents visés à l'Annexe III du Protocole LBS de la Convention de Cartagena.

INTRODUCTION

Les Caraïbes reçoivent des charges polluantes ménagères et industrielles et des eaux de ruissellement provenant des bassins versants à travers de sources de pollution ponctuelles et diffuses. Les eaux usées ménagères et la pollution par des nutriments d'origine agricole constituent la plus grande menace à l'habitat côtier. Il est essentiel pour les pays de la région de réduire et de contrôler les sources de pollution afin de protéger la santé humaine et les ressources marines dans le cadre du Protocole LSB et du Protocole sur les déversements d'hydrocarbures, tous deux rattachés à la Convention de Cartagena. Le présent Rapport actualisé constitue la seconde évaluation des charges polluantes déversées dans les Caraïbes et s'efforce d'en montrer les tendances à la suite des stratégies de gestion mises en œuvre dans la région depuis la publication du Rapport original de 1994.

On a pu apprécier ces dernières décennies une prise de conscience citoyenne au sujet de l'aggravation de la pollution marine dans la région, et des études de diagnostic des sources et activités terrestres ont été entreprises, et des instruments juridiques ont été mis au point pour prévenir et contrôler la pollution marine.

Le Groupe international de coordination pour l'étude en commun de la mer des Caraïbes et des régions adjacentes (CICAR), sous les auspices de la Commission océanographique intergouvernementale (COI) et de l'Unesco, ont recommandé en 1973, en coopération avec le Programme des Nations pour l'environnement (PNUE) et la Commission des pêches pour l'Atlantique Centre-Ouest (COPACO) de la FAO, d'organiser un atelier visant à évaluer les problèmes de pollution marine¹. Cet atelier a permis de dégager un projet de surveillance de la pollution causée par des hydrocarbures dans les Caraïbes.

Le Plan d'action du Programme pour l'environnement des Caraïbes (PAC), adopté en 1981, a posé les bases de l'adoption, en mars 1983, à Cartagena de Indias (Colombie) de la Convention pour la protection et la mise en valeur du milieu marin dans la région des Caraïbes, connue comme la Convention de Cartagena, qui est entrée en vigueur en 1996 de pair avec le « Protocole relatif à la coopération en matière de lutte contre les déversements d'hydrocarbures dans la région des Caraïbes »².

En 1987, la Quatrième Réunion intergouvernementale du Plan d'action du PAC et la Première Réunion des Parties contractantes à la Convention de Cartagena ont adopté l'Évaluation et le contrôle de la pollution marine comme une des actions principales à entreprendre dans les Caraïbes³.

En 1989, un atelier organisé à San José du Costa Rica sous les auspices du PNUE, du PAC, du COI et de l'Unesco, a proposé un Programme appelé CEPOL en vue de l'Évaluation et du contrôle de la pollution marine dans les Caraïbes, qui a démarré en 1990, une de ses activités les plus importantes étant le contrôle des sources terrestres de pollution ménagère, industrielle et agricole⁴.

En 1994, le Rapport technique du PAC n° 33 a résumé les résultats de l'activité du Programme CEPPOL, en particulier les inventaires des sources et activités terrestres dans vingt-cinq pays de la région dans une perspective régionale, les différentes par sous-région et l'évaluation des principales charges polluantes touchant les Caraïbes⁵.

Le 6 octobre 1999, à Oranjestad (Aruba), le Protocole relatif à la pollution due à des sources et activités terrestres, connu comme le Protocole LBS, rattaché à la Convention pour la protection et la mise en valeur du milieu marin dans la région des Caraïbes, a été adopté en vue de faire face aux problèmes que posent les polluants qui pénètrent dans la zone de vigueur de l'Accord⁶.

En septembre 2000, cent quatre-vingt-onze nations ont adopté aux Nations Unies la Déclaration du Millénaire qui aborde les questions associées à la paix, à la sécurité et au développement, dont des domaines comme l'environnement, les droits de l'homme et la gouvernance comme inquiétudes centrales pour le développement humain. L'Assemblée générale a donc fixé les Objectifs du Millénaire pour le développement, l'objectif « Préserver l'environnement », incluant les cibles régionales : « Réduire de moitié, d'ici à 2015, le pourcentage de la population qui n'a pas d'accès à un approvisionnement en eau potable ni à des services d'assainissement de base » et « Améliorer sensiblement, d'ici à 2020, les conditions de vie de 100 millions d'habitants des taudis ». Une cible supplémentaire a été adoptée pour l'Amérique latine et les Caraïbes : « Réduire de moitié la quantité d'habitants n'ayant pas accès à des systèmes d'assainissement ou d'évacuation finale des eaux usées d'ici à 2015 »⁷.

C'est dans ce cadre que s'est déroulée la présente recherche qui vise à présenter une Actualisation du Rapport technique du PAC n° 33 de 1994, en rapport avec les charges polluantes ménagères et d'origine industrielle déversées dans les Caraïbes, de pair avec la couverture d'assainissement et les installations de traitement, ainsi que l'apport des bassins versants tributaires à partir des Rapports techniques nationaux présentés par la Barbade, le Belize, la Colombie, le Costa Rica, Cuba, la Guyane française, la Guadeloupe, la Martinique, le Guatemala, la Jamaïque, le Nicaragua, le Panama, la République dominicaine, Trinité-et-Tobago et le Venezuela, et d'autres rapports et publications d'organismes des Nations Unies^{8,9,10}. Il offre aussi l'évolution des charges polluantes dans la région prévue selon deux nouveaux scénarios – 2015 et 2020 – en tant qu'exécution des Objectifs du Millénaire pour le développement des Nations Unies.

Le rapport actualisé a été présenté à l'atelier « Réseau régional en sciences et technologies marines pour les Caraïbes *Know-why Network* » et à l'atelier régional « Atelier final des leçons tirées du Projet FEM sur la réhabilitation des baies fortement polluées et Vérification régionale des projets FEM-CReW », tenus à La Havane en mars et en novembre 2009 respectivement. Le Rapport a été révisé à deux reprises par les pays de la région à des fins d'amélioration et de complément, et discuté à la Réunion du CSSTI tenue à Panama en mai 2010.

1. COUVERTURE GÉOGRAPHIQUE

La «Convention pour la protection et la mise en valeur du milieu marin dans la région des Caraïbes» définit ces dernières comme le milieu marin du golfe du Mexique, de la mer des Caraïbes et des zones adjacentes de l’océan Atlantique au sud du 30° de latitude nord et dans les deux cent milles marins des côtes de l’Atlantique des Etats signataires de l’Accord (figure 1). Les Caraïbes sont composées de vingt-huit États et de dix-huit territoires dépendant de quatre États.



Figure 1. Etats et territoires formant les Caraïbes.

Pour faciliter la recherche, l’analyse et la collecte de l’information disponible et l’exécution du mandat de la Onzième Réunion intergouvernementale du Plan d’action pour les Caraïbes relatif à la Mise à jour du Rapport technique n° 33 du PAC sur les charges polluantes ménagères et d’origine industrielle déversées dans la région et l’apport des bassins versants¹¹, les Caraïbes ont été divisées en cinq sous-régions (figure 2).

Les petits États insulaires des Caraïbes sont considérés comme entièrement côtiers avec des zones marines étendues et un accès restreint à de nombreux ressources, tandis que les grandes États continentaux et les grandes îles étendent leurs zones côtières jusqu’à vingt-cinq kilomètres à l’intérieur des terres, et ce à des fins d’estimation de la population côtière tributaire de la région.

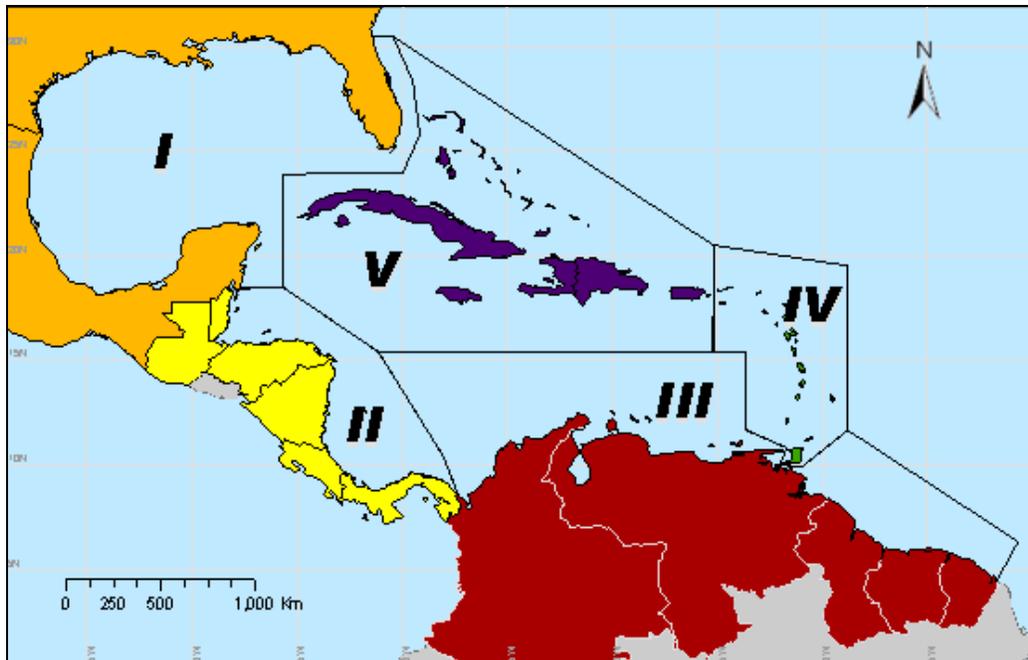


Figure 2. Division des Caraïbes en cinq sous-régions.

Sous-région I Golfe du Mexique : comprend les États-Unis d’Amérique et le Mexique.

Sous-région II Caraïbes occidentales : comprend les pays d’Amérique centrale ayant des côtes sur la mer des Caraïbes : le Belize, le Guatemala, le Honduras, le Nicaragua, le Costa Rica et le Panama.

Sous-région III Caraïbes méridionales : comprend les pays du continent sud-américain : la Colombie, le Venezuela, le Guyana, la Guyane française, le Suriname, Aruba et les Antilles néerlandaises.

Sous-région IV Caraïbes orientales : comprend les îles Anguila, Antigua et Barbuda, la Barbade, les Îles vierges britanniques, la Dominique, la Grenade, la Guadeloupe, la Martinique, Montserrat, Saint-Martin, Sainte-Lucie, Saint-Barthelemy, Saint-Kitts-et-Nevis, Saint-Vincent-et-Grenadines, les Îles Vierges américaines et Trinité-et-Tobago.

Sous-région V Caraïbes nord-orientales et centrales : comprend les Bahamas, les îles Caïmanes, Cuba, la République dominicaine, Haïti, la Jamaïque, Porto Rico et les îles Turques-et-Caïques.

Le tourisme constitue l’une des principales activités économiques des pays caribéens. Les sous-régions II, III, IV et V, qui comptent moins de 1 p. 100 de la population mondiale, accueille tous les ans presque 6 p. 100 des touristes du monde. Cette activité économique, qui représente de 30 à 50 p. 100 du Produit intérieur brut (PIB), non compris la sous-région I, exerce de fortes pressions sur la durabilité des écosystèmes côtiers¹². Bien que l’apport de charges polluantes en provenance des activités touristiques et de leur population temporaire, dont la pollution par matières solides, ne fasse pas partie des objectifs du présent Rapport, il doit être envisagé dans de futurs projets régionaux à cause de son impact sur la qualité de l’environnement des Caraïbes.

2. COUVERTURE DE L'ASSAINISSEMENT

2.1. Population tributaire et eaux usées ménagère déversées dans les Caraïbes

Les eaux usées ménagères comprennent tous les déversements en provenance des foyers, des commerces, des hôtels et de tout autre organisme dont les déversements incluent les eaux des W.C. (eaux noires), des douches, des lavabos, des cuisines et des éviers (eaux grises) ou des déversements des petites industries, à condition que leur composition et leur qualité soient compatibles avec leur traitement dans les systèmes d'eaux usées ménagères⁶.

Pour calculer le débit d'eaux usées ménagères déversé dans les Caraïbes, on applique une méthode indirecte qui tient compte de l'apport par habitant d'eau potable livrée par chaque pays, la taille de la population côtière tributaire, le type et l'étendue de la couverture d'assainissement, et un coefficient de retour à l'égout de 0,8, ce coefficient étant de 0,5 dans le cas de la population desservie par des technologies d'assainissement locales à faible coût et dans celui des populations ne disposant de couverture d'assainissement. La somme de ces deux débits représente le débit total des eaux usées ménagères déversées dans les Caraïbes par chaque pays. Les rapports techniques nationaux de quinze pays indiquent les débits d'eaux usées ménagères déversés dans les Caraïbes.

Le tableau 1 fournit une estimation de la population côtière tributaire (population jusqu'à vingt-cinq kilomètres à l'intérieur des terres dans les pays continentaux et les grandes îles, en accord avec les caractéristiques de la majorité des pays de la région, et totalité de la population dans les petites îles) et le débit d'eaux usées ménagères déversé dans les Caraïbes en mètre cube par seconde, et l'apport par habitant d'eaux usées ménagères déversées dans la zone côtière en litre par habitant et par jour (Ipcd).

La population côtière tributaire dans les Caraïbes est estimée à 70 millions d'habitants. La sous-région V (Caraïbes nord-orientales et centrales), avec ses 27 millions d'habitants, est la plus grosse tributaire, suivie de la sous-région I (golfe du Mexique) avec 21 millions d'habitants, tandis que les sous-régions II (Caraïbes occidentales) et III (Caraïbes méridionales), avec près de trois millions chacune, sont les moins peuplées.

L'apport quotidien par habitant (Ipcd) se chiffre à 209 litres d'eaux usées ménagères déversées par habitant dans les Caraïbes. Celui des États-Unis d'Amérique est le plus élevé, à raison de 88 mètres cubes par seconde et d'un Ipcd de 486, ce qui s'explique par le taux élevé de consommation d'eau – environ 600 litres par habitant et par jour – et une couverture d'égout de 100 p. 100.

Tableau 1. Population côtière tributaire, débit déversé d'eaux usées ménagères (m³.sec⁻¹) et apport par habitant quotidien (l. hab⁻¹. jour⁻¹) dans les Caraïbes ^{8, 14,15,16,17,18,19}

Pays et Territoires	Population côtière tributaire x 10 ³	Débit déversé dans les Caraïbes (m ³ sec ⁻¹)	Apport par habitant et par jour (l.hab ⁻¹ .jour ⁻¹)
Sous-région I			
Etats-Unis d'Amérique	15, 677	88.26	486
Mexique	5, 372	12.02	193
<i>Sous-total</i>	<i>21, 049</i>	<i>100.28</i>	<i>412</i>
Sous-région II			
Belize	156	0.33	182
Guatemala	124	0.19	129
Honduras	1,364	0.74	47
Nicaragua	147	0.11	67
Costa Rica	188	0.30	131
Panama	901	2.85	273
<i>Sous-total</i>	<i>2,880</i>	<i>4.52</i>	<i>138</i>
Sous-région III			
Colombie	4, 588	6.98	131
Venezuela	10,101	31.24	267
Guyana	600	0.68	98
Guyane française	215	0.18	138
Suriname	386	0.45	101
Aruba	ND		
Antilles néerlandaises	194	0.29	129
<i>Sous-total</i>	<i>16,084</i>	<i>39.82</i>	<i>215</i>
Sous-région IV			
Anguila	13	0.01	95
Antigua et Barbuda	69	0.08	95
Barbade	280	0.33	101
Iles vierges britanniques	23	0.03	102
Dominique	69	0.08	95
Grenade	90	0.10	100
Guadeloupe	416	0.43	90
Martinique	436	0.51	100
Montserrat	91	0.10	92
Sainte- Lucie	168	0.19	100
Saint- Martin	ND		
Saint-Barthelemy	ND		
Saint-Kitts-et Nevis	39	0.04	98
Iles vierges américaines	109	0.25	200
Trinité-et-Tobago	1,066	1.38	112
Saint-Vincent-et-Grenadines	118	0.14	99
<i>Sous-total</i>	<i>2, 987</i>	<i>3.67</i>	<i>106</i>

Pays et Territoires	Population côtière tribulaire x 10 ³	Débit déversé dans les Caraïbes (m ³ sec ⁻¹)	Apport par habitant et par jour (l.hab ⁻¹ .jour ⁻¹)
Sous-région V			
Bahamas	304	0.36	103
Iles Caïmanes	9	0.01	97
Cuba	7, 732	24.12	270
République dominicaine	5, 624	9.52	146
Haïti	6, 996	8.15	101
Porto Rico	3, 927	9.09	200
Jamaïque	2,758	3.58	112
Iles Turques-et-Caïques	17	0.02	101
<i>Subtotal</i>	27,367	54.86	173
Total	70, 000	203	209

La figure 3 fournit le pourcentage du débit d'eaux usées ménagères déversées par sous-région dans les Caraïbes. Les plus gros débits sont ceux des sous-régions I (golfe du Mexique) avec 49 p. 100 et V (Caraïbes nord-orientales et centrales) avec 27 p. 100, tandis que les déversements les moins significatifs proviennent des sous-régions IV (Caraïbes orientales) et II (Caraïbes occidentales) avec environ 2 p. 100. Au total, 203 m³/sec⁻¹ d'eaux usées ménagères sont déversées dans les Caraïbes.

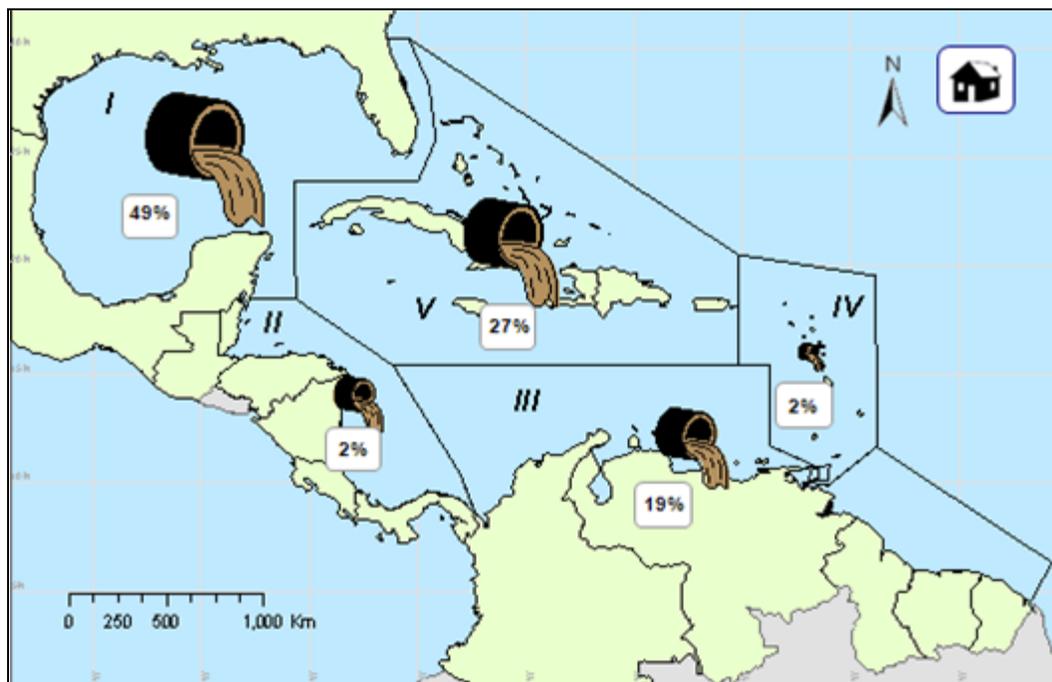


Figure 3. Pourcentage du débit d'eaux usées ménagères déversées par sous-région dans les Caraïbes

2.2. Couverture d'assainissement

Dans les Caraïbes, la population et l'infrastructure touristique sont concentrées sur la côte qui ne couvre que 20 p. 100 de la surface totale, tandis que 39 p. 100 de la population du monde habite dans les cent kilomètres de côtes.¹³ Dans nombre de ces zones, les systèmes d'égout sont déficients ou inexistantes, et certains ont des connexions illégales au réseau de drainage pluvial, ce qui aggrave la pollution d'origine ménagère dans les cours d'eau intérieurs et sur les systèmes côtiers adjacents.

La plupart des pays de la région ont un accès limité à l'assainissement de base à cause du manque d'usines d'épuration d'eaux usées ou à la connexion domiciliaire limitée à des systèmes d'égout classiques, et ils utilisent souvent des technologies d'assainissement locales, à faible coût, composées de fosses septiques, de latrines sèches ou à chasse d'eau ou les simples latrines à trou. Cette carence d'infrastructure et les pratiques de traitement inefficaces augmentent les déversements d'eaux usées ménagères dans les zones côtières, ce qui implique des risques pour la santé publique à cause du contact direct avec des eaux polluées et de la consommation de mollusques et de poissons plus ou moins contaminés^{8,20}.

Les retombées socio-économiques négatives de cette couverture inadéquate en services d'assainissement ne se bornent pas à la santé, mais concernent aussi la disponibilité d'eau à usage multiple en rapport avec le développement productif, en particulier l'utilisation des eaux usées pour irriguer quand il y a concurrence entre l'eau à usage agricole et l'eau à usage urbain, et les utilisations urbaines à cause des déversements d'eaux usées dans les zones supérieures des bassins hydrographiques, connues comme bassins en amont, qui touchent les villes en aval parce que les processus naturels d'épuration n'ont pas le temps d'agir²¹.

Le tableau 2 donne le pourcentage de la couverture d'assainissement avec ou sans branchement aux systèmes d'égouts dans les pays caribéens, la population côtière tributaire possédant une couverture d'assainissement selon l'information disponible (rapports technique nationaux, publications d'organismes des Nations Unies et autres rapports) et les effluents d'égout plus ou moins épurés (prétraitement, traitement primaire, traitement secondaire, traitement tertiaire et évacuation des eaux usées ménagères par des émissaires sous-marins).

Les pourcentages de couverture d'assainissement et des effluents d'égout plus ou moins épurés dans la sous-région IV sont biaisés par la carence d'information dans plusieurs pays.

Tableau 2. Couverture d'assainissement, population côtière tributaire dotée d'une couverture d'assainissement et effluents d'égout plus ou moins épurés dans des pays caribéens par sous-région ^{88,20,21}

Pays et Territoires	Couverture d'assainissement (%)	Population côtière tributaire dotée d'une couverture d'assainissement x 10 ³	Effluents d'égout plus ou moins épurés (%)
Sous-région I			
Etats-Unis d'Amérique	100	15, 677	100
Mexique	87	4, 673	15.4
<i>Sous-total</i>		20,350	57
Sous-région II			
Belize	73	113	56.7
Guatemala	95	117	1
Honduras	94	1,282	3
Nicaragua	93	137	34
Costa Rica	96	180	38
Panama	99	892	18.3
<i>Sous-total</i>		2,721	25
Sous-région III			
Colombie	97	4,450	30.8
Venezuela	71	7,172	56
Guyana	97	582	50
Guyane française	79	-	41
Suriname	99	382	0.1
Aruba	ND		
Antilles néerlandaises	100	200	17
<i>Sous-total</i>		12,786	33
Sous-région IV			
Anguila	86	59	0
Antigua-et-Barbuda	96	86	65
Barbade	ND	-	0
I. Vierges britanniques	ND		
Dominique	86	59	0
Grenade	96	86	65
Guadeloupe	ND	-	0
Martinique	ND	-	ND
Montserrat	ND	-	100
Sainte-Lucie	89	149	ND
Saint-Martin	ND		
Saint-Barthelemy	ND		
Saint-Kitts-et-Nevis	96	37	ND
Iles Vierges américaines	100	109	ND
Trinité-et-Tobago	100	1,066	65
St-Vincent-et-Grenadines	96	113	46.1
<i>Sous-total</i>		1,97	59

Pays et Territoires	Couverture d'assainissement (%)	Population côtière tributaire dotée d'une couverture d'assainissement x 10 ³	Effluents d'égout plus ou moins épurés (%)
Sous-région V			
Bahamas	100	304	80
Iles Caïmanes	99	9	40
Cuba	97	7,500	18.9
République dominicaine	90	5,061	48.7
Haïti	46	3,218	0
Porto Rico	100	3,927	100
Jamaïque	90	2,482	NA
Iles Turques-et-Caïques	17	0.02	101
<i>Sous-total</i>	<i>27,367</i>	<i>54.86</i>	<i>173</i>
Total		60, 000	44*

*Pourcentage médian non pondéré.

N.D. : Non disponible.

On estime à environ 60 millions de personnes la population côtière tributaire dans les Caraïbes dotée d'une couverture d'assainissement, soit 85 p. 100, bien que plusieurs pays ne soient pas compris dans ce total faute d'informations. Les sous-régions V (Caraïbes nord-orientales et centrales) et I (golfe du Mexique), avec leur plus de 20 millions d'habitants, disposent de la meilleure couverture d'assainissement, suivies de la sous-région III (Caraïbes méridionales), avec ses 12 millions d'habitants. Les sous-régions II (Caraïbes occidentales) et IV (Caraïbes orientales), avec environ deux millions d'habitants, disposent de la couverture la plus réduite.

La gestion adéquate des eaux usées ménagères peut être coûteuse, en fonction du type de traitement sélectionné, et constitue un gros problème pour les pays caribéens, même pour des pays à fort développement qui font face à de nouveaux problèmes causés par l'accroissement de la pollution environnementale et doivent consentir de gros investissements pour remplacer l'infrastructure existante. L'exigence croissante de normes et de réglementations visant à la protection de la santé et de l'environnement contraint à améliorer en permanence les systèmes d'épuration.

Dans les pays en développement, les coûts élevés de stations d'épuration urbaines classiques, de leur fonctionnement et de leur maintenance représentent un sérieux obstacle à leur mise en place. Pour étendre la couverture d'assainissement dans les systèmes d'égouts, il faut élargir l'infrastructure, les réseaux et les stations d'épuration, car, du fait de l'augmentation progressive de la population, de nombreuses villes de la région possèdent des réseaux d'égout obsolètes et incapables d'assumer les volumes croissants d'eaux usées ménagères. Les travaux d'agrandissement et de restauration des systèmes d'égouts dans les pays en développement dépendent toutefois de leurs ressources financières disponibles et de leur capacité opérationnelle en matière de planification et d'exécution. La solution de rechange est de recourir à des technologies mieux appropriées, à bas coût, qui se sont avérées adéquates pour ce problème²³.

La couverture d'assainissement dans les Caraïbes présente plusieurs aspects critiques non encore réglés, notamment :

- Le développement économique des pays.
- L'appui gouvernemental insuffisant au domaine de l'assainissement.
- La conscience sanitaire insuffisante de la population.
- La nécessité de modifier les méthodes et les critères en vigueur pour financer les installations de traitement.
- Des politiques environnementales inadéquates dans ce secteur.
- Des déficiences institutionnelles.
- La nécessité de formuler des normes de technologie et d'ingénierie appropriées en vue du traitement des eaux usées ménagères dans les pays en développement.
- L'abandon ou le fonctionnement partiel d'un grand nombre de stations d'épuration urbaines dans la région.

Le gros problème est donc de réduire les impacts en étendant la couverture d'assainissement et en améliorant l'efficacité des systèmes d'égout, en mettant en place des systèmes alternatifs améliorés d'assainissement locaux, en améliorant la conscientisation environnementale et les capacités techniques du secteur de l'assainissement, en appliquant des politiques environnementales nationales adéquates et en améliorant les programmes de traitement, comme fixé par les Nations Unies dans les Objectifs du Millénaire pour le développement. Les objectifs pour la région sont de réduire de 50 p. 100 de 1990 à 2015 la quantité de personnes n'ayant pas accès à une eau potable sûre et d'autant celle des personnes n'ayant pas accès à des services d'assainissement. De plus, compte tenu de la possibilité d'incorporer des objectifs qui peuvent être applicables à la région et dans la perspective d'introduire la visée : améliorer considérablement d'ici à 2020 la vie d'au moins cent millions d'habitants vivant dans des quartiers de « taudis », la région a introduit comme visée pour 2015 la réduction de 50 p. 100 de la quantité d'habitants n'ayant pas accès au traitement des eaux usées ménagères ou à leur évacuation finale⁷.

Les gouvernements et le secteur assainissement doivent œuvrer de concert pour atteindre les limites d'effluents fixées dans le Protocole LSB en fonction des caractéristiques des eaux réceptrices (classe I ou classe II).

2.3. Technologies d'épuration mieux appropriées

Les pays en développement des Caraïbes doivent satisfaire à leurs besoins d'épuration des eaux usées ménagères par des technologies moins coûteuses et mieux appropriées compatibles avec leurs conditions socio-économiques et avec l'appui d'organisations financières internationales en vue de financer les coûts d'installation et d'exploitation. On trouve parmi ces technologies les

lagunes de stabilisation, les réacteurs à filtre de contact anaérobie à flux ascendant et les émissaires sous-marins, ainsi que des technologies mieux appropriés à faible coût.

Les émissaires sous-marins peuvent constituer une technologie appropriée et relativement économique, à faibles coûts de fonctionnement et de maintenance, pour l'évacuation finale des eaux usées ménagères quand les caractéristiques dynamiques du cours d'eau récepteur facilitent leur dilution, en combinaison avec des *mili-screens*. Les déversements d'effluents d'émissaires sous-marin en mer peuvent atteindre des dilutions immédiates de l'ordre de 100 à 1 d'une manière consistante durant les premières minutes de déversement, ce qui réduit la concentration de la matière organique et d'autres nutriments à des niveaux qui n'auraient pas de retombées écologiques défavorables sur la pleine mer. Il s'agit toutefois d'un système d'épuration qui n'envisage pas la réutilisation de ces eaux.

Après la réutilisation des eaux ménagères, l'émissaire sous-marin long doté de *mili-screens* peut constituer une méthode de traitement et d'évacuation plus attrayante que les stations d'épuration classiques (épuration secondaire par boues activées) déversant près des côtes en termes de fiabilité, d'efficacité, de coûts et d'exigences de fonctionnement et de maintenance²⁴.

Il faut toutefois éviter de déverser les eaux usées ménagères à travers des émissaires sous-marins aux abords de pêcheries et de communautés biologiques sensibles, tels que les récifs coralliens, les zones de collecte de mollusques et les zones servant à des contacts primaires (natation). Ces zones doivent faire l'objet d'un programme de suivi permanent pour déterminer tout impact potentiel en provenance de l'enrichissement continu en nutriments des eaux marines à travers l'émissaire sous-marin.

En sus de la prise en compte des eaux de classe I ou de classe II dans le Protocole LSB, il faut analyser l'option de l'émissaire sous-marin en fonction des besoins locaux et des retombées potentielles sur l'environnement de la zone, conformément aux stipulations de l'article VII dudit Protocole, où l'Évaluation de l'impact environnemental est un instrument de prévisions et de prévention en matière de prise de décision.

Le tableau 3 indique les pays de la région qui ont signalé l'existence d'émissaires sous-marins pour l'évacuation finale de leurs eaux usées ménagères. C'est le Venezuela qui informe des plus grandes quantités d'émissaires sous-marins.

Tableau 3. Émissaires sous-marins signalés dans des pays caribéens^{8,24}

Pays caribéens	Emissaires sous-marins
Venezuela	39
Porto Rico *	10
Mexique	9
Etats-Unis d'Amérique	5
Colombie	2
Cuba	2
Iles vierges américaines	2
Costa Rica	1
Panama	1
Martinique	1
Guyane française	1
Guyana	1
Total	73

* Utilisation par habitant la plus élevée dans les Caraïbes

Les technologies les mieux appropriées et à faible coût utilisables dans les Caraïbes en fonction des caractéristiques de l'endroit sont associées à la collecte et au transfert des eaux usées ménagères. Les plus recommandées sont les suivantes²⁵ :

- *Systèmes d'égouts classiques* : les eaux usées ménagères sont collectées dans un système de conduits à des fins de traitement postérieur.
- *Égout à petite fosse* : la conception est semblable à celle de l'égout classique, mais les eaux usées ménagères passent d'abord dans une fosse septique d'où sont extraites les matières décantées, seul l'effluent liquide étant évacué.
- *Système en grappe* : c'est un système courant de collecte et d'évacuation qui regroupe plusieurs logements ou commerces. Il est utilisé là où la densité de logement varie sensiblement.
- *W.C. à réservoir d'eau* : Il utilise de grandes quantités d'eau ; il possède un siphon pour éviter les mauvaises odeurs. Offre la meilleure apparence d'hygiène et de propreté.
- *Latrines à fosse* : Conçues pour l'évacuation des excréta humains, elles consistent en une plaque de ciment placée à même le sol au-dessus de la fosse creusée dans la terre. Elles sont utilisées avec des bons résultats dans les régions rurales.

- *Latrine améliorée à fosse autoventilée ou latrine à aération améliorée* : Conçue pour l'évacuation des excréta humains, la fosse dispose d'une ventilation. N'a pas besoin d'eau. De construction simple, elle dépend de la capacité d'absorption du sol.
- *Fosse septique* : Conçue pour l'épuration locale des eaux usées ménagères. Normalement, la fosse est souterraine et compte deux compartiments d'une capacité de retenue d'eau d'un à trois jours. Doit être connectée à un W.C. à eau. Non appropriées là où il y a pénurie d'eau.
- *Usine de biogaz-biofertilisant* : C'est une usine de ciment utilisée pour la dégradation anaérobie des eaux usées d'origine organique et agro-industrielles à production de biogaz et de biofertilisants. Ne fonctionne bien qu'avec des excréta humains.
- *Latrines biosanitaires* : S'installent là où il existe des usines à biodigester pour collecter les déchets provenant des latrines à aération améliorée. Compte tenu de leur faible capacité de réduction des nutriments, elles exigent un traitement tertiaire supplémentaire.
- *W.C. chimiques portables* : Ce sont de petites installations sanitaires construites sur une fosse hermétiquement fermée (étanche). S'utilisent lors de réunions de nombreuses personnes et dans des endroits d'accès difficile ou éloignés des systèmes de collecte et de transfert des eaux usées ménagères.
- *Terres humides filtrantes* : Peuvent être utilisées dans des zones rurales et dans de petites communautés à des fins de traitement des eaux usées ménagères. Les terres humides fournissent des sous-produits et des valeurs ajoutées grâce à la réutilisation de l'effluent, ce qui peut minimiser les coûts d'installation. De plus, elles réduisent la demande biochimique d'oxygène, de solides en suspension, d'azote et de phosphore à des niveaux si bas qu'elles ne provoquent pas l'eutrophisation des eaux côtières et qu'elles peuvent être considérées comme un traitement tertiaire.

3. CHARGES POLLUANTES MÉNAGÈRES. ACTUALISATION

3.1. Charges polluantes ménagères déversées dans les Caraïbes

Dans les Caraïbes, le traitement inadéquat des eaux usées ménagères peut constituer une source importante de pollution marine et une menace pour la santé humaine, le développement durable et les ressources marines. Dans bien des localités caribéennes, ces eaux sont fréquemment déversées dans des cours d'eau, des ruisseaux, des lacs, ou directement dans la mer sans une épuration adéquate. Les apports de matière organique, de nutriments et de solides en suspension contenus dans les eaux usées ménagères contribuent à l'eutrophisation, à la turbidité et à l'envasement des écosystèmes côtiers, ce qui provoque des dommages irréparables à des ressources importantes comme les récifs de corail. Les effets écologiques de ce phénomène comprennent la prolifération d'algues, des changements dans la structure des communautés aquatiques, une diminution de la diversité biologique et la mort de poissons par épuisement de l'oxygène. L'eutrophisation est un facteur clef dans la dégradation des écosystèmes côtiers des Caraïbes²⁶.

Les indicateurs de qualité sélectionnés lors des ateliers tenus à Caracas (2005) et à La Havane (2006) afin de déterminer les charges polluantes déversées dans les Caraïbes sont la demande biochimique d'oxygène (DBO₅), la demande chimique d'oxygène (DQO), les matières en suspension totales (MST), l'azote total (At) et le phosphore total (Pt). Les méthodologies d'estimation comprennent l'utilisation de méthodes directes pour estimer la charge polluante ménagère déversée dans les Caraïbes par prise d'échantillons, mesures du débit et déterminations analytiques ; des méthodes indirectes ont toutefois été employées dans les pays où les informations étaient rares.

Les méthodes indirectes comprennent l'estimation du débit des eaux usées ménagères déversées dans les Caraïbes et le pourcentage d'effluents d'égout plus ou moins épurés. On a considéré les eaux usées ménagères non évacuées dans des systèmes d'égout comme étant non épurées et on calculé les concentrations typiques pour une eau usée ménagère brute et pour l'effluent découlant d'une épuration primaire ou secondaire. La fourchette de valeurs pour évaluer les charges polluantes ménagères déversées dans les Caraïbes a été établie en fonction des valeurs médianes ci-après : BOD₅ = 30-60 g.hab⁻¹.jour⁻¹; DQO = 80-120 g.hab⁻¹.jour⁻¹; SMT = 50-90 g.hab⁻¹.jour⁻¹; At = 1,5-2,2 g.hab⁻¹.jour⁻¹; Pt = 0,5-1,0 g.hab⁻¹.jour⁻¹ ^{9,10}.

Les rapports techniques nationaux de quinze pays donnent une estimation des charges polluantes ménagères déversées dans les Caraïbes à partir de la méthodologie susmentionnée.

Le tableau 4 indique la charge polluante ménagère déversée par sous-région dans les Caraïbes, en tonnes annuelle, pour la période 2000-2008.

Tableau 4. Charge polluante ménagère (t/an⁻¹) déversée par sous-région dans les Caraïbes^{8,9,10,15,17}

Charge polluante ménagère déversée dans les Caraïbes (t/an ⁻¹)					
Pays et territoires	DBO ₅	DQO	MST	At	Pt
Sous-région I					
Etats-Unis d'Amérique	83,497	208,742	111,329	16,699	8,349
Mexique	38,089	86,874	35,202	4,279	1,471
<i>Sous-total</i>	<i>121,586</i>	<i>295,616</i>	<i>146,531</i>	<i>20,978</i>	<i>9,820</i>
Sous-région II					
Belize	813	1,875	791	100	37
Guatemala	640	1,455	582	70	23
Honduras	2,558	5,815	2,329	280	93
Nicaragua	395	898	359	43	14
Costa Rica	984	2,237	895	107	36
Panama	9,099	20,747	8,397	1,019	349
<i>Sous-total</i>	<i>14,489</i>	<i>33,027</i>	<i>13,353</i>	<i>1,619</i>	<i>552</i>
Sous-région III					
Colombie	20,193	46,236	18,996	2,339	830
Venezuela	83,649	192,218	79,977	9,968	3,631
Guyana	2,317	5,272	2,115	254	85
Guyane française	308	970	290	170	40
Suriname	1,560	3,546	1,418	170	56
Aruba	NA				
Antilles néerlandaises	1,006	2,287	915	109	36
<i>Sous-total</i>	<i>109,033</i>	<i>250,529</i>	<i>103711</i>	<i>13,010</i>	<i>4,678</i>
Sous-région IV					
Anguila	49	112	45	5	2
Antigua-et-Barbuda	263	598	239	28	9
Barbade	1,050	2,394	968	117	40
I. Vierges britanniques	94	213	85	10	3
Dominique	264	600	240	29	9
Grenade	346	788	317	38	13
Guadeloupe	1,505	3,420	1,368	164	54
Martinique	1,755	3,989	1,595	191	64
Montserrat	315	717	289	35	12
Sainte-Lucie	671	1,526	610	73	24
Saint-Martin	NA				
Saint-Barthelemy	NA				
Saint-Kitts-et-Nevis	154	350	140	17	5
Islas Vierges américaines	875	1,989	795	95	32
Trinité-et-Tobago	4,117	9,416	3,851	472	166
Saint-Vincent-et-Grenadines	458	1,042	418	50	17
<i>Sous-total</i>	<i>11,919</i>	<i>27,158</i>	<i>10,964</i>	<i>1,328</i>	<i>452</i>

Charge polluante ménagère déversée dans les Caraïbes (t/an ⁻¹)					
Pays et territoires	DBO ₅	DQO	MST	At	Pt
Sous-région V					
Bahamas	1,154	2,632	1,066	129	44
Iles Caïmanes	34	78	31	3	1
Cuba	73,313	167,504	68,295	8,350	2,913
République dominicaine	22,504	52,044	22,134	2,814	1,069
Haïti	28,285	64,285	25,714	3,085	1,028
Porto Rico	8,600	21,500	11,467	1,720	860
Jamaïque	12,413	28,212	11,284	1,354	451
Iles Turques-et-Caïques	68	156	62	7	2
<i>Sous-total</i>	<i>146,375</i>	<i>336,413</i>	<i>140,055</i>	<i>17,465</i>	<i>6,370</i>
Total	403,000	943,000	414,000	54,000	22,000

N.D. : Non disponible.

Ces résultats sont associés en général à la taille de la population côtière tributaire et à l'étendue de la couverture d'assainissement, ainsi qu'aux niveaux et à la spécificité de l'épuration des eaux usées ménagères.

3.2. Matière organique d'origine ménagère

La figure 4 signale les apports de matière organique (DBO₅ et DQO) contenus dans les eaux usées ménagères déversées dans les Caraïbes. La sous-région V (Caraïbes nord-orientales et centrales), la sous-région I (golfe du Mexique) et la sous-région III (Caraïbes méridionales) apportent les plus grosses charges polluantes, tandis que les sous-régions IV (Caraïbes orientales) et II (Caraïbes occidentales) apportent les plus faibles.

On estime que 30 p. 100 de la charge polluante organique déversée dans les Caraïbes sont composés de DBO₅ et 70 p. 100 de DQO. Le ratio DBO₅ / DQO atteint 0,43, ce qui prouve la biodégradabilité de l'effluent déchargé dans le milieu marin et la viabilité de traitements biologiques à des fins d'épuration.

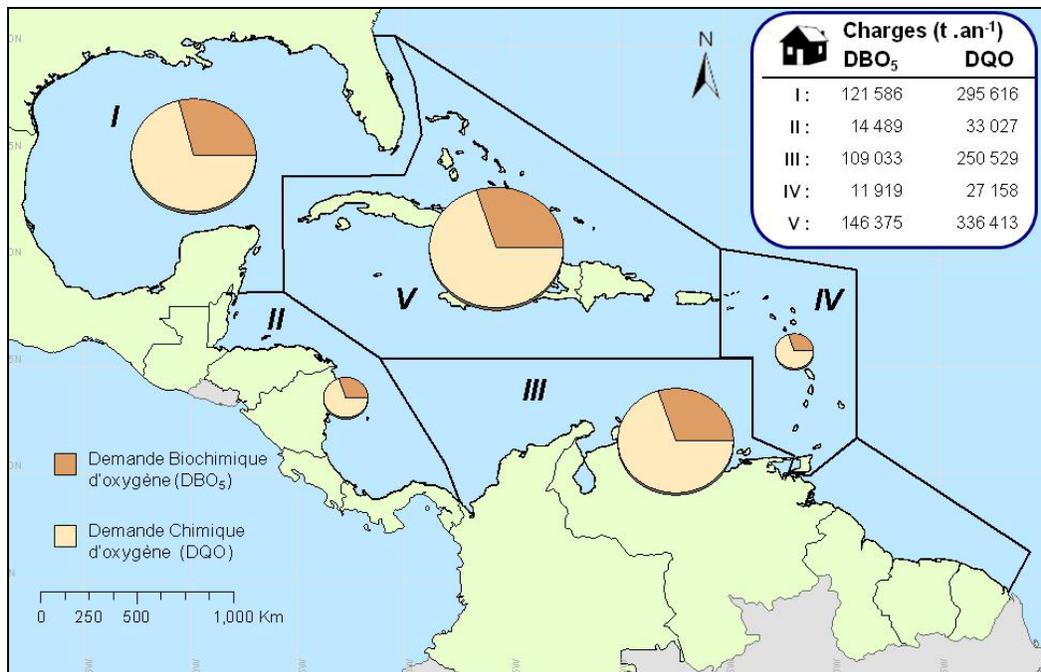


Figure 4. Apports de matière organique d'origine ménagère (DBO₅ et DQO) par sous-région dans les Caraïbes (t.an⁻¹)

3.3. Matières en suspension totales d'origine ménagère

La figure 5 indique la quantité de matières en suspension totales (MST) contenues dans les eaux usées ménagères qui se déversent dans les Caraïbes par sous-région. Les plus gros déversements proviennent des sous-régions I (golfe du Mexique), V (Caraïbes nord-orientales et centrales) et III (Caraïbes méridionales), tandis que les sous-régions IV (Caraïbes orientales) et II (Caraïbes occidentales) apportent les quantités les plus faibles.

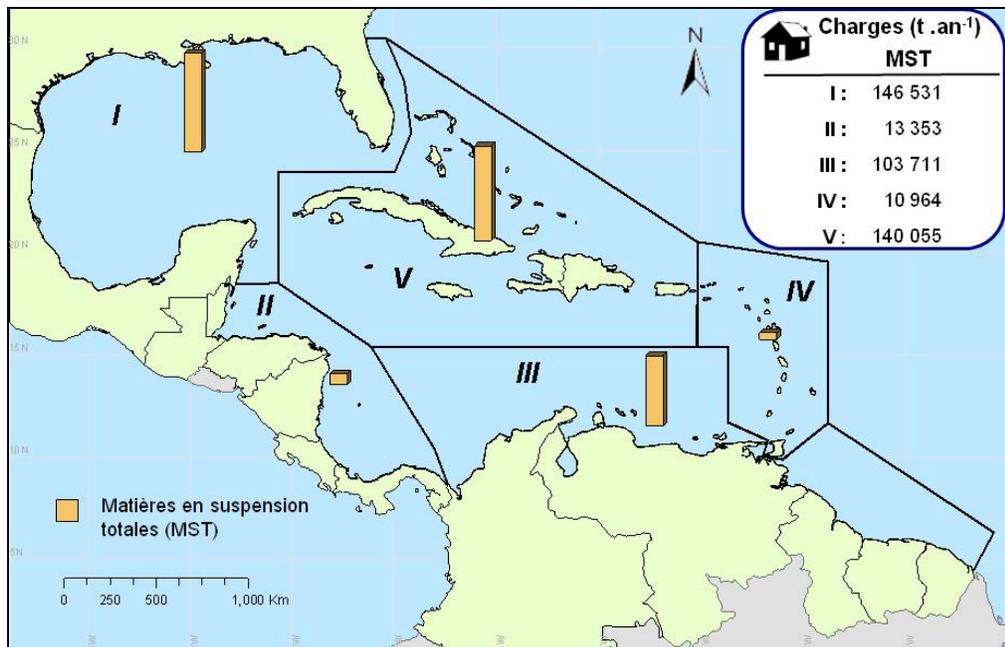


Figure 5. Déversements de matières en suspension totales (MST) d'origine ménagère dans les Caraïbes par sous-région (t.an⁻¹)

3.4. Nutriments d'origine ménagère

La figure 6 indique les quantités de nutriments (At et Pt) contenus dans les eaux usées ménagères déversées dans les Caraïbes par sous-région.

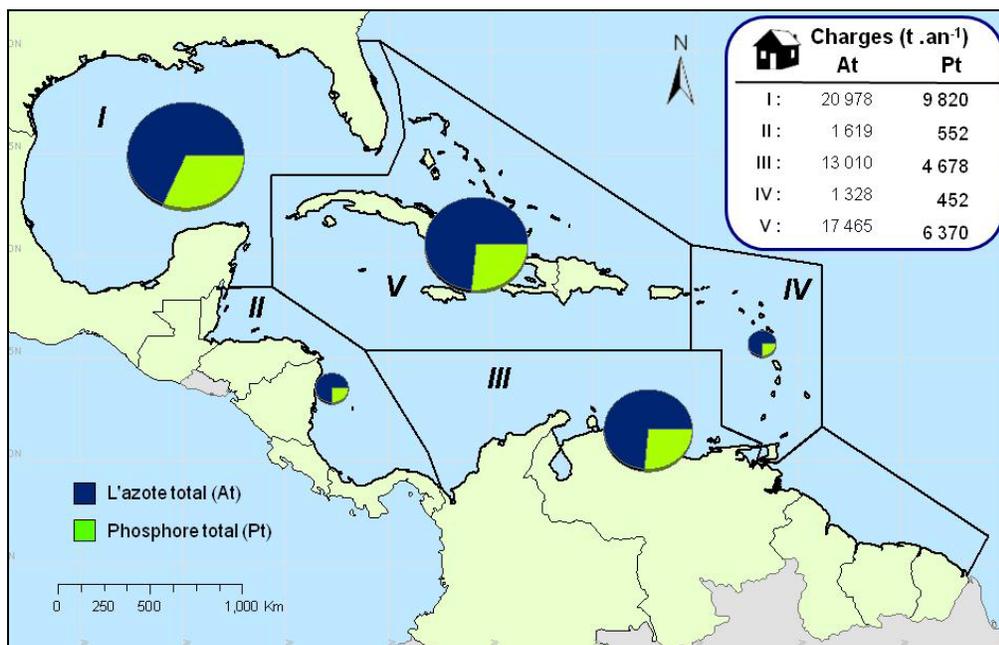


Figure 6. Déversements de nutriments (At et Pt) d'origine ménagère dans les Caraïbes par sous-région (t.an⁻¹)

Les plus gros déversements d'At et de Pt proviennent des sous-régions I (golfe du Mexique), V (Caraïbes nord-orientales et centrales) et III (Caraïbes méridionales), tandis que les sous-régions IV (Caraïbes orientales) et II (Caraïbes occidentales) apportent les quantités les plus faibles.

3.5. Le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) comparé au présent Rapport actualisé

Le tableau 5 indique les niveaux comparatifs des charges polluantes d'eaux usées ménagères (sauf DQO) déversées dans les Caraïbes par sous-région en tonnes annuelles entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le Rapport actualisé.

Tableau 5. Niveaux comparatifs des charges polluantes ménagères déversées dans les Caraïbes par sous-région (t.an⁻¹) entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le Rapport actualisé^{5,8,12}

Sous-région	Rapport technique du PAC n° 33 et Rapport actualisé	DBO ₅	MST	At	Pt
I	Rapport technique PAC n° 33	65,678	68,748	30,479	13,487
	Rapport actualisé	121,586	146,531	20,978	9,820
II	Rapport technique PAC n° 33	13,029	13,195	1,812	1,206
	Rapport actualisé	14,489	13,353	1,619	552
III	Rapport technique PAC n° 33	260,171	228,744	86,338	33,475
	Rapport actualisé	109,033	103,711	13,010	4,678
IV	Rapport technique PAC n° 33	4,790	4,617	710	531
	Rapport actualisé	11,919	10,964	1,328	452
V	Rapport technique PAC n° 33	124,813	141,025	9,437	11,418
	Rapport actualisé	146,375	140,055	17,465	6,370
Total	Rapport technique PAC n° 33	468,000	456,000	128,000	60,000
	Rapport actualisé	403,000	414,000	54,000	22,000

La méthodologie employée dans le Rapport technique n° 33 (1994) du PAC s'est fondée sur le document « Gestion et contrôle de l'environnement » (WHO/PEP/89.1) selon une version modifiée plus petite et plus légère. Elle a permis de se doter d'une approche appropriée pour évaluer les sources de pollution et comparer les polluants provenant des différents pays de la région. Les États-Unis d'Amérique, Porto Rico et les îles Vierges américaines ont utilisé la méthodologie des sources diffuses de pollution de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) pour l'Inventaire national du rejet des polluants sur les côtes (NCPDI).⁵

L'amélioration des capacités d'épuration et d'évacuation des eaux usées ménagères et la meilleure conscientisation des citoyens sont toutefois indéniables ces dernières années. Les études de diagnostic réalisées pour déterminer les impacts des sources et activités terrestres de pollution sur la qualité des eaux marines côtières, ainsi que la préparation d'instruments légaux pour faire face à la menace des sources d'origine terrestre sur les ressources marines et côtières des Caraïbes par le PNUE-CAR/UCR ont contribué à renforcer la prise de conscience des citoyens.

On constate en général une réduction des déversements de charges polluantes ménagères dans les Caraïbes, surtout dans les sous-régions III, et de nutriments, malgré l'augmentation progressive de la population. On constate une réduction de 13 p. 100 de la DBO₅, de 8 p. 100 des STT, de 57 p. 100 de l'At et de 63 p. 100 du Pt.

3.5.1. Matière organique

La figure 7 indique l'évolution des déversements de matières organiques (DBO₅) contenues dans les eaux usées ménagères, dans les Caraïbes par sous-région (tonnes annuelles), par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.

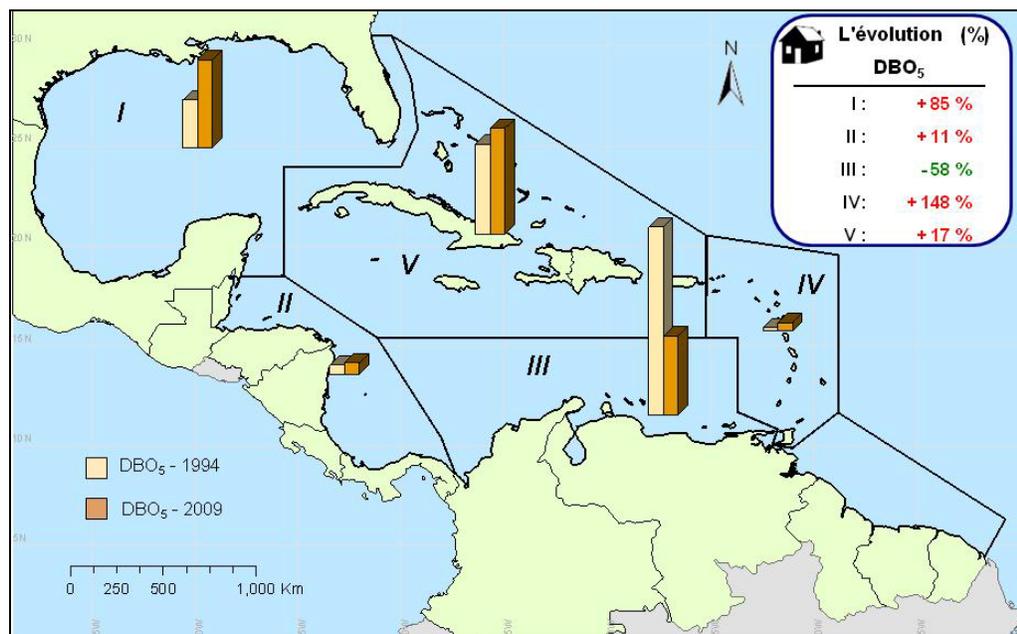


Figure 7. Déversements de matières organiques (DBO₅) d'origine ménagère dans les Caraïbes par sous-région par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.

On constate une réduction notable de la charge polluante organique déversée dans la sous-région III (Caraïbes méridionales), à hauteur de 43 p. 100. Dans le reste des sous-régions, on constate des augmentations propres de la croissance graduelle de la population.

3.5.2. Matières en suspension totales

La figure 8 indique l'évolution des déversements des matières en suspension totales (MST) contenus dans les eaux usées ménagères dans les Caraïbes par sous-région (tonnes annuelles), par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.

À l'instar de la matière organique, on constate une forte réduction des MST dans la sous-région III (Caraïbes méridionales) et une légère réduction dans la sous-région V (Caraïbes nord-orientales et centrales), et une élévation dans les autres sous-régions.

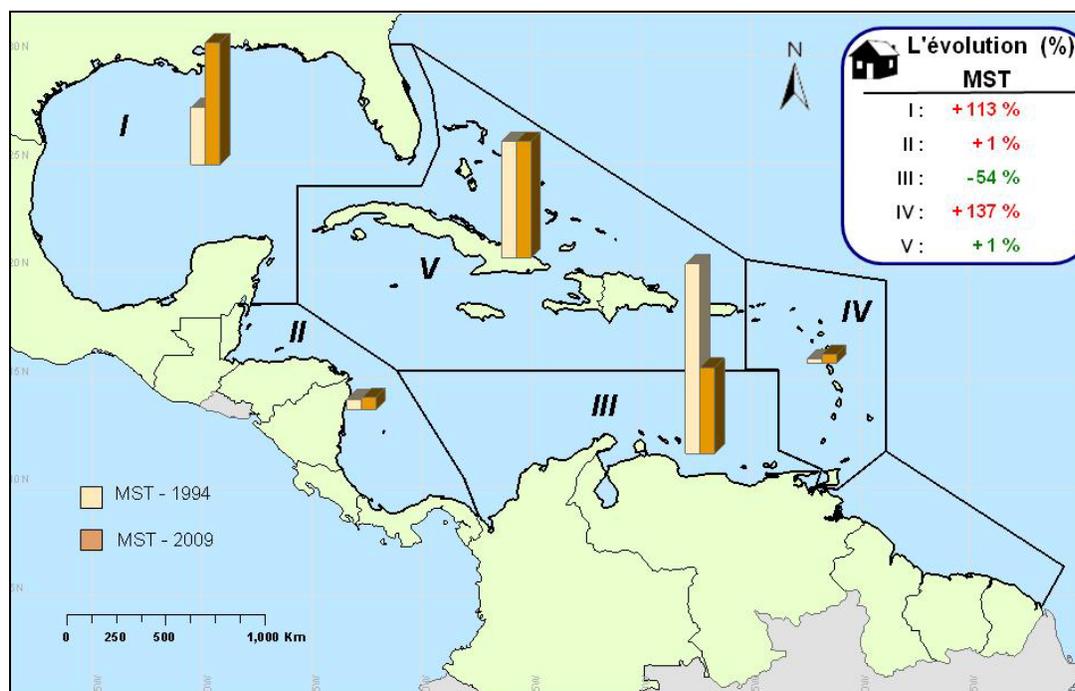


Figure 8. Déversements des matières en suspension totales (MST) d'origine ménagères dans les Caraïbes par sous-région par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.

3.5.3. Nutriments

La figure 9 indique l'évolution de l'azote (At) contenu dans les eaux usées ménagères déversées dans les Caraïbes par sous-région (tonnes annuelles), par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.

On constate une réduction des charges polluantes par azote déversées dans les Caraïbes dans les sous-régions I (golfe du Mexique) et III (Caraïbes méridionales), aucune variation dans la sous-région II (Caraïbes occidentales) et une élévation dans les sous-régions IV (Caraïbes orientales) et V (Caraïbes nord-orientales et centrales).

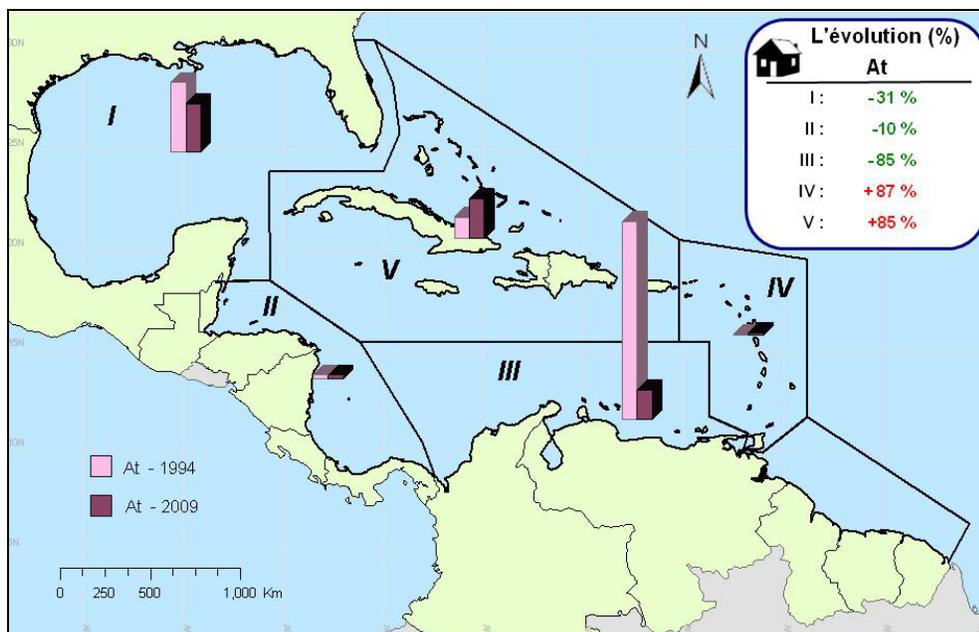


Figure 9. Déversements d'azote total d'origine ménagère dans les Caraïbes par sous-région par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.

La figure 10 indique l'évolution des déversements de phosphore total (Pt) contenu dans les eaux usées ménagères dans les Caraïbes par sous-région (tonnes annuelles), par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport. On constate une réduction des charges polluantes par phosphore total dans toutes les sous-régions.

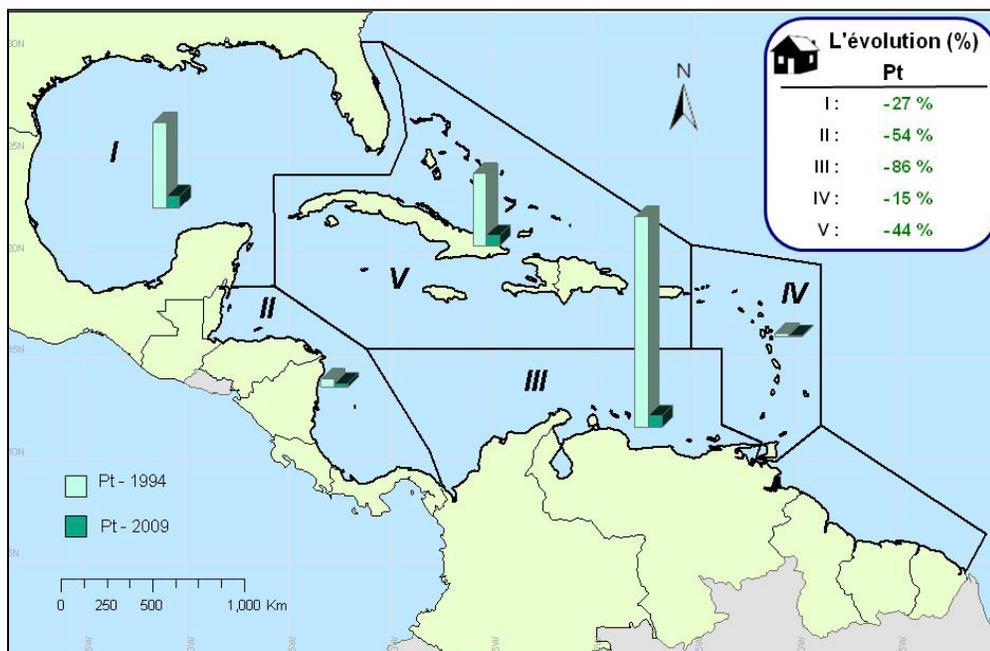


Figure 10. Déversements de phosphore total d'origine ménagère dans les Caraïbes par sous-région par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.

4. CHARGES POLLUANTES INDUSTRIELLES. ACTUALISATION

4.1. Charges polluantes industrielles déversées dans les Caraïbes

Les eaux usées industrielles déversées dans les Caraïbes constituent, à l'instar des eaux usées ménagères, une source de pollution marine qui représente une menace pour le développement durable²⁶. Les apports de pollution d'origine industrielle dans les Caraïbes apparaissent dans les rapports techniques nationaux de quinze pas et dans d'autres rapports techniques⁸.

La méthodologie employée envisage l'analyse des indicateurs permettant d'évaluer la matière organique (DBO₅ et DQO), les matières en suspension totales (MST), l'azote total (At), le phosphore total (Pt), ainsi que les huiles et lubrifiants (GetA). Les analyses des pesticides, des métaux lourds et des charges bactériennes sont conditionnées par la disponibilité de ressources dans chaque pays. Les méthodes directes comprennent la prise d'échantillons, les mesures de débit et les méthodes analytiques normalisées pour des tests de laboratoire selon les *Standard Methods* (APHA, 1998). Les méthodes indirectes comprennent les indicateurs de production et de consommation, l'estimation des facteurs d'émission, l'extrapolation, le bilan des matériaux et d'autres d'évaluation rapide.

Les activités industrielles principales par sous-région apparaissent au tableau 6 par catégories générales en vue d'identifier les sous-régions à forte charges polluantes industrielles (1997-2008).

Tableau 6. Principales activités industrielles dans les pays des Caraïbes⁸

Pays et Territoires	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Sous-région I															
Etats-Unis d'Amérique	X	x	X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	X	x
Mexique	X	x	X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	X	x
Sous-région II															
Belize		x	X	x									x		
Guatemala															
Honduras	X	x	X	x	x	x			x						x
Nicaragua															
Costa Rica	X		X	x				X							x
Panama	X			x		x							x		x
Sous-région III															
Colombie	X	x	X	x	x	x	x	X	x		x	x	x		x
Venezuela	X	x	X	x	x	x	x	X	x		x	x	x	x	x
Guyana			X	x									x		
Guyane française		x	X												
Suriname		x	X												
Aruba	N.D.														
Antilles néerlandaises	X		X	x				X							x

Sous-région IV															
Anguila	N.D.														
Antigua-et-Barbuda		x		x									x	X	
Barbade	X	x	X	x			x		x		x	x			x
Iles Vierges britanniques				x									x		
Dominique		x		x									x	X	
Grenade		x	X	x									x		x
Guadeloupe		x	X												
Martinique		x													
Montserrat	N.D.														
Saint-Martin	N.D.														
Saint-Barthelemy	N.D.														
Sainte-Lucie		x	X	x					x				x		x
Saint- Kitts-et-Nevis		x	X	x			x				x		x	X	
Saint-Vincent-et-Grenadines		x	X	x											
Iles Vierges américaines		x											x		
Trinité-et-Tobago	X	x	X	x	x	x	x	X	x		x	x	x	X	
Sous-région V															
Bahamas	N.D.														
Iles Caïmanes	N.D.														
Cuba	X	x	X	x	x	x	x	X	x		x		x	X	X
République dominicaine	X	x	X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	X	X
Jamaïque	X	x	X	x		x	x	X	x	x	x		x		X
Porto Rico	X			x		x							x		X
Iles Turques-et-Caïques	N.D.														

A: Raffinerie de pétrole.

B: Usines à sucre, raffinerie et distillerie.

C: Boissons et liqueur.

D: Conditionnement d'aliments.

E: Pâte à papier et papier.

F: Industrie chimique.

G: Textile.

H: Industrie lourde (fer, acier, machines, métaux non ferreux).

I: Savonnerie et parfumerie.

J: Mines.

K: Plastique.

L: Machines-outils.

M: Usines électriques.

N: Galvanoplastie.

O: Autres.

N.D. : Non disponible.

Les indicateurs de qualité utilisés dans la méthodologie pour estimer les charges polluantes d'origine terrestre déversées dans la région et fixés lors des ateliers tenus à Caracas (2005) et à La Havane (2006) sont les suivants : demande biochimique d'oxygène (DBO₅) ; demande chimique d'oxygène (DQO) ; matières en suspension totales (MST) ; azote total (At) ; phosphore total (Pt) et huiles et lubrifiants (AetG).^{9,10}

L'indicateurs huiles et lubrifiants n'a pas été évalué dans le présent Rapport faute de données fiables, de même que les pesticides, les métaux lourds et la charge bactérienne, dont les déterminations sont sujettes aux ressources et aux installations disponibles dans chaque pays.

Le tableau 7 indique la charge polluante industrielle (tonnes annuelles) déversée dans les Caraïbes par sous-région, à partir de l'information la plus récente dans chaque pays de 1997 à 2008.

Tableau 7. Charge polluante industrielle (t.an⁻¹) déversée dans les Caraïbes par sous-région (1997-2008)⁸

Charge polluante industrielle (t.an ⁻¹) déversée dans les Caraïbes					
Pays et Territoires	DBO ₅	DQO	MST	At	Pt
Sous-région I					
Etats-Unis d'Amérique	112,600	198,410	295,340	6,060	974
Mexique	83,649	175,662	209,122	7,350	1,470
<i>Sous-total</i>	<i>196,249</i>	<i>374,072</i>	<i>504,462</i>	<i>13,410</i>	<i>2,444</i>
Sous-région II					
Belize	870	1,827	218	290	80
Guatemala	7,362	15,460	2,408	24	5
Honduras	410	856	100	115	70
Nicaragua	312	733	39	78	36
Costa Rica	801	2,034	1,305	135	62
Panama	199	897	1,913	17	10
<i>Sous-total</i>	<i>9,954</i>	<i>21,807</i>	<i>5,983</i>	<i>659</i>	<i>263</i>
Sous-région III					
Colombie	4,000	6,000	80,000	1,000	100
Venezuela	28,559	59,974	6,155	9,605	475
Guyana	87	183	26	8	5
Guyane française	51	214	28	10	6
Suriname	102	214	28	10	6
Aruba	NA				
Antilles néerlandaises	1,489	3,127	438	145	88
<i>Sous-total</i>	<i>34,288</i>	<i>69,498</i>	<i>86,647</i>	<i>10,768</i>	<i>674</i>
Sous-région IV					
Anguila	NA				
Antigua-et-Barbuda	45	95	9	4	2
Barbade	1,650	4,116	15	58	7
Iles Vierges britanniques	5	11	2	1	1
Dominique	636	1,336	120	24	18
Grenade	365	767	185	21	17
Guadeloupe	538	1,026	123	32	18
Martinique	734	2,378	770	NA	NA
Montserrat	NA				
Sainte-Lucie	190	399	895	38	34
Saint-Martin	NA				
Saint-Barthelemy	NA				
Saint-Kitts-et-Nevis	183	384	100	8	5
Iles Vierges américaines	44	2,331	800	6	2
Trinité-et-Tobago	192,337	340,336	39,138	1,125	523
Saint-Vincent-et-Grenadines	335	704	225	9	4
<i>Sous-total</i>	<i>197,062</i>	<i>353,883</i>	<i>42,382</i>	<i>1,326</i>	<i>631</i>

Charge polluante industrielle (t.an ⁻¹) déversée dans les Caraïbes					
Pays et Territoires	DBO ₅	DQO	MST	At	Pt
Sous-région V					
Bahamas	NA				
Iles Caïmanes	NA				
Cuba	44, 340	93, 083	NA	1, 697	1, 194
République dominicaine	587	1, 190	69	32	14
Haïti	521	1, 051	58	27	12
Porto Rico	1, 491	3, 131	5, 610	1	5
Jamaïque	5, 178	10, 873	2, 788	158	62
Iles Turques-et-Caïques	NA				
<i>Sous-total</i>	<i>52, 117</i>	<i>109, 328</i>	<i>8,525</i>	<i>1, 915</i>	<i>1,287</i>
Total	489,000	928,000	648,000	28,000	5,000

N.D.: Non disponible.

Les plus fortes charges polluantes industrielles déversées dans les Caraïbes proviennent en général de la sous-région I (golfe du Mexique), tandis que les charges les moins significatives proviennent de la sous-région II (Caraïbes occidentales), en raison de son développement industriel croissant orienté vers le centre et les côtes du Pacifique.

Ces résultats sont associés au développement industriel des zones côtières tributaires, ainsi qu'aux niveaux et à la spécificité de l'épuration et de la réutilisation des eaux usées industrielles.

4.2. Matière organique d'origine industrielle

La figure 11 indique les déversements de matières organiques (DBO₅ et DQO) contenues dans les eaux usées industrielles dans les Caraïbes par sous-région. Les sous-régions I (golfe du Mexique) et IV (Caraïbes orientales) apportent les plus grosses charges organiques.

L'apport si élevé de la sous-région IV, qui regroupe les petites îles des Petites Antilles dont le développement et la diversité industrielle sont faibles, se doit à la forte contribution de Trinité-et-Tobago au développement industriel ascendant et renforcé par l'industrie du pétrole, bien que l'information incluse dans son rapport technique national corresponde à 1997⁸.

La sous-région II (Caraïbes occidentales) est celle qui contribue le moins, du fait que son développement industriel croissant est axé sur la côte Pacifique.

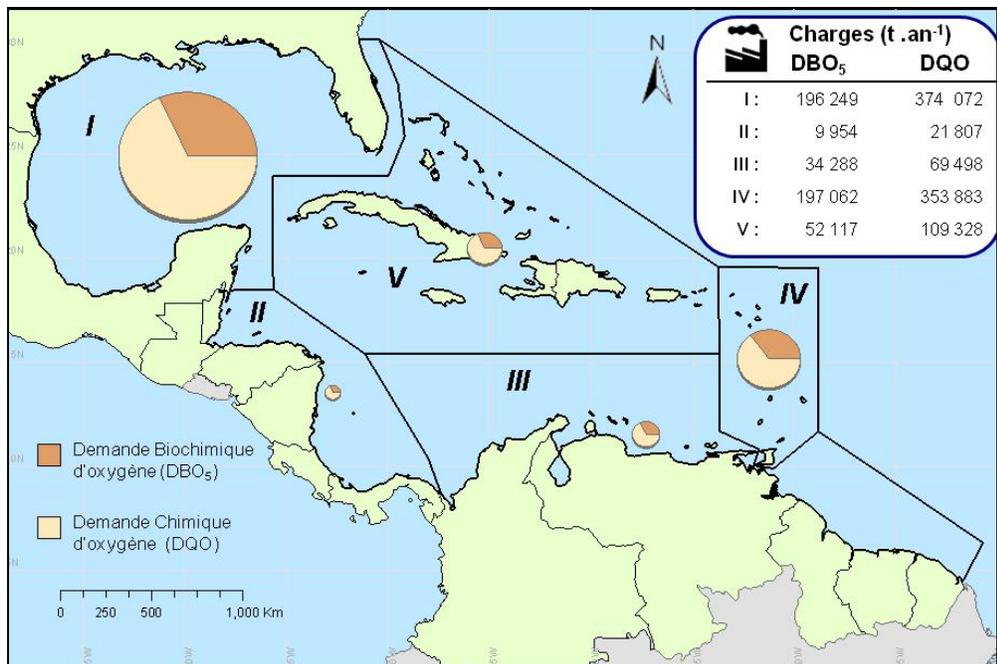


Figure 11. Déversements de matières organiques d'origine industrielle (DBO₅/DQO) dans les Caraïbes par sous-région (t.an⁻¹)

4.3. Matières en suspension totales d'origine industrielle

La figure 12 indique les déversements dans la région de matières en suspension totales (MST) contenus dans les eaux usées industrielles.

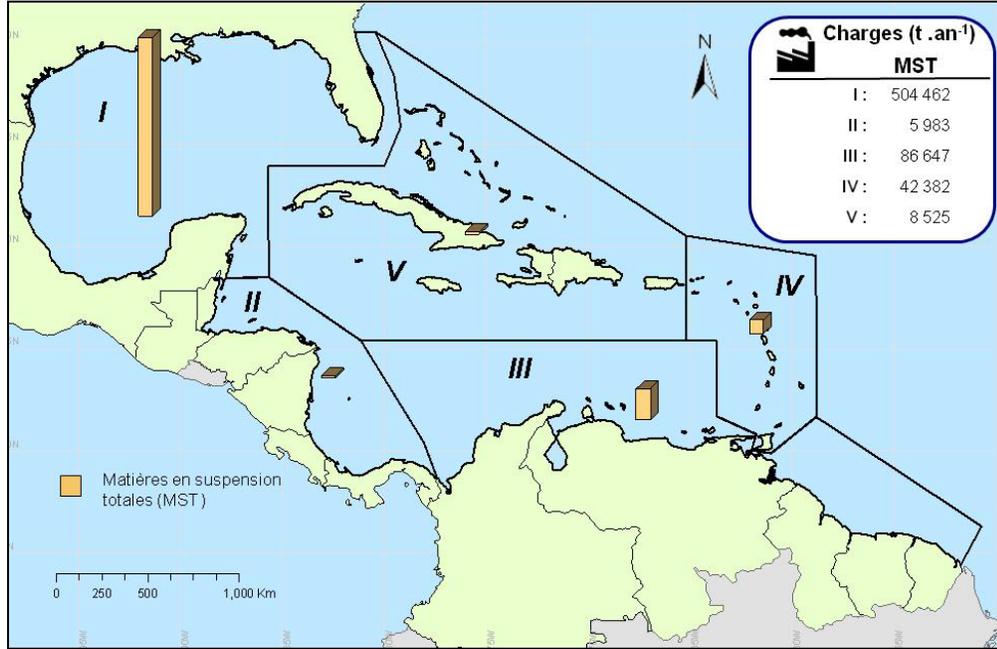


Figure 12. Déversements de matières en suspension totales (MST) contenus dans les eaux usées industrielles dans les Caraïbes par sous-région (t.an⁻¹)

Les plus gros déversements proviennent de la sous-région I (golfe du Mexique), associés aux plus de 4 000 usines et installations, et de la sous-région III (Caraïbes méridionales). À l’instar des matières organiques, les déversements les moins importants de solides en suspension proviennent de la sous-région III (Caraïbes occidentales), pour les raisons indiquées plus haut aux sections 4.1 et 4.2.

4.4. Nutriments d’origine industrielle

Les problèmes d’eutrophisation détectés dans les Caraïbes et touchant sérieusement les écosystèmes côtiers sont principalement associés aux déversements de nutriments (At et Pt)²⁷. Le rapport entre ces deux indicateurs de l’activité industrielle est différent de ceux de l’activité urbaine, parce que ces nutriments s’expliquent par les matières premières utilisées dans les processus technologiques et peuvent engendrer des quantités d’azote supérieures en comparaison du phosphore ou vice-versa.

La figure 13 indique les déversements par sous-région des nutriments (At y Pt) contenus dans les eaux usées industrielles. Les plus gros contributeurs d’azote total (At) proviennent des sous-régions I (golfe du Mexique) et III (Caraïbes méridionales), tandis que les plus gros contributeurs de phosphore total (Pt) proviennent des sous-régions I (golfe du Mexique) et V (Caraïbes nord-orientales et centrales). La contribution la plus faible, tant d’azote que de phosphore, provient de la sous-région II (Caraïbes occidentales).

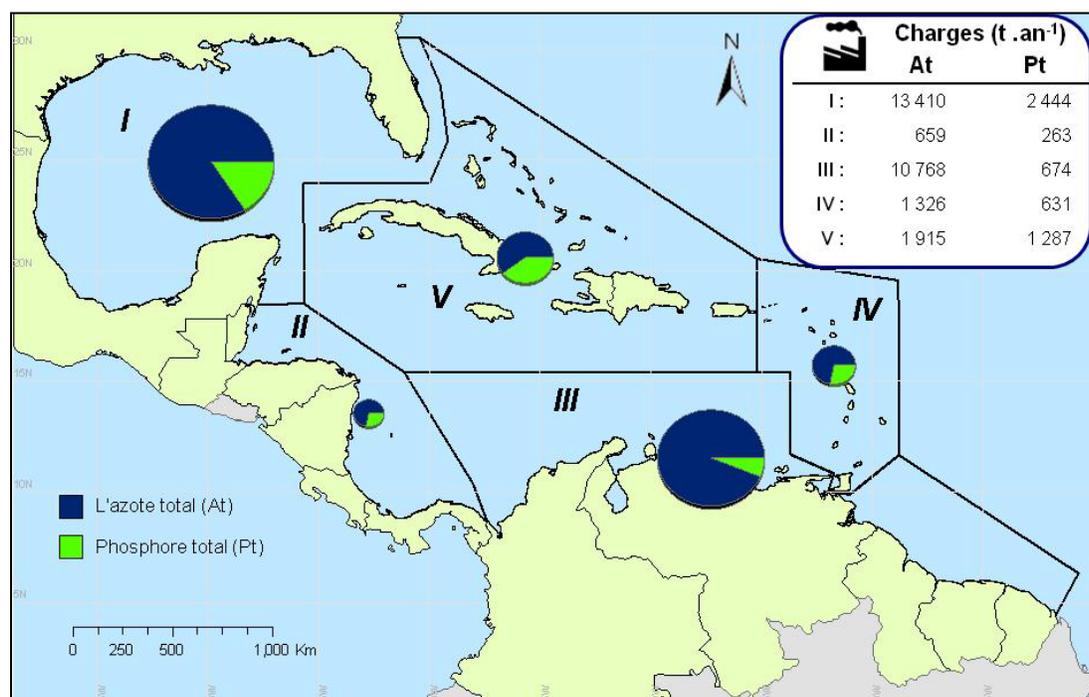


Figure 13. Déversements de nutriments (At y Pt) d’origine industrielle dans les Caraïbes par sous-région (t.an⁻¹)

4.5. Rapport technique du PAC n° 33 comparé au présent Rapport actualisé

Le tableau 8 indique les niveaux comparatifs de charges polluantes des différents indicateurs de qualité des eaux usées industrielles déversées dans les Caraïbes par sous-région en tonnes annuelles, par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.

On constate une forte réduction des déversements de charges polluantes industrielles dans les Caraïbes malgré le développement industriel progressif : 85 p. 100 des BOD₅ ; 98 p. 100 des MST ; 92 p. 100 de l'At et 93 p. 100 du Pt, ce qui prouve apparemment une meilleure couverture d'épuration dans la région.

L'augmentation des capacités d'épuration et d'évacuation des eaux usées industrielles dans les Caraïbes, en particulier dans l'industrie pétrolière, et une conscientisation accrue en matière d'environnement sont toutefois incontestables. Par ailleurs, les gouvernements ont, ces dernières années, renforcé leurs exigences sur l'industrie par rapport à la protection de l'environnement.

Tableau 8. Niveaux comparatifs de charges polluantes industrielles déversées dans les Caraïbes par sous-région (t.an⁻¹), par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé^{5,8}.

Sous-région	Rapport technique du PAC n° 33 et présent Rapport	DBO ₅	MST	Nt	Pt
I	Rapport technique PAC n° 33	2, 142, 324	2,7 74,2 15	13, 673	16, 293
	Rapport actualisé	196,249	504,462	13,410	2,444
II	Rapport technique PAC n° 33	126 ,259	149, 887	40, 526	4, 519
	Rapport actualisé	9,954	5,983	659	263
III	Rapport technique PAC n° 33	304, 100	1, 624 768	100, 067	32, 353
	Rapport actualisé	34, 288	86, 647	10, 768	674
IV	Rapport technique PAC n° 33	393, 707	1, 330, 270	148, 306	15, 343
	Rapport actualisé	197, 062	42, 382	1, 326	631
V	Rapport technique PAC n° 33	460, 872	1, 073, 696	46, 532	14, 114
	Rapport actualisé	52, 117	8, 525	1, 915	1, 287
Total	Rapport technique PAC n° 33	3, 427, 000	31, 920, 000	349, 000	82, 000
	Rapport actualisé	489,000	648,000	28,000	5,000

¹ Non compris Anguila, Saint-Martin, Saint-Barthelemy et Montserrat, faute de données.

4.5.1. Matières organiques

La figure 14 indique l'évolution des charges organiques (DBO_5) contenues dans les eaux usées industrielles déversées dans les Caraïbes par sous-région en tonnes annuelles, par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.

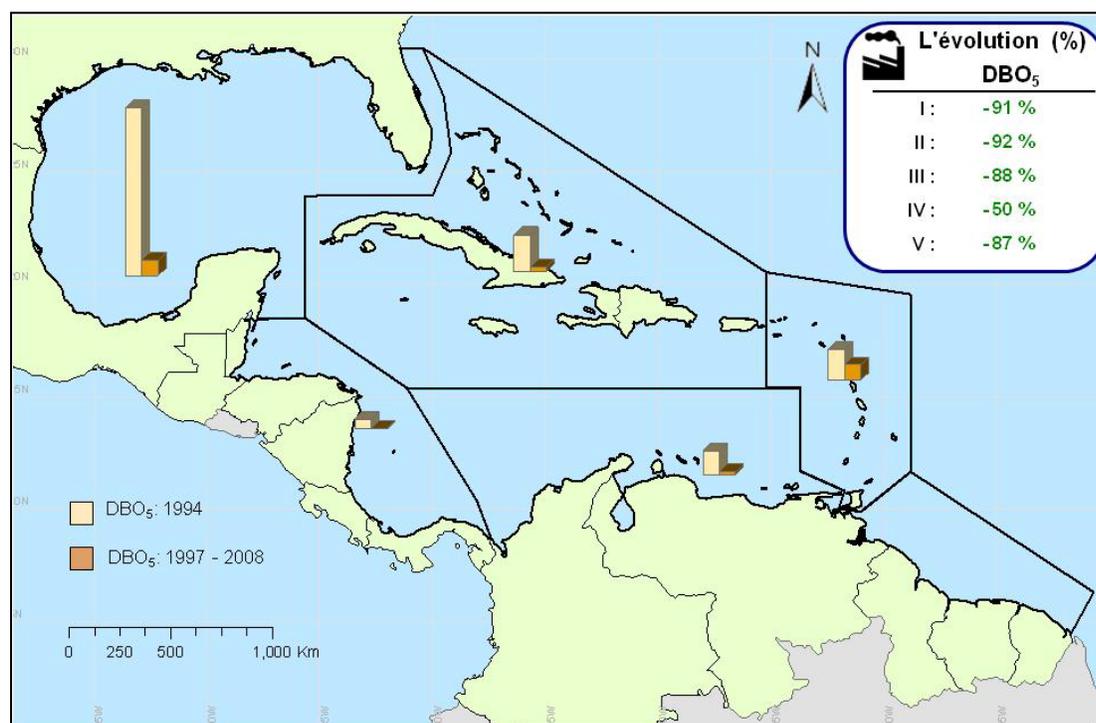


Figure 14. Charges organiques (DBO_5) d'origine industrielle déversées dans les Caraïbes par sous-région en tonnes annuelles, par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.

On constate une forte réduction de la charge polluante organique dans les Caraïbes malgré leur développement industriel croissant. La plus forte réduction est celle de la sous-région II (Caraïbes occidentales), associée à un développement industriel axé sur l'océan Pacifique, et la sous-région I (golfe du Mexique), avec plus de 90 p. 100 par habitant, tandis que la moindre est celle de la sous-région IV (Caraïbes orientales), à raison de 50 p. 100. Les sous-régions III (Caraïbes méridionales) et V (Caraïbes nord-orientales et centrales) présentent des réductions similaires de 88 p. 100.

4.5.2. Matières en suspension totales

Le déversement de matières en suspension totales (MST) d'origine industrielle enregistre des réductions dans chaque sous-région des Caraïbes, en particulier de 99 p. 100 dans la sous-région V (Caraïbes nord-orientales et centrales) et de plus de 90 p. 100 dans les sous-régions IV

(Caraïbes orientales), III (Caraïbes méridionales) et II (Caraïbes occidentales), la réduction la moins significative étant celle de la sous-région I (golfe du Mexique) à raison de 82 p. 100.

4.5.3. Nutriments

La figure 15 indique les déversements d'azote total (At) contenu dans les eaux usées industrielles dans les Caraïbes par sous-région (tonnes annuelles) par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.

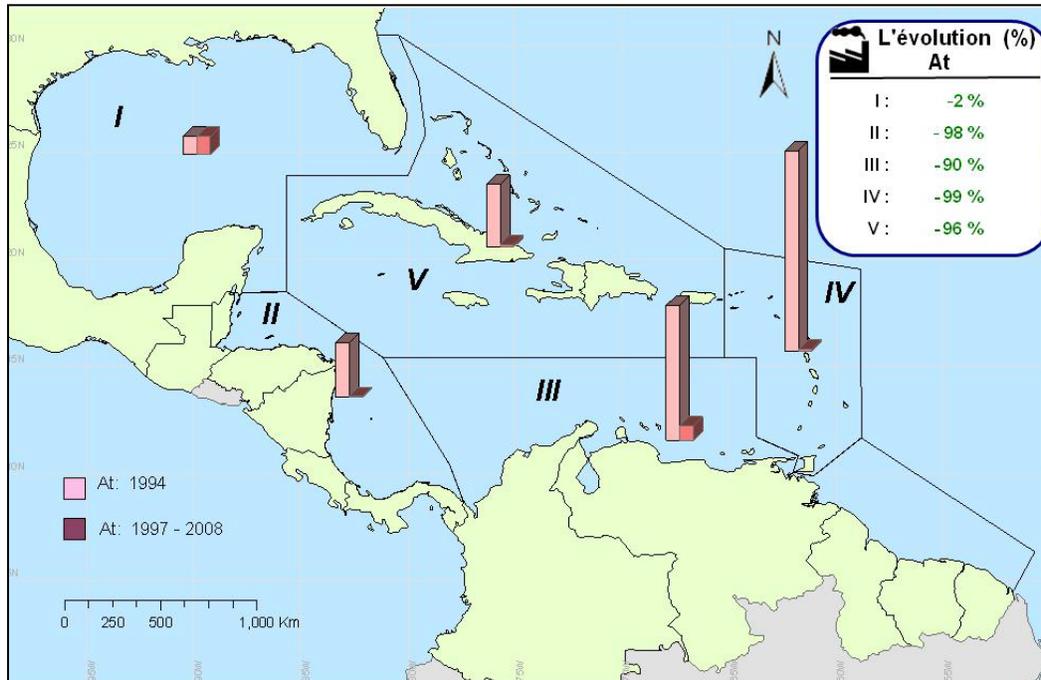


Figure 15. Déversements d'azote total (At) d'origine industrielle dans les Caraïbes par sous-région (tonnes annuelles) par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.

Les plus fortes réductions sont celles des sous-régions IV (Caraïbes orientales) et II (Caraïbes occidentales) à raison de 99 et de 98 p. 100 respectivement, les réductions moindres étant la sous-région I (golfe du Mexique) et III (Caraïbes méridionales), avec seulement 2 p. 100.

La figure 16 indique les déversements de phosphore total (Pt) contenu dans les eaux usées industrielles dans les Caraïbes par sous-région (tonnes annuelles) par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.

Les plus fortes réductions de phosphore total s'observent dans les sous-régions III (Caraïbes méridionales) et IV (Caraïbes orientales) à hauteur de 98 et de 96 p. 100 respectivement, et les moins fortes dans la sous-région I (golfe du Mexique), à hauteur de 85 p. 100, du fait que l'industrie du pétrole et connexe prévalent sur la zone côtière.

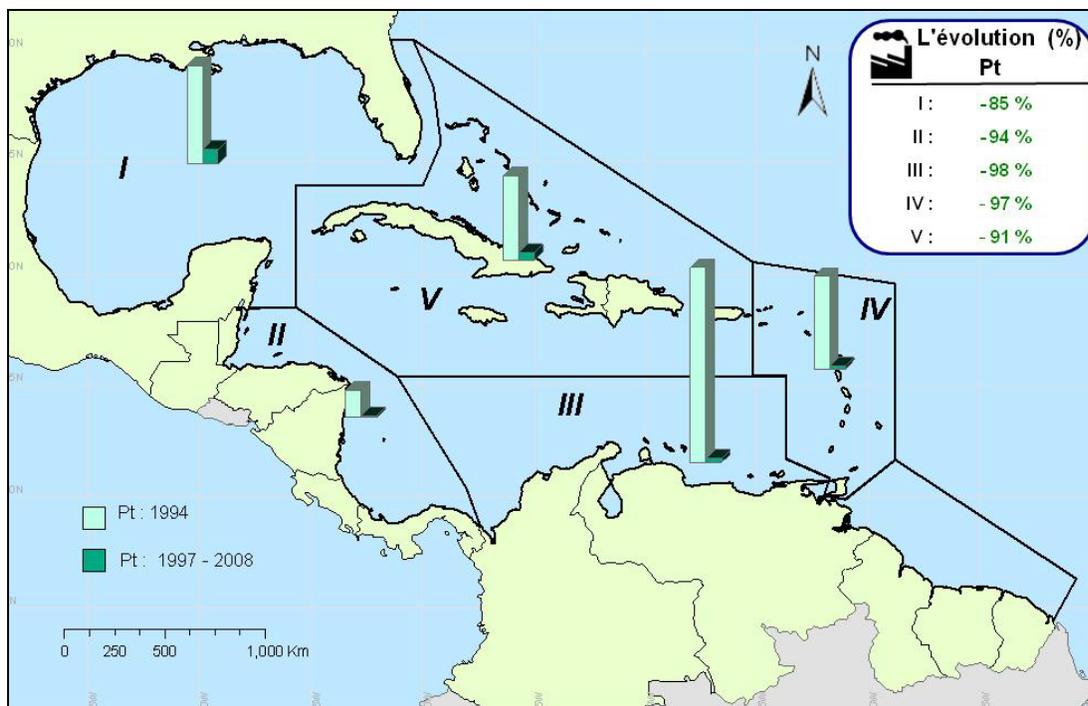


Figure 16. Déversements de phosphore total (Pt) d'origine industrielle dans les Caraïbes par sous-région (tonnes annuelles) par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé

4.5.4. Remarques générales par comparaison entre les données de 1994 et les données actualisées

En général, à compter de 1994, on constate une réduction significative de la charge polluante d'origine industrielle déversée dans les Caraïbes, les raisons essentielles en étant, entre autres, les suivantes :

- *Interrelation entre bonne gouvernance et protection de l'environnement* : on constate une prise de conscience écologique croissante et la nécessité partagée d'accéder au développement technologique tout en préservant l'environnement, de pair avec une volonté politique de complémentarité mutuelle et une bonne gouvernance.
- *Mise en place de mesures organisationnelles et juridiques pour diminuer les déversements d'eaux usées industrielles* : les gouvernements ont renforcé les exigences envers l'industrie ; parmi les mesures les plus efficaces, on trouve les amendes infligées pour le déversement des eaux usées industrielles, ce qui a entraîné la construction de nombreux usines d'épuration dans le secteur industriel et l'obligation de réaliser des Études d'impact sur l'environnement (EIE) pour les nouveaux projets d'ouvrages ainsi que pour l'agrandissement et la modification d'ouvrages existants, ce qui a contribué à l'application de pratiques de productions propres qui améliorent les Programmes de gestion intégrée des zones côtières et la qualité de l'environnement dans les Caraïbes.

- *Investissements des sociétés transnationales* : celles-ci ont fait des investissements dans les Caraïbes et, dans leur concurrence pour être des leaders sur le marché, ont été contraintes de satisfaire aux exigences du système de qualités des normes ISO, en particulier la norme ISO 14001²⁸ qui vise à des production plus propres avec un minimum de résidus et de dommages à l'environnement.
- *Économie des ressources en eau* : la réutilisation accrue des eaux usées industrielles et leur recirculation dans les procès de production ont eu des effets très positifs sur la réduction des charges polluantes industrielles dans les Caraïbes. En 2003, l'industrie mexicaine a généré $5,4 \times 10^9 \text{ m}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ ($171 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1}$) d'eaux usées industrielles, et il existait 1 640 usines d'épuration, dont 1 579 en service ont traité $27,4 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1}$ d'eaux polluées. On estime que les eaux usées épurées réutilisées se sont montées à $26,3 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1}$, dont 4 p. 100 a été réutilisée directement dans l'industrie, 91 p. 100 de façon indirecte et seulement 5 p. 100 a été déversé dans les eaux réceptrices²⁹.

Quand on fixe les plafonds d'eaux usées industrielles à déverser dans les Caraïbes, il faut envisager les caractéristiques de l'industrie et de ses eaux usées, ainsi que celles du site de déversement ou celui du milieu marin, ou des deux à la fois, en accord avec l'annexe II du Protocole LSB.

4.6. Déversements d'hydrocarbures de pétrole

Les déversements d'hydrocarbures de pétrole dans les Caraïbes produisent des effets nocifs sur l'écologie des écosystèmes côtiers, en particulier des récifs coralliens, des prairies marines, des mangroves et des populations des poissons et de mollusques ; les phénomènes de déversements massifs de pétrole par suite d'accidents maritimes de pétroliers et de plateformes de pétrole en mer s'avèrent particulièrement mortels. De plus, ils peuvent atteindre les plages de la région et avoir des retombées négatives significatifs sur l'économie des pays dépendants du tourisme.

Les charges polluantes par pétrole déversées dans la région ne sont pas quantifiées parce que l'information émises par les pays a été dispersée, insuffisante et ne permettait pas du point de vue statistique de caractériser dûment chaque sous-région. Néanmoins, les marées noires associées à l'industrie, au transport et aux opérations en mer constituent l'un des plus grandes menaces pour les Caraïbes³⁰.

4.6.1. Risques de pollution industrielle par hydrocarbures dans les Caraïbes

On estime que 90 p. 100 de la pollution par hydrocarbures dans les Caraïbes proviennent de sources et activités industrielles terrestres, en particulier de raffineries de pétrole qui se montent à plus d'une centaine dans presque tous les pays de la région, bien que 75 p. 100 soient installées dans la sous-région I (golfe du Mexique). De même, une part significative du pétrole produit est

transportée sur les mers de la région à destination des USA, à travers un réseau serré de routes de distribution, ce qui constitue un danger potentiel de risques de marées noires par accidents et défaillances technologiques lorsque les pétroliers passent par des canaux étroits et s'approchent des ports.

Une étude a été menée en 2003-2004 sur le déplacement de navires dans la région à partir de l'information fournie par *Lloyd's Maritime Information Unit* (LMIU) sur cinq zones : la côte Atlantique d'Amérique centrale (CAM), la côte Atlantique des États-Unis d'Amérique (USA), le golfe du Mexique (USG), la côte Atlantique du Nord de l'Amérique du Sud (SAA) et la mer des Caraïbes (CAR) : le total a été de 103 970 navires, soit 8 664 par mois ou 285 par jour²⁸.

La figure 17 indique le mouvement quotidien et annuel dans les cinq zones d'étude en 2003, et la l'emplacement géographique de chaque zone. Les plus gros déplacements ont eu lieu sur la côte Atlantique de l'Amérique du Sud (SAA), à raison de 28 392 navires par an, et les moins importants dans le golfe du Mexique (USG), à raison de 14 160 navires par an. L'étude n'identifie pas le type de navires concerné, mais offre toutefois une information sur le trafic maritime et sur le danger potentiel qu'il représente pour les Caraïbes sous forme de marées noires et de déversements d'autres substances nocives.

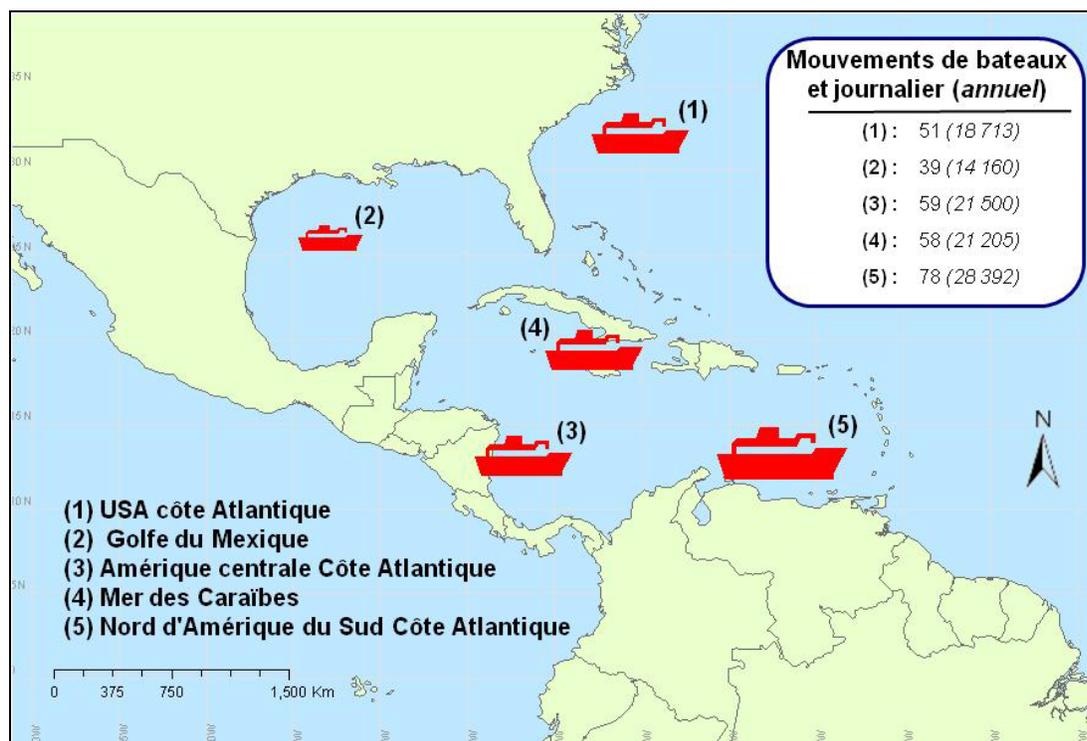


Figure 17. Mouvement annuel et journalier de bateaux dans les cinq zones d'étude en 2003³¹

4.6.2. Risques des opérations offshore dans les Caraïbes

Les opérations offshore augmentent vite dans les Caraïbes, en particulier dans la sous-région I (golfe du Mexique) où l'on compte de nombreuses plateformes au large des côtes. Dans la sous-région III (Caraïbes méridionales), des opérations offshore se déroulent dans le lac de Maracaibo (Venezuela) ainsi que des études de prospection offshore dans la basse Guajira (Colombie). Dans la sous-région IV (Caraïbes orientales), des opérations offshore se déroulent au large de la côte Est de Trinité-et-Tobago. Dans la sous-région V (Caraïbes nord-orientales et centrales), des études de prospection offshore ont lieu au nord de la côte Ouest de Cuba et sur les côtes de la Jamaïque.

Les marées noires à partir de plateformes offshore découlent de la rupture de tuyauteries, d'explosions de puits incontrôlables, d'incendies, d'écoulements et de mauvais fonctionnements des équipements. La plus grave marée noire provenant d'une plateforme offshore a eu lieu en 1979 au puits IXTOC I dans le golfe du Mexique, qui devint incontrôlable et déversa $0,5 \times 10^6$ tonnes de brut léger pendant neuf mois jusqu'à ce qu'il puisse être colmaté et contrôlé.

Fin avril 2010, une plate-forme de pétrole offshore de la sous-région I (golfe du Mexique) a explosé et a coulé, laissant échapper dans les premières semaines jusqu'à 800 000 litres de pétrole par jour. Un autre plateforme de gaz offshore a coulé quelques semaines plus tard dans la sous-région III (Caraïbes méridionales).

Ce qu'on appelle l' « eau produite » – qui est de l'eau résiduelle libérée de la nappe de pétrole pendant le forage et contenant du pétrole et du gaz – constitue une autre source potentielle de pollution, car elle se déverse normalement dans le milieu marin, quoiqu'elle soit parfois réinjectée dans la bourse pétrolière en accord avec la législation environnementale du pays concerné et de l'évaluation économique du puits. Cette eau est fréquemment polluée par des restes de produits chimiques des hydrocarbures, par des substances découlant de l'injection (dispersants, anticorrosifs, biocide) et par des traces de pétrole dissous et en particules.

L' « eau produite » déversée en mer forme des « panaches » qui se déplacent au gré des vents et des vagues et transportent donc les polluants à plusieurs kilomètres à la ronde, ce qui risque de produire des concentrations d'hydrocarbures dans des organismes à filtre (huîtres) sur les côtes jusqu'à vingt kilomètres de distance de la plateforme offshore, ainsi que des boules de goudron (*tar balls*), à savoir une émulsion d'eau dans le pétrole (70-80 p. 100 d'eau), qui peuvent se former avec d'autres particules en suspension et qui se dégradent très lentement en milieu marin et peuvent porter préjudice aux plages des Caraïbes³². Des concentrations de 500 mg.l^{-1} (ppm), voire moins, peuvent empêcher la croissance du phytoplancton et des bactéries pélagiques.

L'eau produite a aussi des effets sur les fonds marins à une distance qui dépend du relief sous-marin et des conditions océanographiques existantes, mais dont les valeurs moyennes mesurées

vont de 5 kilomètres, touchant une superficie de 80-100 km², à 90 kilomètres depuis le lieu de déversement, bien que les plus fortes concentrations soient situées autour de la plateforme^{33,34}.

De plus, sur les plateformes offshore, la combustion de gaz excédentaire et de résidus de pétrole produit une pollution atmosphérique. Sur la plus grande plateforme des Grands Bancs de Terre-Neuve (Canada), connue comme Hibernia, de 1 à 2 millions de m³.jour⁻¹ de gaz ont été brûlés de 1997 à 2000, ce qui formait une flamme de vingt mètres de haut au-dessus de la cheminée³⁵.

5. BASSINS VERSANTS. ACTUALISATION

5.1. Charges polluantes des bassins versants dans les Caraïbes

Un bassin versant est une étendue de terrain qui draine l'eau de pluie ou d'irrigation vers un cours d'eau, un lac, un marécage, une baie ou un aquifère. Les polluants et les sédiments peuvent être recueillis par ces eaux, transportés dans les cours d'eau et éventuellement déposés dans les milieux côtiers. La qualité des eaux côtières et marines peut donc être endommagée par des activités humaines réalisées à grande distance de la côte.

Dans les pays caribéens, le cours supérieur des nombreux bassins versants a été sérieusement endommagé par de longues périodes d'économie agricole, le développement urbain et rural, et le développement industriel croissant aux dépens des terres à usage forestier.

La pollution par nutriments et sédiments provoquée par des pratiques agricoles inadéquates est un grave problème qui a des retombées nocives sur les écosystèmes marins et côtiers des Caraïbes. De même, l'utilisation commerciale du bois, les demandes de bois de feu et la construction de routes ont élevé le taux de déforestation de la région, ce qui a contribué à l'érosion des terres et à l'accroissement des déversements de particules solides dans les cours d'eau. De plus, le ruissellement urbain est un problème croissant dans la région à cause de la croissance des établissements humains et de l'infrastructure touristique. Le déboisement et le nettoyage de terrains à des fins de développement aggravent l'imperméabilité des bassins, accélérant et concentrant donc la pollution à cause du ruissellement urbains dans les rues, les parkings, les autoroutes et d'autres superficies urbaines.

Le ruissellement des eaux minières, en particulier dans les bassins où se trouvent des gisements de minerais à ciel ouvert, constitue une source de polluants toxiques et dangereux qui touchent éventuellement les écosystèmes côtiers. L'extraction de la bauxite est particulièrement importante pour les économies de la Jamaïque, du Suriname et du Guyana, et dans un moindre mesure, de la République dominicaine et d'Haïti, bien qu'en Jamaïque, les résidus de bauxite ne soient pas déchargés dans les cours d'eau ni dans les eaux côtières, mais dans des réservoirs spéciaux. On trouve d'autres opérations minières, telles que l'extraction de nickel surtout à Cuba et en République dominicaine^{5,36}.

Les cours d'eau sont aussi plus ou moins pollués par les eaux usées ménagères et industrielles à travers les systèmes de drainage pluvial, les égouts et les connexions clandestines.

Des études portant sur l'envasement des récifs de corail le long des côtes de la sous-région II (Caraïbes occidentales) confirment les retombées négatives des charges sédimentaires entraînées par les cours d'eau dans les Caraïbes³⁷.

L'estimation des charges de nutriments provenant des bassins tributaires des États-Unis s'est faite à partir du modèle SPARROW⁴⁵. Pour estimer les charges provenant de la Colombie et du Venezuela, on a employé des méthodes directes par prise d'échantillons et registres sur place par des équipements portables, des mesures de débit et des méthodes analytiques normalisées pour des tests de laboratoire. On a aussi utilisé les bases de données existant dans plusieurs laboratoires de la région⁸.

Les indicateurs de qualité utilisés le plus couramment pour analyser les effets nocifs des cours d'eau sur le milieu marin sont les suivants :

- La demande biochimique d'oxygène (DBO₅).
- La demande chimique d'oxygène (DQO).
- Les matières en suspension totales (MST).
- L'azote total (At) et le phosphore total (Pt).
- Huiles et lubrifiants (AetG).
- Les coliformes totaux (CT).
- Les métaux lourds (chrome, plomb et cadmium), ces toxiques du milieu marin n'ayant pas été évalués faute d'information suffisante.

Le tableau 9 indique la charge polluante moyenne annuelle déversée dans les Caraïbes (t.an⁻¹), l'aire de drainage (km²) et le débit (m³.sec⁻¹) des principaux bassins versants par sous-région.

Tableau 9. Charge polluante moyenne annuelle déversée dans les Caraïbes (t.an⁻¹), aire de drainage (km²) et débit (m³.sec⁻¹) des principaux bassins versants par sous-région ^{8,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50}

Bassins versants	Aire de drainage (km ²)	Débit (m ³ .sec ⁻¹)	Charge moyenne annuelle (t.an ⁻¹) x 10 ³				
			DBO ₅	DQO	MST	At	Pt
Sous-région I							
Mississippi / Atchafalaya	3, 234, 000	20, 141	ND	ND	169, 290	1, 424 ¹	116 ¹
Bassins mineurs	1, 274, 020	8, 755	ND	ND	47, 271	220	36
<i>Sous-total</i>	<i>4, 508, 020</i>	<i>28, 896</i>	ND	ND	<i>216, 562</i>	<i>1, 644</i>	<i>152</i>

Sous-région II							
Bassins mineurs	291, 439	2, 783	403	1, 796	5, 800	12.7	4.3
<i>Sous-total</i>	<i>291, 439</i>	<i>2, 783</i>	<i>403</i>	<i>1, 796</i>	<i>5, 800</i>	<i>12.7</i>	<i>4.3</i>
Sous-région III							
Orénoque	952, 173	32, 321	ND	ND	105, 850	480 ²	ND
Magdalena / Canal du Dique	256, 622	7, 576	2, 983	13, 290	96, 000	95	67
Bassins mineurs	69, 948	5, 209	238	1, 060	433	45	53
<i>Sous-total</i>	<i>1, 278, 743</i>	<i>45, 106</i>	<i>3, 221</i>	<i>14, 350</i>	<i>202, 283</i>	<i>620</i>	<i>120</i>
Sous-région IV							
Bassins mineurs	105, 242	1, 005	1.7	8	2.6	0.2	0.04
<i>Sous-total</i>	<i>105, 242</i>	<i>1, 005</i>	<i>1.7</i>	<i>8</i>	<i>2.6</i>	<i>0.2</i>	<i>0.04</i>
Sous-région V							
Bassins mineurs	378, 871	3, 618	524	2, 335	7, 540	16.5	5.6
<i>Sous-total</i>	<i>378, 871</i>	<i>3, 618</i>	<i>524</i>	<i>2, 335</i>	<i>7, 540</i>	<i>16.5</i>	<i>5.6</i>
Total	6, 562, 000	81, 000	4, 000³	18, 000³	432, 000	2,300	300⁴

N.D.: Non disponible

¹SPARROW model (Alexander *et al.*, 2008).

²Ramirez, Rose & Bifano (1988); Lewis & Saunders (1986); Meybeck (1982).

³Non compris les déversements organiques de la sous-région I et du bassin de l'Orénoque, faute de données.

⁴Non compris les déversements de phosphore dans le bassin de l'Orénoque, faute de données.

Selon les résultats du modèle SPARROW, la sous-région I (golfe du Mexique) déverse de fortes quantités de matières en suspension totales (plus de 200 millions de tonnes par an) et d'azote (plus d'un million de tonnes par an) dans le bassin du Mississippi /Atchafalaya. La sous-région III (Caraïbes méridionales) déverse de même de fortes charges de matières en suspension (plus de 200 millions de tonnes par an).

Les Caraïbes reçoivent les apports de trois des cinq bassins versants les plus importants d'Amérique latine et des Caraïbes : le bassin du Mississippi/Atchafalaya (USA); le bassin du Magdalena/Canal du Dique (Colombie) et le bassin de l'Orénoque (Venezuela), qui fournissent ensemble 60 000 m³.sec⁻¹ d'eau douce et couvrent une zone de drainage de plus de quatre millions de km² (figure 18).

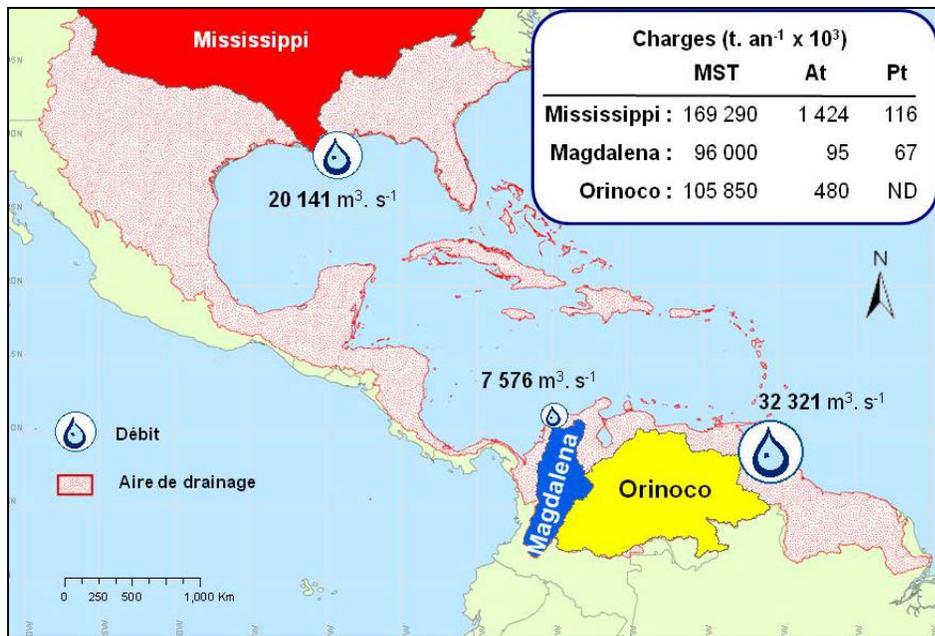


Figure 18. Débit (m.sec⁻¹) et charges polluantes (t.an⁻¹) dans les Caraïbes provenant des principaux bassins versants.

Le bassin du Mississippi/Atchafalaya constitue la plus grande source de pollution des Caraïbes par matières en suspension (presque 170 millions de tonnes annuelles) et de phosphore (plus de 100 000 tonnes), car environ 41 p. 100 du territoire étasunien draine dans le golfe du Mexique à travers le bassin du Mississippi et de ses affluents⁸.

La figure 19 indique les déversements du Mississippi dans le golfe du Mexique. On observe la permanence du « panache » formé par les sédiments en suspension déchargés.

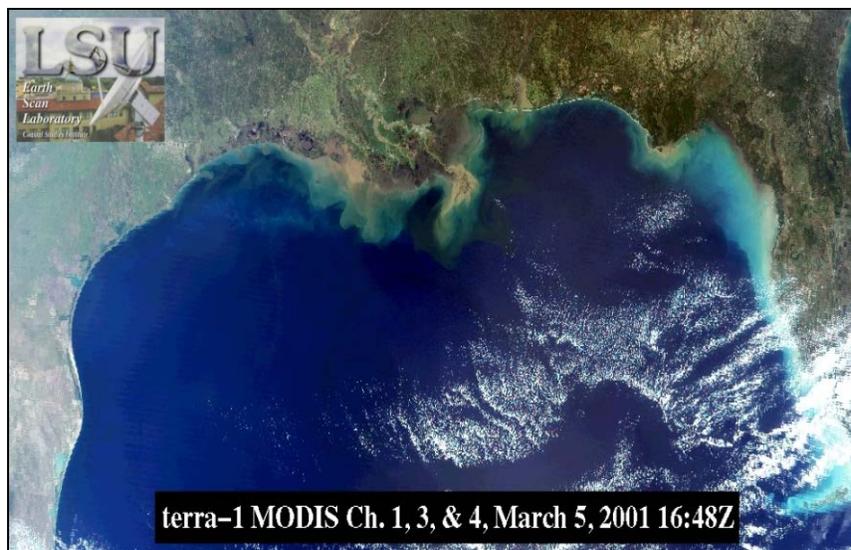


Figure 19. Embouchure du Mississippi

Le bassin de l'Orénoque, situé dans des zones à forte pluviosité, apporte les plus gros débits d'eau douce aux Caraïbes, à raison de $32\,000\text{ m}^3\cdot\text{sec}^{-1}$, et constitue le second contributeur en matières en suspension à la région, à raison de plus de 100 millions de tonnes par an. Il apporte aussi 480 000 tonnes d'azote par an, sans doute à cause du type de terre drainée et des engrais et produits utilisés dans l'agriculture^{47,48,49,50}.

Dans la sous-région I (golfe du Mexique), les aires de drainage couvrent le golfe du Mexique (Mississippi/Atchafalaya; fleuves se jetant dans le golfe du Texas et Río Grande) et le golfe de l'Atlantique Sud et de la côte orientale du Mexique jusqu'à la péninsule du Yucatán.

Le bassin du Mississippi/Atchafalaya couvre presque la moitié de l'aire de drainage total dans les Caraïbes (plus de 3 millions de km²) et compte six sous-bassins principaux qui constituent le haut-Mississippi, le Missouri, l'Ohio, l'Arkansas, le bas-Mississippi et le Red (figure 20).



Figure 20. Bassin du Mississippi/Atchafalaya (USA)

La figure 21 indique les apports d'eau douce aux Caraïbes en provenance des bassins versants par sous-région. Les plus gros apports sont ceux de la sous-région III (Caraïbes méridionales), avec 55 p. 100, suivie de la sous-région I (golfe du Mexique), avec 35 p. 100, les apports les moins significatifs provenant de la sous-région II (Caraïbes occidentales), avec 3 p. 100, et de la sous-région IV (Caraïbes orientales), celle des petites îles des Petites Antilles, avec 1 p. 100. La contribution totale d'eau douce dans les Caraïbes est de $81\,000\text{ m}^3\cdot\text{sec}^{-1}$, l'apport important de nutriments et de matière organique accroissant la fertilité des eaux marines.

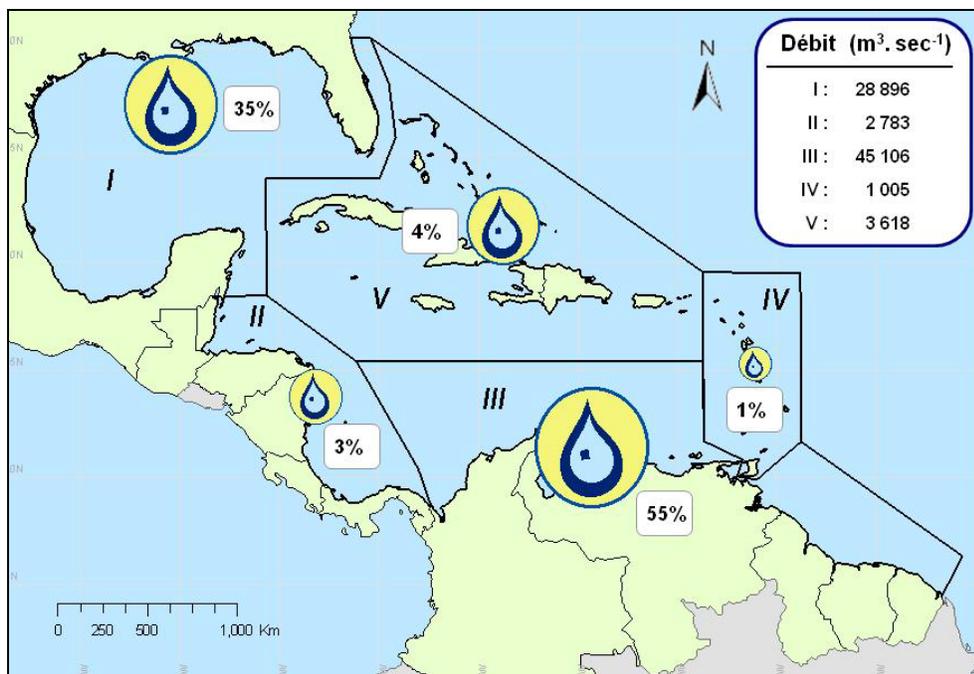


Figure 21. Apports d'eau douce (m³.sec⁻¹ et %) aux Caraïbes en provenance des bassins versants par sous-région.

Ces résultats sont associés à la pluviosité existant dans les bassins versants, à l'aire de drainage et au développement urbain, industriel et agricole. Par ailleurs, le ruissellement est en rapport avec les procédés et aux pratiques de gestion environnementale dans les bassins supérieurs, dont l'évolution a varié selon les pays, voire dans un même pays, du fait de la coordination réduite entre les institutions et parties prenantes des bassins, ce qui peut provoquer des conflits de compétences et surtout des vides dans l'exécution des tâches, car chaque facteur s'efforce de tirer parti des avantages de son emplacement et des droits de l'eau, sans s'inquiéter de savoir s'il pollue les eaux en aval et sans se sentir responsable du contrôle du drainage urbain⁵¹.

5.2. Matières en suspension totales des bassins versants

Les déversements de sédiments dans les Caraïbes sont associés à l'érosion des terrains dans les bassins, du fait de la déforestation, de l'urbanisation, de l'agriculture et de l'aquiculture, de pratiques telles que le débroussaillage et le nettoyage de la terre et des techniques culturales incorrectes. Le développement progressif des Caraïbes a exigé des modifications dans l'utilisation traditionnelle de la terre, en particulier des augmentations de l'agriculture et de l'élevage aux dépens de terres à usage forestier⁵.

Les plus grosses contributions en matières en suspension totales (MST) proviennent des sous-régions I (golfe du Mexique) et III (Caraïbes méridionales), à raison de plus de 200 millions de t.an⁻¹, les apports les moins significatifs étant ceux de la sous-région IV (Caraïbes orientales), à raison d'à peine 2 600 t.an⁻¹ provenant surtout de Trinité-et-Tobago. Les sous-régions V

(Caraïbes nord-orientales et centrales) et II (Caraïbes orientales) fournissent 7 et 6 millions de t.an⁻¹ respectivement.

Il est important de signaler l'apport du bassin du Cobre, situé dans la sous-région V (Caraïbes nord-orientales et centrales), qui représente 97,4 p. 100 (1 400 000 t.an⁻¹) des sédiments déchargés tous les ans dans la baie de Kingston (Jamaïque)⁴¹, soit presque 20 p. 100 de la charge moyenne annuelle de SMT dans cette sous-région (cf. table 9)..

Le Cobre a été étudié dans le cadre du Projet régional FEM RLA/93/G4 « Planification et gestion environnementale des baies et zones côtières fortement polluées des Caraïbes », en vue d'estimer le taux annuel de sédimentation à Hunts Bay par déversements provenant des fleuves tributaires et du canal Sandy Gully.

La figure 22 montre le « panache » formé par le déversement du Cobre.



Figure 22. Comportement typique du « panache » de déversement des sédiments en suspension du Cobre dans la baie Hunts, dans le port de Kingston (Jamaïque).

5.3. Nutriments de bassins versants

Les apports de nutriments (At et Pt) dans les Caraïbes en provenance des bassins versants se montent à plus de 2 millions de tonnes par an d'azote total et à plus de 300 000 tonnes de phosphore total (non compris l'Orénoque faute d'information sur le phosphore), lesquels causent une croissance excessive des algues marines et donc une réduction des niveaux d'oxygène dans les eaux côtières, et provoquent par conséquent à la longue la mort d'organismes marins, phénomène connu comme l' « eutrophisation ».

Les plus gros apports d'azote et de phosphore proviennent de la sous-région I (golfe du Mexique), à raison de 1,6 million et de 152 000 tonnes par an respectivement (non compris, pour le phosphore total, l'Orénoque, faute de données fiables). Les apports les moins significatifs en nutriments provenant, logiquement, compte tenu de l'étendue et du développement moindres de ses bassins versants, de la sous-région IV (Caraïbes orientales), à raison d'à peine 200 t At .an-1 et 40 t Pt .an-1. Les contributions les plus importantes en charge polluante de phosphore proviennent de l'activité agricole, tandis que la charge d'azote est influencée aussi par les dépôts atmosphériques.

5.4. Apports d'autres polluants dans les Caraïbes

Le tableau 10 montre d'autres apports de polluants en provenance des trois principaux bassins versants dans les Caraïbes, en particulier la charge sédimentaire totale (TSed), le carbone organique total (COT), les huiles et lubrifiants (AetG), les hydrocarbures de pétrole dissous et dispersés (HPDD) et les coliformes totaux (Ct), selon la quantité par jour la plus probable (NMP.jour⁻¹).

Tableau 10. Apports de polluants (TSed, COT, AetG, HPDD, CT) provenant des principaux bassins versants dans les Caraïbes en tonnes annuelles^{8,37,39,40,41}

Bassins versants	Aire de drainage (km ²)	Charge moyenne annuelle (t.an ⁻¹) x 10 ³				Ct (NMP.jour ⁻¹)
		TSed*	COT	AetG	HPDD	
Mississippi / Atchafalaya	3,234,000	646,800	4,537,300	NA	NA	NA
Orénoque	952,173	190,400	NA	2,500	NA	20.4 E+17
Magdalena / Canal du Dique	256, 622	51,300	NA	16,300	676,000	401.0 E+17
Total	4, 443, 000	888,500	4, 537,300	19,000	676,000	421.4 E +17

* Calcul basé sur un taux d'érosion de 200 t. km⁻².an⁻¹.

N.D. : Non disponible.

On constate les grosses charges polluantes déversées dans les Caraïbes par le bassin du Mississippi/Atchafalaya. Les sédiments constituent le principal impact des bassins versants dans la région. Les dégâts les plus importants dans la zone marine côtière proviennent des sources et activités terrestres situées parfois à plusieurs kilomètres des côtes. Il est donc important d'analyser les impacts sur les zones côtières provenant des bassins supérieurs à grande distance de l'embouchure des cours d'eau. La gestion intégrée des côtes doivent donc inclure les études de gestion des bassins versants si l'on veut protéger dûment les côtes et préserver la qualité de l'environnement marin des Caraïbes.

5.5. Apports de sources diffuses dans les Caraïbes

Les sources diffuses de pollution sont, selon la définition donnée par le Protocole LBS, les sources, différentes des sources ponctuelles, par lesquelles des substances pénètrent dans l'environnement par suite de ruissellements, de précipitations, de dépôts atmosphériques, de drainage, de filtration ou de modification hydrologique. La pollution disséminée est étroitement associée au ruissellement qui entraîne différents polluants et les dépose dans les lacs, les cours d'eau, les zones côtières, les terres humides, voire dans les aquifères d'eau potable.

Parmi les polluants les plus nocifs déversés dans les Caraïbes, on trouve les résidus d'engrais, d'herbicides et de pesticides provenant des zones agricoles et résidentielles, les huiles et les lubrifiants, les métaux lourds présents dans le ruissellement urbain et dans la production d'énergie, ainsi que les sédiments produits par une gestion incorrecte des activités agricoles, de la construction et des mines.

Le ruissellement d'engrais, de produits agrochimiques et de fumier du bétail provenant des zones agricoles situés sur les côtes tributaires des Caraïbes constitue une source significative de nutriments (surtout azote et phosphore) se déversant dans le milieu marin à travers des sources diffuses, d'autant que des cultures importantes de la région, telles que la canne à sucre, les agrumes, les bananes, les céréales et le café, exigent des quantités importantes d'engrais et de pesticides.

5.5.1. Utilisation d'engrais et de produits agrochimiques dans les Caraïbes

Des études récentes portant sur l'utilisation d'engrais indiquent que les légumes en tant que groupe exigent les taux les plus élevés de fertilisation, à raison de 242 kilogrammes par hectare ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), suivis par la canne à sucre ($216 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), les racines et tubercules ($212 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) et les céréales ($102 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) et les graines oléagineuses ($85 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), ces deux dernières constituant ensemble les cultures dominantes par aire et par volume total d'engrais. Les bananes représentent le taux d'usage d'engrais le plus élevé ($479 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), suivies de la betterave ($254 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), des agrumes ($252 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), de la pomme de terre ($243 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) et des légumes ($242 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)⁵².

Le tableau 11 indique la consommation d'engrais dans la région en 2005. On constate que les pays caribéens ont consommé plus de 3 000 000 de tonnes d'engrais (non compris un groupe important de pays faute d'informations), ces chiffres devant être pris comme simple référence car, faute d'informations, la consommation d'engrais n'est pas ventilée par zone côtière des pays continentaux et des grandes îles.

Tableau 11. Consommation d'engrais (t.an⁻¹) dans les Caraïbes par sous-région en 2005⁵²

Pays des Caraïbes	Consommation d'engrais (t.an⁻¹) x 10³
Sous-région I	
USA	ND
Mexique	1 731
<i>Sous-total</i>	<i>1 731</i>
Sous-région II	
Belize	5.7
Guatemala	198.5
Honduras	102.4
Nicaragua	56.2
Costa Rica	232.8
Panama	18.8
<i>Sous-total</i>	<i>614.4</i>
Sous-région III	
Colombie	466.9
Venezuela	438.7
Guyana	7.8
Guyane française	ND
Suriname	3.0
Aruba	ND
Antilles néerlandaises	ND
<i>Sous-total</i>	<i>916.4</i>
Sous-région IV	
Anguila	ND
Antigua-et-Barbuda	ND
Barbade	ND
I. Vierges britanniques	ND
Dominique	3.0
Grenade	ND
Guadeloupe	ND
Martinique	ND
Montserrat	ND
Sainte-Lucie	1.1
Saint-Martin	ND
Saint-Barthelemy	ND
Saint-Kitts-et-Nevis	0.3
Iles vierges américaines	ND
Trinité-et-Tobago	5.7
Saint-Vincent-et-Grenadines	1.2
<i>Sous-total</i>	<i>11.3</i>

Pays des Caraïbes	Consommation d'engrais (t.an⁻¹) x 10³
Sous-région V	
Bahamas	0.3
Iles Caïmanes	ND
Cuba	69.8
République dominicaine	79.8
Haïti	14.4
Porto Rico	ND
Jamaïque	14.1
Iles Turques-et-Caïques	ND
<i>Sous-total</i>	<i>178.4</i>
Total	3 451.5

N.D. : Non disponible

Les Caraïbes importent de grandes quantités de pesticides pour contrôler les vecteurs dans le secteur de l'agriculture qui constitue une activité économique importante dans pratiquement tous les pays de la région. Les principales cultures sont, entre autres, la canne à sucre, le café, la banane, les oranges, l'ananas, le maïs, le coton, les légumes, le riz, le cacao, les haricots et les tubercules.

Le tableau 12 indique les surfaces (ha) consacrées aux cultures dominantes dans les Caraïbes par sous-région, bien qu'aucune information n'ait été disponible pour de nombreux pays.

Tableau 12. Surfaces consacrées aux cultures (ha) dans les Caraïbes par sous-région⁵³

Pays et Territoires	Surface consacrée à des cultures (ha) x 10³				
	Café	Canne à sucre	Banane	Maïs	Cacao
Sous-région II					
Belize	ND	57.3	4.7	35.0	ND
Guatemala (1996)	380	154	13.3	576.2	ND
Honduras	ND				
Nicaragua	134.4	79.8	2.5	373.5	ND
Costa Rica (2000)	10.6	46	48.1	10.4	3.6
Panama	ND				
<i>Sous-total</i>	<i>525</i>	<i>337.1</i>	<i>68.6</i>	<i>995.1</i>	<i>3.6</i>

Pays et Territoires	Surface consacrée à des cultures (ha) x 10 ³				
	Café	Canne à sucre	Banane	Maïs	Cacao
Sous-région III					
Colombie (1999)	2 049.2	447.6	123.8	150.2	ND
Venezuela (1997)	171.4	155.4	ND	651.7	51.6
Guyana	ND				
Guyane française (2005)	0	0.2	0.5	0.088	0
Suriname	ND				
Aruba	ND				
Antilles néerlandaises	0	0	0	0	0
<i>Sous-total</i>	<i>2 220.6</i>	<i>603</i>	<i>124.3</i>	<i>802</i>	<i>51.6</i>
Sous-région IV					
Anguila	ND	ND	ND	ND	ND
Antigua-et-Barbuda	ND	ND	ND	ND	ND
Barbade	ND	ND	ND	ND	ND
I. Vierges britanniques	ND	ND	ND	ND	ND
Dominique	ND	ND	ND	ND	ND
Grenade	ND	0.5	3.6	ND	4.5
Guadeloupe	ND	ND	ND	ND	ND
Martinique	ND	ND	ND	ND	ND
Montserrat	ND	ND	ND	ND	ND
Sainte-Lucie	0.04	ND	5.3	ND	0.3
Saint-Martin	ND	ND	ND	ND	ND
Saint-Barthelemy	ND	ND	ND	ND	ND
Saint-Kitts-et-Nevis	ND	ND	ND	ND	ND
Iles Vierges américaines	ND	ND	ND	ND	ND
Trinité-et-Tobago	ND	ND	ND	ND	ND
Saint-Vincent-et-Grenadines	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Sous-total</i>	<i>0.04</i>	<i>0.5</i>	<i>8.9</i>	<i>ND</i>	<i>4.8</i>
Sous-région V					
Bahamas	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Iles Caïmanes	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cuba	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
République dominicaine	N.D.	N.D.	11.6	23.2	N.D.
Haïti	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Porto Rico	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Jamaïque	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Iles Turques-et-Caïques	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
<i>Sous-total</i>	<i>N.D.</i>	<i>N.D.</i>	<i>11,6</i>	<i>23,2</i>	<i>N.D.</i>
Total	3,000	940	213	2,000	60

N.D. : Non disponible

La figure 23 représente la consommation de pesticides en tonnes dans la sous-région II (Caraïbes occidentales), hormis le Guatemala.

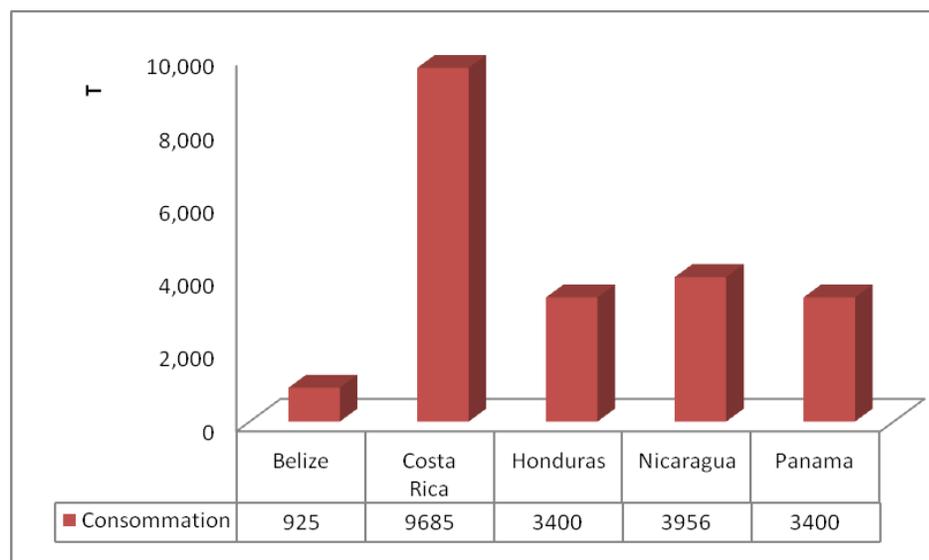


Figure 23. Consommation de pesticides (t) dans la sous-région II (Caraïbes occidentales) en 2001⁵⁴

La sous-région II (Caraïbes occidentales, non compris le Guatemala) a utilisé plus de 21 000 tonnes de pesticides en 2001. L'utilisation et l'application d'engrais et de pesticides concerne toute la sous-région, ce qui aggrave les risques potentiels de pollution à cause des processus continuels de lessivage et de ruissellement.

Le tableau 13 indique l'utilisation moyenne de pesticides dans certains pays caribéens en 1982-1984 et 1995-2001.

Tableau 13. Utilisation moyenne de pesticides (t.an⁻¹) dans certains pays caribéens^{5,54}

Pays/Sous-région	Utilisation de pesticides (t.an ⁻¹) x 10 ³		Croissance %
	1982-1984	1995-2001	
Honduras (Sous-région II)	0.9	3.2	72
Nicaragua (Sous-région II)	2	4	50
Costa Rica (Sous-région II)	3.7	10.7	65
Panama (Sous-région II)	2.4	4.3	44
Colombie (Sous-région III)	16.1	47.6	66
République dominicaine (Sous-région V)	3.3	4.6	28
Jamaïque (Sous-région V)	1.4	2.1	33
Total	30	76	61*

*Valeur moyenne non pondérée.

5.5.2. Apports polluants de sources diffuses dans les Caraïbes

Il est difficile d'évaluer pratiquement les déversements d'engrais, de produits agrochimiques et d'autres polluants dans les Caraïbes, car il faut prendre en compte de nombreuses variables et recourir à des modèles mathématiques qui permettent de prévoir leur comportement, surtout en association avec les particules sédimentaires entraînées par le ruissellement.

L'estimation par modèle mathématique des apports de polluants dans les Caraïbes à partir de sources diffuses comprend la zone méso-américaine de la sous-région II (Caraïbes occidentales), ainsi que les sous-régions IV (Caraïbes orientales) et V (Caraïbes nord-occidentales et centrales).

Les premières estimations régionales sur les apports de sédiments et les effets de la pollution due à des sources et activités terrestres selon des modèles mathématiques ont eu lieu en 2004 dans le cadre du projet Récifs en danger du World Resources Institute qui a analysé plus de 3 000 bassins versants mineurs dans les Caraïbes et identifié les eaux côtières où les apports croissants de sédiments et de polluants étaient les plus probables (figure 24). Selon cette étude, une fois appliqué un indicateur de menace, 9 000 km² de récifs coralliens, soit le tiers du total régional, sont menacés, dont 15 p. 100 à menace moyenne et 20 p. 100 à menace élevée⁵⁵.

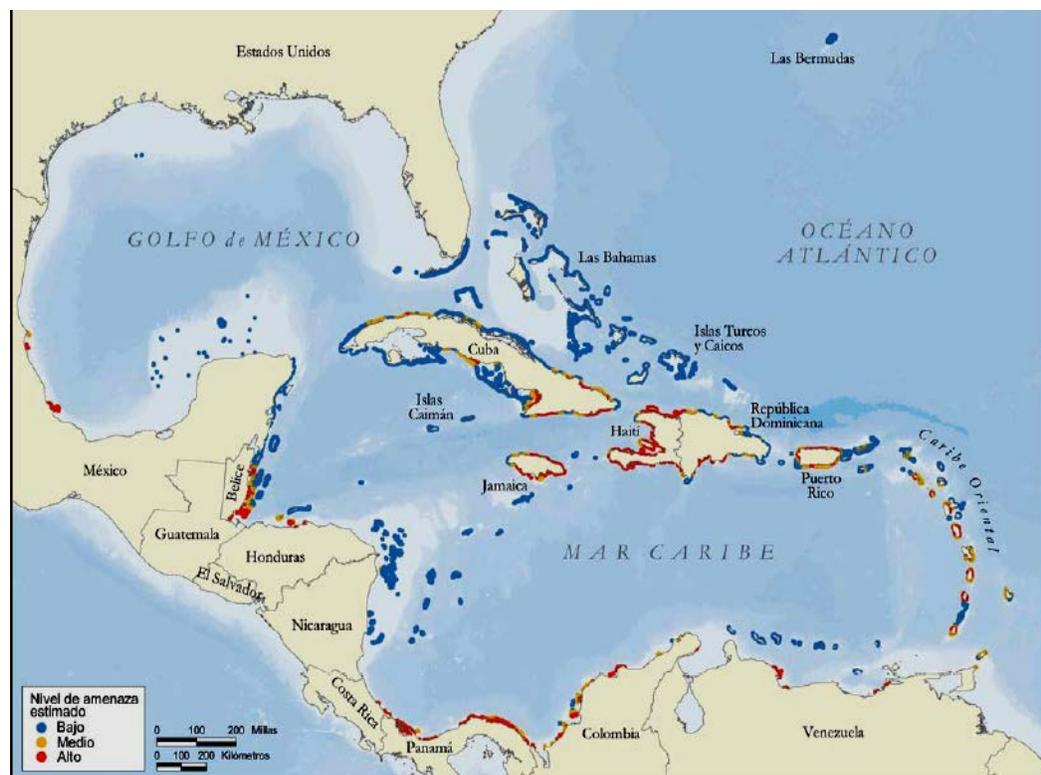


Figure 24. Récifs coralliens des Caraïbes menacés par la sédimentation et la pollution

On observe que dans la zone méso-américaine (Belize, Guatemala, Honduras), au Costa Rica et au Panama dans la sous-région II (Caraïbes occidentales), en Colombie et au Venezuela dans la sous-région III (Caraïbes méridionales), dans certaines îles des Petites Antilles dans la sous-région IV (Caraïbes orientales) et dans la plupart des Grandes Antilles dans la sous-région V (Caraïbes nord-occidentales et centrales), les récifs coralliens sont grandement menacés.

Une étude menée en collaboration dans le cadre du projet «Analyses des bassins versants dans le récif méso-américain» sous les auspices du *World Resources Institute* (WRI) et utilisant le modèle *Non-point Source Pollution and Erosion Comparison Tool* (N-SPECT) mis au point par la NOAA en tant qu'outil de modélisation fournissant des prévisions et des cartes des volumes de ruissellement superficiel, de charges polluantes, de concentrations de polluants et la charge total sédimentaire, a permis d'évaluer en 2006 les menaces provenant de sources terrestres et d'activités anthropiques sur la modification du paysage du récif méso-américain de la sous-région II (Caraïbes occidentales), à partir d'une quantification des charges de sédiments et de nutriments émanant de 400 bassins versants tributaires⁵⁶.

La figure 25 fournit une vue des décharges de sédiments et d'azote estimées dans le récif méso-américain.

On constate que plus de 80 p. 100 de la charge sédimentaire et plus de 50 p. 100 de l'azote sont déversés dans le récif par les bassins versants septentrionaux du Honduras, en particulier par celui de l'Ulúa. Le modèle indique qu'un pourcentage relativement moindre de sédiments provient du Belize. La charge sédimentaire apportée aux Caraïbes par la zone méso-américaine (Belize, Guatemala, Honduras, et une partie de la péninsule du Yucatán au Mexique) est estimée à 374 millions de tonnes par an.

Le RAC-Cimab a recouru à une approche similaire en 2008 pour évaluer la charge sédimentaire pour les sous-régions IV (Caraïbes orientales) et V (Caraïbes nord-orientales et centrales) selon le modèle N-SPECT à partir d'une base de donnée mondiale et régionale⁵⁷.

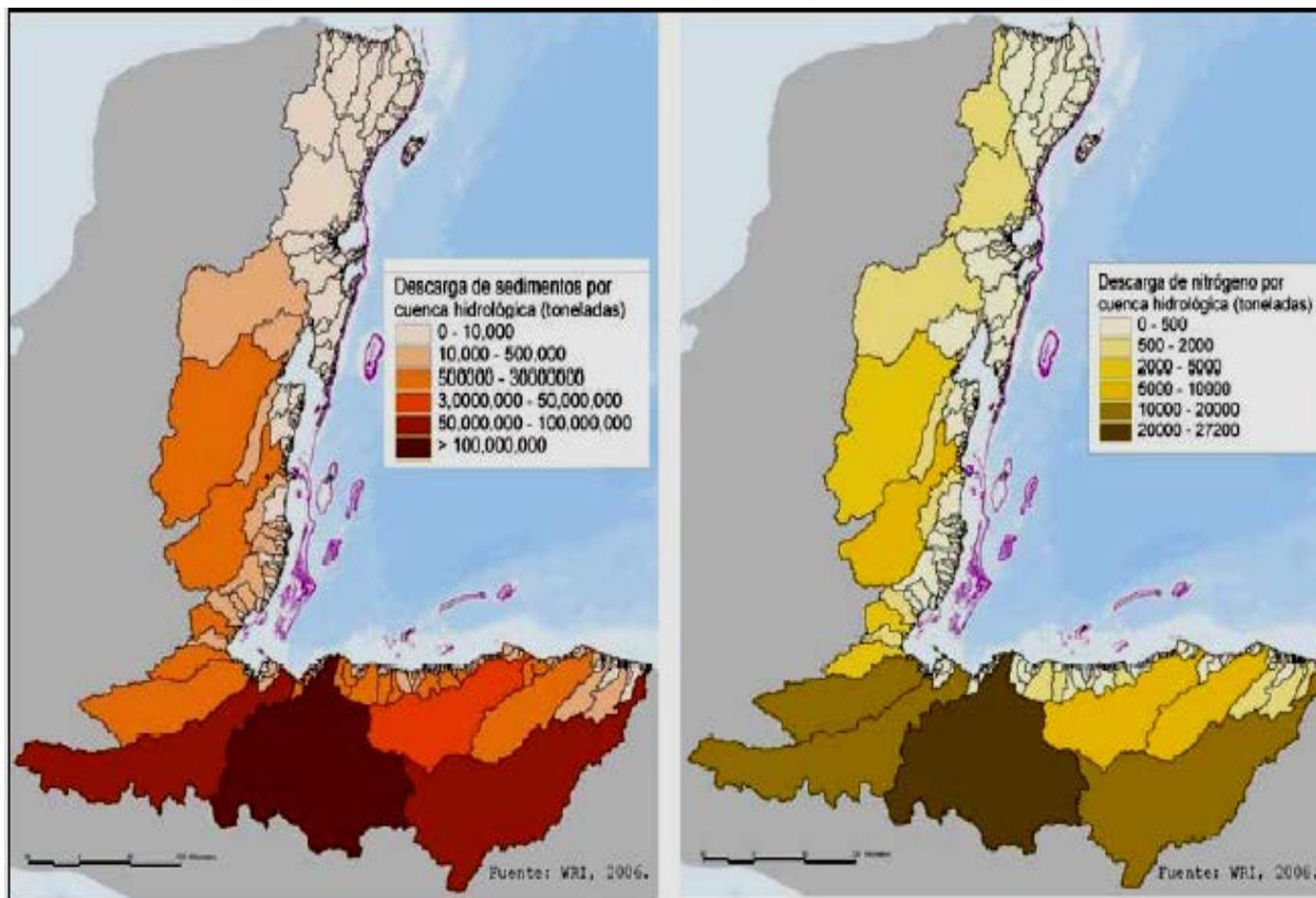


Figure 25. Décharge de sédiments et d'azote par bassin versant dans le récif méso-américain ($t.an^{-1}$)

Le tableau 14 indique les charges sédimentaires en tonnes annuelles par pays et territoire selon l'analyse des apports par bassin.

L'apport de la charge sédimentaire de la sous-région V (Caraïbes nord-occidentales et centrales) est bien supérieur à celui de la sous-région IV, particulièrement attribuable aux charges sédimentaires d'Haïti, de la République dominicaine et de Cuba, bien qu'il n'existe pas, faute de données, de rapport sur sept pays. La charge sédimentaire de la sous-région IV (Caraïbes occidentales) provient surtout de la Martinique, de Saint-Kitts-et-Nevis, de la Dominique et de la Guadeloupe.

Les coefficients de pollution visés sont toutefois très variables pour la région insulaire (petites et grandes îles) et exigent une étude détaillée cas par cas et une base de données plus étendues pour obtenir des résultats plus fiables. Ces résultats ne doivent être donc pris qu'à titre de référence pour de futurs projets régionaux, en particulier en ce qui concerne les petites îles.

Tableau 14. Charge sédimentaire estimée (t.an⁻¹) apportée dans les Caraïbes (sous-régions IV et V) par des sources diffuses⁵⁷

Pays et Territoires	Charge sédimentaire (t.an⁻¹) x 10³
Sous-région IV	
Anguila	0.006
Antigua-et-Barbuda	8
Barbade	ND
I. Vierges britanniques	10
Dominique	549
Grenade	15
Guadeloupe	911
Martinique	1,423
Montserrat	83
Sainte-Lucie	232
Saint-Martin	ND
Saint-Barthelemy	ND
Saint-Kitts-et-Nevis	619
Iles Vierges américaines	26
Trinité-et-Tobago	527
Saint-Vincent-et-Grenadines	ND
<i>Sous-total</i>	<i>4,407</i>
Sous-région V	
Bahamas	ND
Iles Caïmanes	ND
Cuba	24,178
République dominicaine	29,360
Haïti	54,697
Porto Rico	7,708
Jamaïque	13,849
Iles Turques-et-Caïques	ND
<i>Sous-total</i>	<i>129,793</i>
Total	134, 200

N.D.: Non disponible

La figure 26 présente les résultats de l'étude sur les apports sédimentaires dans les Caraïbes réalisée par le CAR-Cimab, appliquant le modèle N-SPECT aux sous-régions IV (Caraïbes orientales) et V (Caraïbes nord-occidentales et centrales).

Il n'a pas été possible d'obtenir des estimations valables des apports de nutriments (azote et phosphore) car les coefficients de pollution exigés varient beaucoup dans la région insulaire, ce qui exige une étude détaillée au cas par cas et une base de données plus vaste et plus fiable.

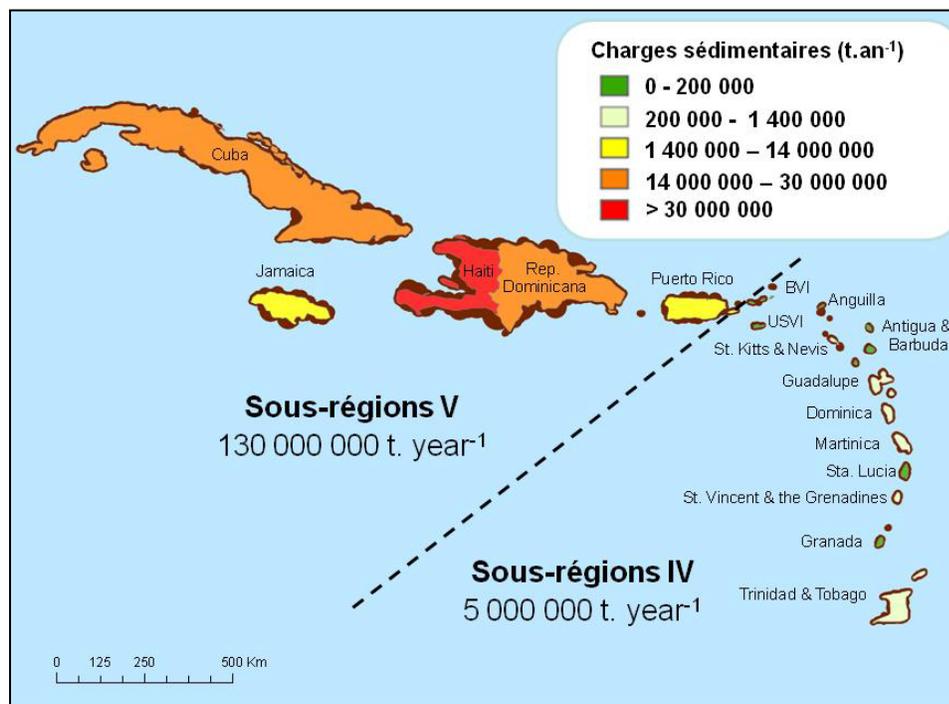


Figure 26. Apport relatif de charges sédimentaires (t.an⁻¹) dans les sous-régions IV et V provenant de sources diffuses⁵⁷.

On sait que les pays caribéens ont du mal à déterminer pratiquement les charges de sédiments et de nutriments provenant de sources disséminées, si bien que l'utilisation et l'application de modèles constituent un puissant outil régional pour satisfaire les exigences d'informations visées au Protocole LBS, dont l'annexe IV fixe, une fois entré en vigueur, un délai de cinq ans aux pays pour réaliser une évaluation des sources disséminées de pollution agricole pouvant avoir des retombées négatives dans la zone d'application de la Convention de Cartagena.

Cette évaluation inclut l'estimation des charges polluantes, l'identification des impacts sur l'environnement et la santé publique et l'établissement d'un programme de surveillance des décharges en milieu marin.

5.6. Rapport technique du PAC n° 33 par comparaison au présent Rapport actualisé

Le tableau 15 compare les charges de sédiments estimées en tonnes annuelles déversées dans les Caraïbes par les trois bassins principaux et d'autres bassins mineurs entre le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et le présent Rapport actualisé.

Tableau 15. Estimations des charges sédimentaires (t.an⁻¹) apportées aux Caraïbes par les bassins versants par comparaison entre le Rapport technique du PAC n° 33 et le présent Rapport actualisé^{5,8,40,42,43,44}

Bassins principaux /Bassins mineurs	Charge moyenne sédimentaire annuelle ¹ (t.an ⁻¹) x 10 ³	
	Rapport du PAC n° 33	Rapport actualisé
Mississippi/Atchafalaya (Sous-région I)	320,000	646,800
Orénoque (Sous-région III)	85, 000	190,440
Magdalena (Sous-région III)	235, 000	51 ,330
Bassins mineurs (Sous-région I)	121, 000	181, 880
Bassins mineurs (Sous-région III)	50, 000	197, 500
Bassins mineurs (Sous-régions II, IV et V)	300, 000	511,511 ²
Total	1, 111 000	1, 877,000

¹ Calcul basé sur un taux d'érosion de 200 t.km².an⁻¹.

² Non compris le Nicaragua et le Panama dans la sous-région II, faute d'information.

Compte tenu du peu d'informations disponibles pour ce Rapport actualisé et de l'exactitude limitée des résultats du modèle, on observe une augmentation des charges sédimentaires moyennes apportées aux Caraïbes par rapport au Rapport de 1994, ce qui est probablement dû au développement urbain, industriel et agricole croissant, bien que certains bassins mineurs n'aient pas été évalués faute d'information.

Les sous-régions I (golfe du Mexique) et III (Caraïbes méridionales) enregistrent une augmentation des charges sédimentaires moyennes de 46 et 15 p. 100 respectivement.

6. ÉVOLUTION PRÉVUE DES CHARGES POLLUANTES MÉNAGÈRES. SCÉNARIOS 2015 ET 2020.

6.1. Évolution de la couverture d'assainissement

Depuis l'adoption de la Charte de Punta del Este en 1961, les pays caribéens ont fait de gros efforts pour élargir la couverture des services d'assainissement⁵⁸. Le tableau 16 indique l'évolution de la couverture d'assainissement dans la région (non compris les USA), avec ou sans connexion à l'égout, pour la période 1960-2000.

Tableau 16. Évolution de la couverture d'assainissement avec ou sans connexion aux systèmes d'égout dans la région (non compris les USA) durant la période 1960-2000⁵⁹

Année	Egouts		Latrines et fosses septiques	
	Population x 10 ⁶	%	Population x 10 ⁶	%
1960	29	14	ND	ND
1971	59	21	ND	ND
1980	95	28	105	31
1990	168	39	116	21
2000	241	49	152	31

N.D. : Non disponible.

C'est dans les années 80 que se produit la première expansion importante de la couverture d'assainissement dans la région, dans le cadre de la Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement (1981-1990), décrétée par l'Assemblée générale des Nations Unies en novembre 1980. Dans les années 80 et 90, on enregistre un accroissement notable des personnes connectées aux systèmes d'égout, et dans les années 90, une augmentation de la quantité de personnes disposant de systèmes familiaux, tels que latrines et fosses septiques⁵⁹.

La majorité des personnes sans accès aux services d'assainissement appartiennent à des groupes à revenu bas qui se concentrent principalement dans les zones périurbaines, et il s'est avéré extrêmement difficile d'équiper ces zones marginalisées de services d'une qualité acceptable. Les problèmes fondamentaux auxquels se heurte l'expansion de la couverture d'assainissement aux populations marginalisées ont à voir avec les questions suivantes :

- Niveaux de pauvreté élevés.
- Coûts élevés de construction et d'opération de ces services.
- Distance par rapport aux réseaux d'égout.
- Difficultés topographiques qui rendent plus difficile l'installation des conduits et des systèmes de collecte.

L'information disponible sur l'évolution des systèmes d'épuration des eaux usées ménagères dans les pays caribéens est très limitée. En 1962, on estimait que, dans les pays les plus avancés, seuls 10 p. 100 des systèmes d'égouts étaient équipés de stations d'épuration urbaines⁶¹.

Depuis, la situation n'a pas changé sensiblement à l'échelle régionale, surtout à cause des coûts élevés de ces installations et du manque de financement alloué au secteur de l'assainissement. On peut toutefois citer la Colombie, les USA, le Mexique et le Venezuela parmi les pays ayant le plus amplifié les systèmes d'épuration des eaux usées ménagères.

La situation est d'autant plus inquiétante que beaucoup de stations d'épuration sont abandonnées ou fonctionnent d'une manière précaire, si bien que de nombreux écosystèmes hydriques proches des villes deviennent des égouts en plein air et que les cours d'eau traversant les grandes villes charrient des charges élevées d'eaux usées.

De nos jours, 85 p.100 (60 millions d'habitants) de la population caribéenne dispose d'une couverture d'assainissement, bien que plusieurs pays n'aient pas été évalués faute d'information. L'apport quotidien en eaux usées ménagères par habitant atteint une valeur moyenne de 209 litres dans les Caraïbes.

Les technologies les mieux appropriées à faible coût peuvent être utilisées dans les Caraïbes en fonction des caractéristiques locales pour la collecte et l'évacuation des eaux usées ménagères. De nombreuses localités caribéennes utilisent des systèmes ménagers non améliorés qui, tout en constituant un système alternatif en milieu rural, ne sont pas la solution technologique la mieux appropriée en zones urbaines, surtout parce que ces pratiques provoquent des problèmes de pollution des eaux souterraines dans certaines villes⁶².

6.2. Scénario 2015

L'Assemblée générale des Nations Unies a adopté en septembre 2000 la Déclaration du Millénaire qui a défini les questions associées à la paix, à la sécurité et au développement, dont l'environnement, les droits de l'homme et la gouvernance comme préoccupations centrales du développement humain.

Elle a recommandé de tenir compte des priorités de développement nationales et fixé les Objectifs pour le Millénaire du développement (OMD)⁷.

L'objectif 7 : "Préserver l'environnement" comprend quatre cibles :

CIBLE 7.A - Intégrer les principes du développement durable dans les politiques et programmes nationaux et inverser la tendance actuelle à la déperdition des ressources naturelles.

CIBLE 7.B - Réduire l'appauvrissement de la diversité biologique et en ramener le taux à un niveau sensiblement plus bas d'ici à 2010.

CIBLE 7.C - Réduire de moitié, d'ici à 2015, le pourcentage de la population qui n'a pas d'accès à un approvisionnement en eau potable ni à des services d'assainissement de base.

CIBLE 7.D - Améliorer sensiblement, d'ici à 2020, les conditions de vie de 100 millions d'habitants des taudis.

Dans les Caraïbes, exception faite d'Haïti, les pays atteignent actuellement l'objectif de garantir des services d'assainissement à la moitié de la population, bien qu'une bonne partie de cette couverture, non quantifiée faute d'information, n'inclue pas l'accès à un assainissement amélioré qui envisage, entre autre, la connexion domiciliaire à un réseau d'égouts public, une connexion à une fosse septique, des latrines à eau, des latrines à fosse sèche et des latrines à fosse simple⁶³.

Au sujet de la couverture d'épuration dans les Caraïbes, seuls 28 p. 100 des pays atteignent l'objectif de l'accès de la moitié de la population aux systèmes d'épuration ou d'évacuation finale des eaux usées. (Tableau 2.)

6.2.1. Charges polluantes ménagères déversées dans les Caraïbes en 2015

Le tableau 17 donne une estimation de la population côtière tributaire (population jusqu'à 25 km à l'intérieur des terres dans les pays continentaux et les grandes îles, et ensemble de la population dans les petites îles), selon la croissance démographiques enregistrée dans l'Annuaire statistique Amérique latine et Caraïbes (2006)⁶⁴ et la Base de données de la population latino-américaine et caribéenne (2005)⁶⁵.

Le tableau présente aussi le débit d'eaux usées ménagères déversés dans les Caraïbes en l'an 2015, calculé à partir d'un scénario de 50 p. 100 de la population ayant accès à l'assainissement amélioré et de seulement 35 p. 100 ayant accès à des systèmes d'épuration ou d'évacuation finale des eaux usées, car faire en sorte que 50 p. 100 de la population de la région ait accès à un assainissement amélioré d'ici 2015 constitue un objectif très difficile à atteindre à cause de la crise économique mondiale.

Tableau 17. Population côtière tributaire et débit d'eaux usées ménagères (m³.sec⁻¹) déversées dans les Caraïbes dans le scénario 2015^{8,11,12,59,62,63,64,65}

Pays et Territoires	Population côtière tributaire x 10 ³	Débit déversé dans les Caraïbes (m ³ .sec ⁻¹)
Sous-région I		
Etats-Unis d'Amérique	18,048	102
Mexique	6,937	15
<i>Sous-total</i>	24,985	117

Sous-région II		
Belize	161	1
Guatemala	500	2
Honduras	1,585	10
Nicaragua	325	3
Costa Rica	327	1
Panama	966	1
<i>Sous-total</i>	<i>3, 864</i>	<i>18</i>
Sous-région III		
Colombie	5, 607	39
Venezuela	10, 768	45
Guyana	600	1
Guyane française	250	0.06
Suriname	386	2
Aruba	ND	ND
Antilles néerlandaises	198	1
<i>Sous-total</i>	<i>17,809</i>	<i>88</i>
Sous-région IV		
Anguila	13	0.01
Antigua-et-Barbuda	69	0.08
Barbade	281	0.6
I. Vierges britanniques	24	0.6
Dominique	69	0.1
Grenade	90	0.2
Guadeloupe	421	1
Martinique	439	1
Montserrat	91	0.006
Sainte-Lucie	170	0.2
Saint-Martin	ND	ND
Saint-Barthelemy	ND	ND
Saint-Kitts-et-Nevis	39	0.1
Iles Vierges américaines	111	0.2
Trinité-et-Tobago	1,077	1.3
Saint-Vincent-et-Grenadines	119	0.1
<i>Sous-total</i>	<i>3, 014</i>	<i>6</i>
Sous-région V		
Bahamas	311	0.6
Iles Caïmanes	11	0.2
Cuba	7, 813	27
République dominicaine	5, 811	2
Haïti	7, 172	11
Porto Rico	3, 982	3

Jamaïque	2, 787	3
Iles Turques-et-Caïques	18	0.03
<i>Sous-total</i>	<i>27, 900</i>	<i>47</i>
Total	77, 000	277

N.D.: Non disponible.

La population côtière tributaire dans les Caraïbes selon le scénario 2015 est estimée à 77 millions d'habitants. La sous-région V (Caraïbes nord-occidentales et centrales) sera la plus peuplée (28 millions d'habitants), suivie de la sous-région I (golfe du Mexique), soit 25 millions d'habitants, les moins peuplées devant être la sous-région II (Caraïbes occidentales) avec 4 millions d'habitants et la sous-région IV (Caraïbes orientales) avec 3 millions d'habitants.

Le débit des eaux usées ménagères déversées dans les Caraïbes en 2015 est estimé à 277 m³.sec⁻¹, le plus gros débit provenant de la sous-région I (golfe du Mexique), avec 117 m³.sec⁻¹ (42 p. 100%), de la sous-région III (Caraïbes méridionales), avec 88 m³.sec⁻¹ (32 p. 100), tandis que les débits les moins significatifs sont ceux de la sous-région II (Caraïbes occidentales) avec 19 m³.sec⁻¹ (7 p. 100) et de la sous-région IV, autrement dit les petites îles des Petites Antilles, avec 5 m³.sec⁻¹ (2 p. 100).

Le tableau 18 donne une estimation des charges polluantes ménagères déversées dans les Caraïbes selon le scénario 2015, en envisageant 50 p. 100 de la population ayant accès à l'assainissement amélioré et seulement 35 p. 100 à des systèmes d'épuration ou d'évacuation finale des eaux usées, par comparaison avec les charges polluantes ménagères évaluées dans le présent Rapport actualisé.

Les réductions les plus importantes selon le scénario 2015 apparaissent en matière de Pt et d'At, et de très légères en DQO, malgré la croissance de la population en fonction des objectifs fixés pour le Millénaire. Les SMT augmentent en fonction de la croissance démographique, et la DBO₅ n'augmente que très peu. D'où l'importance pour la région d'atteindre les Objectifs pour le Millénaire du développement en ce qui concerne l'épuration des eaux usées ménagères. Il faudra toutefois disposer d'un financement pour étendre la couverture d'assainissement dans les Caraïbes, dont les installations d'épuration, ce dernier point pouvant être facilité à l'entrée en vigueur du Protocole LSB.

Tableau 18. Estimation des charges polluantes ménagères (t.an⁻¹) déversées dans les Caraïbes selon le scénario 2015 par comparaison avec le présent Rapport actualisé ^{8,11,12,63,64,65}

Sous-région	Rapport actualisé vs Scénario 2015	DBO ₅	DQO	MST	At	Pt
I	Rapport actualisé	121,586	295,616	146,531	20,978	9,820
	Scénario 2015	90,289	215,811	148,372	6,695	2,411
II	Rapport actualisé	16,239	37,009	14,953	1,812	619
	Scénario 2015	38,125	92,121	61,489	1,752	701
III	Rapport actualisé	109,224	250,702	103,895	12,901	4,662
	Scénario 2015	161,957	346,045	225,411	6,103	2,061
IV	Rapport actualisé	11,919	27,158	10,964	1,328	452
	Scénario 2015	11,499	27,476	17,788	883	240
V	Rapport actualisé	146,375	336,413	140,055	17,465	6,370
	Scénario 2015	110,309	229,615	156,769	4,376	1,764
Total	Rapport actualisé	405,000	947,000	416,000	54,000	22,000
	Scénario 2015	412,000	911,000	610,000	20,000	7,000

6.3. Scénario 2020

6.3.1. Charges polluantes ménagères déversées dans les Caraïbes en 2020

Le tableau 19 donne une estimation de la population côtière tributaire (population jusqu'à 25 km à l'intérieur des terres dans les pays continentaux et les grandes îles, et ensemble de la population dans les petites îles) pour 2020, selon la croissance démographique prévue dans l'Annuaire statistique Amérique latine et Caraïbes (2006)⁶⁴ et la Base de données de la population latino-américaine et caribéenne (2005)⁶⁵.

Le tableau présente aussi le débit d'eaux usées ménagères déversés dans les Caraïbes en l'an 2020, calculé à partir d'un scénario de 50 p. 100 de la population ayant accès à l'assainissement amélioré et de seulement 35 p. 100 ayant accès à des systèmes d'épuration ou d'évacuation finale des eaux usées.

Tableau 19. Population côtière tributaire et débit d'eaux usées ménagères (m³.sec⁻¹) déversées dans les Caraïbes dans le scénario 2020 ^{8,11,12,63,64,65}

Pays et Territoires	Population côtière tributaire x 10 ³	Débit déversé dans les Caraïbes (m ³ .sec ⁻¹)
Sous-région I		
Etats-Unis d'Amérique	19,741	111
Mexique	8, 055	18
<i>Sous-total</i>	27, 796	129
Sous-région II		
Belize	164	1
Guatemala	768	3
Honduras	1, 743	11
Nicaragua	452	4
Costa Rica	426	1.3
Panama	1, 012	1
<i>Sous-total</i>	4, 565	21
Sous-région III		
Colombie	6, 335	44
Venezuela	11, 244	47
Guyana	600	1
Guyane française	300	0.07
Suriname	387	2
Aruba	ND	ND
Antilles néerlandaises	201	1
<i>Sous-total</i>	19,067	95
Sous-région IV		
Anguila	13	0.01
Antigua-et-Barbuda	69	0.1
Barbade	281	0.6
I, Vierges britanniques	24	0.6
Dominique	69	0.1
Grenade	90	0.1
Guadeloupe	424	1
Martinique	441	1
Montserrat	91	0.006
Sainte-Lucie	171	0.2
Saint-Martin	ND	ND
Saint-Barthelemy	ND	ND
Saint-Kitts-et-Nevis	39	0.1
Iles Vierges américaines	112	0.2
Trinité-et-Tobago	1,085	1
Saint-Vincent-et-Grenadines	119	0.1
<i>Sous-total</i>	3, 032	6

Sous-région V		
Bahamas	316	0.6
Iles Caïmanes	11	0.2
Cuba	7,871	28
République dominicaine	5,944	2
Haïti	7,297	11
Porto Rico	4 021	3
Jamaïque	2,807	3
Iles Turques-et-Caïques	18	0.03
<i>Sous-total</i>	28,287	48
Total	82,500	300

La population côtière tributaire dans les Caraïbes selon le scénario 2020 est estimée à 82,5 millions d'habitants. Les sous-régions V (Caraïbes nord-occidentales et centrales) et I (golfe du Mexique) seront les plus peuplées avec environ 28 millions d'habitants, la moins peuplée devant être la sous-région IV (Caraïbes orientales), avec 3 millions d'habitants.

Le débit des eaux usées ménagères déversées dans les Caraïbes en 2020 est estimé à 300 m³.sec⁻¹, le plus gros débit provenant des sous-régions I (golfe du Mexique), avec 43 p. 100, et III (Caraïbes méridionales), avec 31 p. 100, la sous-région IV (Caraïbes orientales) en apportant le moins (2 p. 100).

Le tableau 20 donne une estimation des charges polluantes ménagères déversées dans les Caraïbes selon le scénario 2020, en envisageant 50 p. 100 de la population ayant accès à l'assainissement amélioré et 50 p. 100 ayant accès à des systèmes d'épuration ou d'évacuation finale des eaux usées, par comparaison avec le présent Rapport actualisé.

Tableau 20. Estimation des charges polluantes ménagères (t.an⁻¹) déversées dans les Caraïbes selon le scénario 2020 par comparaison avec le présent Rapport actualisé^{8,11,12,63,64,65}

Sous-région	Rapport actualisé vs Scénario 2020	DBO ₅	DQO	MST	At	Pt
I	Rapport actualisé	121,586	295,616	146,531	20,978	9,820
	Scénario 2020	99,741	238,406	163,907	7,395	2,662
II	Rapport actualisé	16,239	37,009	14,953	1,812	619
	Scénario 2020	41,244	99,658	66,520	1,895	759
III	Rapport actualisé	109,224	250,702	103,895	12,901	4,662
	Scénario 2020	162,616	347,468	226,330	6,127	2,070
IV	Rapport actualisé	11,919	27,158	10,964	1,328	452
	Scénario 2020	11,947	28,546	18,481	918	248
V	Rapport actualisé	146,375	336,413	140,055	17,465	6,370
	Scénario 2020	98,586	229,098	156,416	4,366	1,760
Total	Rapport actualisé	405,000	947,000	416,000	54,000	22,000
	Scénario 2020	414,000	943,000	631,000	21,000	8,000

Les réductions les plus importantes selon le scénario 2020 apparaissent en matière de Pt et d'At, et de très légères en DQO, malgré la croissance de la population, en fonction des objectifs fixés pour le Millénaire. Les SMT augmentent en fonction de la croissance démographique, et la DBO₅ n'augmente que très peu. D'où l'importance pour la région d'atteindre les Objectifs pour le Millénaire du développement en ce qui concerne l'épuration des eaux usées ménagères.

Le scénario 2020 prouve, tout comme le scénario 2015, l'importance de l'épuration des eaux usées ménagères pour réduire les charges déversées dans la région, bien qu'un budget substantiel y soit exigé pour les installations d'épuration.

Il est important de souligner l'importance pour les Caraïbes de faire des efforts conjoints en vue de la réalisation des Objectifs du Millénaire en matière de protection de l'environnement, en ce qui concerne l'épuration des eaux usées ménagères, ce qui entraînerait une réduction sensible de la charge polluante déversée dans la région, indépendamment de la croissance démographique. La mise en vigueur du Protocole LSB dans la région sera sans doute un outil important pour réduire les charges polluantes en provenance de sources de pollution d'origine terrestre, étant donné les mécanismes de coopération et de financement qu'il est possible de faire jouer dans le cadre de cet instrument juridique.

CONCLUSIONS

- La couverture d'assainissement dans les Caraïbes s'est accrue depuis le Rapport technique du PAC n° 33 (1994) et atteint 85 p. 100 de la population côtière tributaire, ce qui est facilité par l'usage intensif de technologies d'assainissement mieux appropriées et à faible coût.
- Les charges polluantes ménagères déversées dans les Caraïbes ont diminué depuis le Rapport technique du PAC n° 33 (1994), en particulier les nutriments. La volonté politique des gouvernements et administrations aux différents niveaux (national, régional et local) doit toutefois permettre de réduire plus et de contrôler mieux la pollution grâce au renforcement institutionnel et à la conscientisation des citoyens, ainsi que grâce à de plus gros investissements et un soutien technique accru au secteur de l'assainissement de base.
- Les charges polluantes industrielles déversées dans les Caraïbes ont diminué d'une manière significative depuis le Rapport technique du PAC n° 33 (1994). Il faut toutefois que les autorités contribuent à réduire plus et à contrôler mieux la pollution en faisant respecter les normes de déversement approuvées et établies dans les pays de la région, en renforçant les institutions et en conscientisant les entreprises, ainsi qu'en augmentant les investissements et l'appui technique du secteur industriel afin d'impulser la mise en œuvre des normes : Norme institutionnelle ISO 14001:2004 « Systèmes de gestion environnementale – Conditions requises et instruction d'utilisation ».
- La charge sédimentaire est la principale contribution de polluants des bassins versants dans les Caraïbes ; il faut donc de meilleures pratiques de gestion des bassins versants pour contrôler les ruissellements agricoles et réduire les taux d'érosion, ce qui permettra de contrôler efficacement les sédiments et de réduire la charge de nutriments qui pourraient y arriver associés à ces voies.
- Les chiffres signalés suggèrent que les plus grosses contributions de charges annuelles de MST et de Pt proviennent de la sous-région I (golfe du Mexique) et de la sous-région III (Caraïbes méridionales). Les chiffres montrent aussi, toutefois, que les valeurs les plus basses de charges annuelles de DBO₅, de DQO et de Nt proviennent de la sous-région I (golfe du Mexique), ce qui est surprenant puisque c'est elle qui apporte les plus gros flux d'eaux usées ménagères dans les Caraïbes (49 p. 100). C'est peut-être dû au fait que la sous-région I exhibe des taux élevés de gestion et de traitement des eaux usées ménagères. Par ailleurs, les charges moyennes annuelles relativement élevées de la sous-région III (Caraïbes méridionales) peuvent être le résultat des plus gros écoulements générés sur un kilomètre carré ($0,035 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$) par comparaison avec d'autres sous-régions (fourchette : $0,006- 0,010 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$), ce qui cause une élévation de l'érosion et du transport de polluants.

RECOMMANDATIONS

- Promouvoir l'usage de modèles mathématiques et d'autres techniques d'évaluation pour estimer les charges polluants provenant des sources de pollution diffuses dans les Caraïbes et faciliter l'application de l'Annexe IV du Protocole LBS relatif à l'évaluation des sources de pollution agricole diffuses.
- Promouvoir l'aide aux pays caribéens en matière de standardisation de la méthodologie, d'analyse et d'interprétation des données, l'utilisation partagée de l'information, l'achèvement de la couverture d'assainissement et le renforcement des capacités permettant d'aborder les questions d'environnement et de développement.
- Compte tenu des ressources disponibles limitées et de la complexité à évaluer directement la charge polluante, surtout en provenance de sources diffuses, il faut identifier et utiliser d'autres indicateurs de charges polluantes et leur impact sur le milieu marin.
- Les scénarios 2015 et 2020 (légers accroissements de la charge polluante ménagère malgré la croissance estimée de la population côtière tributaire) prouvent l'importance d'étendre la couverture d'assainissement et les installations de traitement dans les pays caribéens en accord avec les Objectifs du Millénaire pour le développement, et de respecter les limites d'effluents visés à l'Annexe III du Protocole LBS de la Convention de Cartagena.

BIBLIOGRAPHIE

1. COI-FAO-PNUMA. 1977. Reunión Internacional de Trabajo sobre la Contaminación Marina en el Caribe y Regiones Adyacentes, 1976. COI Informe. No. 11, 228p y Suplemento.
2. PNUMA. 1983. Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe (incluyendo el Protocolo sobre Cooperación para combatir derrames de hidrocarburos en la Región del Gran Caribe). UNEP Regional Seas Conventions and Protocols. 225p
3. PNUMA. 1987. Cuarta Reunión Intergubernamental sobre el Plan de Acción del Programa Ambiental del Caribe y Primera Reunión de las Partes Contratantes al Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe. Guadalupe, Antillas Francesas, pp. 26-28 octubre (UNEP (OCA)/CAR IG. 2/4).

4. COI/PNUMA. 1989. Taller Regional para la Revisión de las Prioridades sobre Vigilancia, Investigación, Reducción y Control de la Contaminación Marina en el Gran Caribe. Informe COI del Taller No. 59. San José, Costa Rica, 24-30 agosto. 113p
5. UNEP. 1994. *Regional Overview of Land-Based Sources of Pollution in the Wider Caribbean Region*. CEP Technical Report No.33. UNEP Caribbean Environment Programme,Kingston, 67p
6. PNUMA. 2000. Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe (incluyendo el Protocolo Relativo a la Cooperación para Combatir los Derrames de Hidrocarburos en la Región del Gran Caribe, el Protocolo Relativo a las Áreas y a la Flora y Fauna Silvestres Especialmente Protegidas y el Protocolo Relativo a la Contaminación Procedente de Fuentes y Actividades Terrestres). Programa Ambiental del Caribe. Kingston, Jamaica. 106p
7. Naciones Unidas. 2001. Presentación de informes sobre los Objetivos de Desarrollo del Milenio a nivel de país. Nota de Guía. Octubre
8. Reportes Técnicos Nacionales (Países de la RGC) 1995-2008:
 - i. MINAET. 2008. *Estimación de las cargas contaminantes de origen domiciliar generadas en la vertiente Caribe de Costa Rica*. Dirección de Gestión de Calidad Ambiental - Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. Reporte Final. San José, Costa Rica. 19p
 - ii. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-INVEMAR. 2006. Inventario y Caracterización de Fuentes Terrestres fijas de contaminación sobre las áreas marinas y costeras del Caribe colombiano. Reporte Final. Bogotá. Colombia. 22 p.
 - iii. CITMA-CIGEA. 2006. Cargas Contaminantes provenientes de las Fuentes Terrestres de Contaminación Marina. Reporte Final. La Habana. Cuba. 5p.
 - iv. Ministry of Local Government and Environment. 2006. *Pollutant Loading from Non-Point Sources into the Marine Environment for Jamaica*. Final Report. Permanent Secretary, Kingston, Jamaica, pp3
 - v. CIMAB-MARENA. 2005. Determinación de las cargas contaminantes provenientes de fuentes terrestres de contaminación marina en la costa atlántica de Nicaragua. Ciudad de La Habana. Cuba. 85 p.
 - vi. Institute of Marine Affairs. 2006. *Estimation of Land-based Sources of Pollution in Trinidad and Tobago*. Final Report. Puerto España. Trinidad and Tobago, pp7
 - vii. Ministerio del Ambiente. 2006. *Cargas Contaminantes provenientes de las Fuentes Terrestres de Contaminación Marina*. Reporte Final. Dirección General de Calidad Ambiental Caracas, República Bolivariana de Venezuela, 10p
 - viii. Marine Pollution Control Section Environmental Protection Department. 2007. *Inventory of selected land-based sources of pollution and estimation of land-based pollutant loads into the marine environment*. Ministry of Energy and the Environment Jemmotts Lane, St. Michael, Barbados.

- ix. Abt Associates Inc. 2002. *Diagnóstico Ambiental y Análisis Económico-Fiscal en la República Dominicana*. Informe Técnico, Capítulo 3. Caracterización de las Fuentes Contaminantes. 127p
- x. INSIVUMEH. 1995. *Inventario de fuentes contaminantes terrestres al Caribe de la República de Guatemala*. Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Reporte Técnico. Ciudad de Guatemala, 54p
- xi. Ministry of Natural Resources and the Environment- Department of Environment. 2008. *The Belize National Plan of Action for the Control of Land-Based Sources of Marine Pollution*. Final Report. U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration. Belmopan. Belize, pp.67
- xii. Autoridad Nacional del Ambiente. 2006. Base de Datos de Fuentes contaminantes de Panamá. Segundo Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua en las Principales Cuencas Hidrográfica de Panamá., 2004-2005. Laboratorio de Calidad Ambiental. Ciudad Panamá, 96p
- xiii. Rejest Ponctuels DOM. 2005. *Pollution d'origine terrestre : rejets dans les Caraïbes françaises* (French Guiana, Guadeloupe, Martinique). MEDAD/DE/BMer/CD, pp.3

Informaciones adicionales

- APHA-WPCF-AWWA. 1998. Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. 20th Edition, 210p.
- A.V. Botello y otros. 2005. *Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias*. Lanzamiento del Libro. Marcuba'2006. VII Congreso de Ciencias del Mar. Memorias.
- Banjoo D. 2008. *Estimation of Land based Sources of Pollution in Trinidad and Tobago*. Report, pp.7.
- CAR/RCU. 2007. *Environmental Issues in the Caribbean. An Overview of Land Based Sources of Marine Pollution*. AMEP. Report. Series. Jamaica.
- CIGEA 2006. *Software Focal 1.0*. Ciudad de La Habana, Cuba.
- CONAGUA. 2010. *Estadísticas del Agua en México, edición 2010*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Coyoacán, México, D.F. 257p
- CONAGUA. 2009. *Atlas del Agua en México 2009*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Coyoacán, México, D.F. 130p
- CONPES. 2003. *Lineamientos de política para el sector de acueducto y alcantarillado*. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Bogotá. Colombia (disponible en Internet: [http://www.dnp.gov.co/ArchivosWeb/Conpes/3246 .pdf](http://www.dnp.gov.co/ArchivosWeb/Conpes/3246.pdf)).
- EPA. 2008. *Base de datos de EE. UU, Puerto Rico e Islas Vírgenes de EE. UU*. Washington. D.C. 28p.
- Guzmán, M. 2008. *Base de Datos Canon Ambiental Caribe*. Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE). Costa Rica.
- IDEAM. 2002. *Serie histórica de caudales promedios anuales de ríos colombianos*. Reporte. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Bogotá, 14p.
- Jácome. G. 2006. Taller Regional Indicadores de Calidad de agua de mar y Metodologías de Cargas Contaminantes a la Región del Gran Caribe. *Aplicación de la*

metodología de cargas contaminantes. Control de descargas de aguas residuales puntuales en México. Ciudad de La Habana, Cuba.

- Lewis, A. 2000. Caribbean Environmental Health Institute (CEHI). Workshop on Methodologies for the Determination of Pollutant Loads to the Marine Environment from Land Based Sources and Activities. Saint Lucia.
- Lewis, W.M. & J.F. Saunders. 1986) *Chemistry of waters of the lower Orinoco River.* En: “Ecosistema Orinoco”, Conocimiento actual y necesidades de futuros estudios. AsoVAC, 36: Convención Anual, Universidad de Carabobo, Valencia. Venezuela, pp 345-349
- MARNR. 2007. *Estrategia de Organización Inter-institucional para la Gestión Ambiental de cuencas altas: Caso de Estudio de la Micro cuenca Zarzales - La Grande, Mérida.* Reporte Técnico. Venezuela, 102p
- Meybeck, M. 1982. *Carbon, nitrogen and phosphorus transport by World Rivers.* Report. Am J. Science. 282, pp 401-450
- Monreal y Padilla 1999. *Paraíso en construcción: Turismo, cultura y desarrollo en el Caribe insular.* Estudio preparado para la Oficina Regional de Cultura para América Latina y el Caribe de la UNESCO. La Habana, Cuba.
- OPS-OMS. 2000. Evaluación de los servicios de agua potable y saneamiento en las Américas en Bahamas. Cobertura de saneamiento. Nassau, Bahamas.
- OPS-OMS. 2000. Evaluación de los servicios de agua potable y saneamiento en las Américas en Haití. Cobertura de saneamiento. Puerto Príncipe. Haití.
- OPS-OMS. 2000. Evaluación de los servicios de agua potable y saneamiento en las Américas en San Vicente y Las Granadinas. Cobertura de saneamiento. San Vicente y Las Granadinas.
- OPS-OMS. 1998. La Salud en las Américas. Situación general y tendencias en Surinam. Volumen II. Lima, 15p
- PNUMA CAR/UCR FP/CR/JA/CP5101-90-05-2949. 1998. Proyecto Regional Planificación y Manejo Ambiental de Bahías y Áreas Costeras Fuertemente Contaminadas del Gran Caribe. Litoral de Santo Domingo, República Dominicana. Informe Técnico, pp. 94-110
- PNUMA-CITMA 2007. Taller Regional de Manejo Ambiental de Bahías y Zonas Costeras del Gran Caribe. 11-13 de Enero. Ciudad de La Habana. Cuba
- PNUMA-PAC. 1994. Perspectiva Regional sobre las Fuentes de Contaminación de Origen Terrestre en la Región del Gran Caribe. Informe Técnico del PAC No 33. 29p
- R. E. Turner, N. Rabalais, R. B. Alexander, G. Mcisaac, & R. W. Howarth. 2007. Characterization of Nutrient, Organic Carbon, and Sediment Loads and Concentrations from the Mississippi River into the Northern Gulf of Mexico. Louisiana State University, Coastal Ecology Institute, Louisiana Univ. Marine Consortium. U.S. Geological Survey. National Center. Department of Natural Resources and Environmental Sciences. University of Illinois. Department of Ecology and Systematics, New York 14853. Estuaries and Coasts Vol. 30, No. 5, p. 773–790
- Richard B. Alexander. 2008. Nitrogen and phosphorus riverine loads delivered to the Gulf of Mexico and south-atlantic-gulf coastal waters. U.S. Geological Survey Data Series. Report.

- Rodríguez, J. y N. Windevoxhel. 1998. *Análisis regional de la situación de la zona marina costera centroamericana*. Washington, D.C. 31p
 - Short, F.T. 1991. *The National Estuarine Eutrophication Project: Workshop Proceedings*. In: Hinga, K.R., Stanley, D.W., Klein, C.J., Lucid, D.T and Katz, M.J. (eds.) Strategic Environmental Assessment Division, National Ocean Service, NOAA, Rockville, pp. 25-27.
 - SENES Consultants Limited. 2006. *State of the Environment Report for the Demerara Watershed*. Third Report. Ontario L4B 3N4. November, pp. 139
 - Solano, A.G. 2003. *Inventario de la Situación Actual de las Aguas Residuales Domésticas en Guatemala*. Instituto de Fomento Municipal. IDRC. CEPIS. Proyecto Regional “Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial” Lima, 7p
 - UNEP, 2004. Bernal, M.C., Londoño, L.M., Troncoso, W., Sierra-Correa, P.C. & F.A. Arias-Isaza. *Caribbean Sea/Small Islands, GIWA Regional assessment 3a*. University of Kalmar, Kalmar, Sweden, pp. 100
 - URHC. 2006. *Estrategia para la Gestión Integrada de los Recursos hídricos. Diagnostico*. Reporte. Guatemala, 28p
 - Vázquez, E.B. 2007. *Cargas Contaminantes provenientes de las Fuentes Terrestres de Contaminación Marina en Venezuela*. Ministerio del Ambiente. Caracas, 10p
 - WHO/UNICEF. 2006. *Anguilla Coverage Estimates. Improved Sanitation*. Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. Anguilla, pp 4
 - WHO/UNICEF. 2006. *Antigua y Barbudas Coverage Estimates. Improved Sanitation*. Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. Anguilla, Junio pp 4
9. PNUMA-CITMA. 2005. Informe del Taller Regional sobre metodologías para ser utilizadas en la determinación de cargas contaminantes provenientes de las fuentes terrestres de contaminación marina. 29-31 Marzo. Caracas.
 10. PNUMA-CITMA. 2006. Taller Regional de Manejo Ambiental de Bahías y Zonas Costeras del Gran Caribe. Enero. La Habana, pp 11-13
 11. UCR/CAR-PNUMA. 2004. Informe sobre la Oncena Reunión Intergubernamental sobre el Plan de Acción del Caribe y Octava Reunión de las Partes Contratantes del Convenio de Cartagena. PNUMA. Jamaica, Octubre,
 12. Beethoven H. V. 2005. *Sostenibilidad ambiental en el Caribe*. Informe. CSI/ORIT. 13p
 13. World Resources Institute. 2001. *Coastal Ecosystems. Pilot analysis of global ecosystems*. ISBN: 1-56973-458-5. Library of Congress Catalog Card No. 2001088657. Washington, DC, 93p. Este reporte está disponible en Internet <http://www.wri.org/wr2000>

14. OPS-OMS-HEP. 2001. Informe Regional Sobre la Evaluación 2000 en la Región de las Américas. Agua potable y saneamiento, estado actual y perspectivas. Informe. OPS-OMS-HEP. 52p
15. WHO-UNICEF. 2008. Joint Monitoring Programme for Water Supply & Sanitation. Latin America & the Caribbean. (disponible en Internet con acceso el 19/06/2008: <http://www.wssinfo.org/showtable.php/population&sanitation®ion=6&startyear=19>)
16. Rojas, M. y Echeverría, J. 2003. Estimación de la Demanda Sectorial del Agua en Centroamérica Bajo Tres Escenarios Futuros: 2010-2030-2050. Quesada, Costa Rica. 51p
17. PNUMA-PAM-ROLAC. 2001. Las aguas residuales municipales como fuentes terrestres de contaminación de la zona marino-costera en la región de América Latina y el Caribe. México. 33p
18. GRTB-ADERASA. 2009. *Base de datos e indicadores de desempeño para agua potable y alcantarillado*. Ejercicio Anual del Grupo Regional de Trabajo de Benchmarking, 2008. Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas (ADERASA). Septiembre, 64p
19. Kestler, P.J. 2004. *Uso, rehúso y reciclaje del agua residual en una vivienda*. Universidad Rafael Zaldívar. Guatemala. Octubre, 64p
20. OPS. 1992. La salud ambiental y la gestión de los recursos de agua dulce en las Américas. Heno W. de Konin (compas.), Washington, D.C.
21. OPS. 2001. América Latina y el Caribe. Acceso a los Servicios de Saneamiento y Efluentes de Alcantarillado con algún grado de tratamiento. CIRCA 2000. Informe. 26p
22. Jouravlev A. 2004. *Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI*. DRNI-CEPAL. Serie 74 Recursos Naturales Infraestructura. ISSN impreso 1680-9017. ISSN electrónico 1680-9025. ISBN 92-1-322563-6. Santiago de Chile. Julio 2004. 66p
23. Ordás J.A. 2003. *Panorámica y caracterización de los sistemas de saneamiento en el área del Caribe*. Expert Meeting on Waste Management in SIDS. Memorias. La Habana, pp. 27-31
24. Salas, Henry. 2000. Emisarios submarinos. Alternativa viable para la disposición de aguas negras de ciudades costeras en América Latina y el Caribe. OPS/CEPIS/PUB/00.51. Noviembre, 24p
25. CEHI. 2004. A Directory of Environmentally Sound Technologies for the Integrated Management of Solid, Liquid and Hazardous Waste for SIDS in the Caribbean Region. UNEP. ISBN 968-7913-31-2, March, 140p
26. UNEP, 2004. Villasol, A. and J. Beltran. *Caribbean Islands, GIWA Regional assessment 4*. Fortnam, M. and P. Blime (eds.) University of Kalmar, Kalmar, Sweden. Pp. 132

27. Turner, R.E. & N.N. Rabalais. 1991. *Eutrophication and its Effects on the Coastal Habitats*. Coastal Zone, pp. 61-74. En: S.H. Bolton (ed.) Coastal Wetlands Proceedings of the Seventh Symposium on Coastal and Ocean Management, 8-14 July 1991 Long Beach, CA American Society of Civil Engineers Press, New York, NY.
28. ISO 14001: 2004. 2004. Environmental management systems - Requirements with guidance for use, pp.36
29. INEGI. 2005. *Estadísticas a propósito del Día Mundial del Agua*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. *Datos Nacionales*. México.
30. PNUMA. 2003. *Perspectivas del Medio Ambiente*. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Kingston, 32p
31. Vila, L. y col. 2004. *Estudio sobre el tráfico marítimo en torno a la República de Cuba*. Informe Técnico. Centro de Investigaciones del Transporte (Cetra), La Habana. 61p
32. Breuer, E. Stevenson, A. G., Howe, J. A., Carrol, J., & Shimmield, G.B. 2004. Drill cutting accumulations in the Northern and Central North Sea: a review of environmental interactions and chemical fate. *Marine Pollution Bulletin* 48, pp. 12-25
33. Olsgard, F. & Gray, J. S. 1995. A comprehensive analysis of the effects of offshore oil and gas exploration and production on the benthic communities of the Norwegian continental shelf. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 122, No. 1-3, pp. 277-306
34. Rogers, A. D. 1999. The biology of *Lophelia pertusa* and other deep water reef forming corals and impacts from human activities. *Internat. Rev. Hydrobiol.* Vol. 84, pp. 315-406
35. Wiese, F. K., Montevecchi, W. A, Davoren, Huettmann, F, Diamond, A. W. & Linke, J. 2001. *Seabirds at risk around offshore oil platforms in the North West Atlantic*. *Marine Pollution Bulletin* Vol. 42. No. 12, pp. 1285-1290
36. PNUMA. 1999. Evaluación sobre las Fuentes Terrestres y Actividades que Afectan al Medio Marino, Costero y de Aguas Dulces Asociadas en la Región del Gran Caribe. Informes y Estudios del Programa de Mares Regionales del PNUMA No. 172. PNUMA/Oficina de Coordinación del PAM/Programa Ambiental del Caribe. 135p
37. Cortés, J. & Risk M.J. 1985. *A Reef under Siltation Stress: Costa Rica*. *Bull. Mar. Science*. 36 (2), pp. 339-356
38. Richard B.A. 2008. Nitrogen and phosphorus riverine loads delivered to the Gulf of Mexico and south-atlantic-gulf coastal waters. U.S. Geological Survey Data Series Report
39. IMA. 1997. Chemical Load Assessment of the Couva River. Report, pp. 19

40. IMA. 2000. Design and Implementation of the Surface Water Quality Monitoring Programme for the Caroni River Basin. Report, pp. 36
41. UWI. 1997. Carry out appropriated field studies including any necessary bathymetric survey, and estimate the annual rate of sedimentation in Hunts Bay due to de-bouch from Rivers and Gullies. Activities 1.1.3 and 1.1.4. Planning and Environmental Management of Heavily Contaminated Bays and Coastal Areas in the Wider Caribbean. GEF Project RLA/93/G41. GEF-UNEP. Cimab. University of the West Indies, Mona. Kingston. September, pp. 105
42. UNOPS. 1998. *Project of the Governments of Colombia, Costa Rica, Cuba and Jamaica*. Final Report. Planning and Management of Heavily Contaminated Bays and Coastal Areas in the Wider Caribbean. Project RLA/93/G41. GEF-UNEP. Cimab. New York, NY 10017 May, pp. 118
43. PNUMA. 1998. *Litoral de Santo Domingo, Dominican Republic. Bases para la Formulación de un Plan de Manejo Ambiental*. Proyecto Regional Planificación y Manejo Ambiental de Bahías y Áreas Costeras Fuertemente Contaminadas del Gran Caribe. PNUMA CAR/UCR FP/CR/JA/CP5101-90-05-(2949). Cimab. RD. Febrero, 43p
44. Turner R. E. & Nancy N. Rabalais. 2003. *Suspended sediment, C, N, P, and Si yields from the Mississippi River Basin*. Coastal Ecology Institute, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803. Louisiana Universities Marine Consortium, 8124 Highway 56, Chauvin, LA 70344, U.S.A. October, pp. 41
45. Alexander, R.B., Smith, R.A., Schwarz, G.E., Boyer, E.W., Nolan, J.V. & Brakebill, J.W. 2008. *Differences in phosphorus and nitrogen delivery to the Gulf of Mexico from the Mississippi River Basin*, Environmental Science Technology, 42, 3, 822-830, 10.1021/es0716103. USA, pp. 28
46. ANAM. 2005. *2do Informe del Monitoreo de la Calidad de Agua 2004-2005*. Publ. No. LCA-IM-04-01 Laboratorio Calidad Ambiental, Panamá. 203p
47. Colina, A., J.L. Mogollón, A. Ramírez y C. Bifano. 1989. *Determinación de nitrógeno, fósforo y carbono orgánico en ríos del norte de Venezuela*. INVERCIENCIA. Vol.14 No. 1. Jan-Feb, pp. 41-44
48. Paolini, J., R. Hevia, R. Herrera. 1987. *Transport of carbon and minerals in the Orinoco and Caroní rivers during the years 1983-1984*. In "Transport of carbon and minerals in major world rivers". Part IV Ed. E.T. Degens, S. Kempe & G. Wei-bin. Mitt. Geol. Palaont. Inst., Univ. Hamburg. SCOPE/UNEP Sonderband Heft 64.
49. Cressa, C. & C.Y. Senior. 1987. *Aspects of the Chemistry and Hydrology of the Orinoco River, Venezuela*. Acta Científica Venezolana, 38, pp. 99-105
50. Ramirez, A., A.W. Rose & C. Bifano. (1988). *Transport of carbon and nutrients by the Tuy River, Venezuela*. Mitt. Geol. Palaont. Inst., Univ. Hamburg. SCOPE/UNEP Sonderband Heft 66. Pp 137-146

51. MARNR. 2007. Estrategia de Organización Inter-institucional para la Gestión Ambiental de cuencas altas: Caso de Estudio de la Micro cuenca Zarzales - La Grande, Mérida, Reporte Técnico. Venezuela, 102p
52. IFDC/IFA/FAO. 1997. *Survey of Fertilizer Rates of Use on the Individual Major World Crops*. Cited in Harris, "An Analysis of Global Fertilizer Application Rates for Major Crops." 1998.
53. CEPAL. 2007. Anuario Estadístico para América Latina y el Caribe. CEPAL, 51p
54. PNUMA. 2002. *Evaluación regional sobre sustancias tóxicas persistentes*. Informe Regional de América Central y el Caribe. 149p
55. WRI. 2005. *Arrecifes en Peligro en el Caribe*. World Resources Institute, Reporte. 84p
56. WRI. 2006. *Watershed Analysis for the Mesoamerican Reef Data CD*. World Resources Institute. Washington, D.C.
57. CATHLAC/Cimab. 2008. Estimación de la cargas de sedimentos en las Antillas utilizando el Modelo N-SPECT. Reporte. Cimab. La Habana, 8p
58. OPS. 2002. *La Organización Panamericana de la Salud y el Estado Colombiano. Cien años de historia. 1902-2002*. Bogotá. Organización Panamericana de la Salud. (disponible en Internet: http://www.col.ops-oms.org/centenario/libro/OPS_y_estado_colombiano_100.doc).
59. OPS. 2001^a. Informe Regional sobre la Evaluación 2000 en la región de las Américas: agua potable y saneamiento, estado actual y perspectivas. Washington, D.C.
60. Calcagno, A., M. Gaviño Novillo y N. Mendiburo. 2000. *Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina*. Comité Asesor Técnico de América del Sur (SAMTAC). Asociación Mundial del Agua (GWP) (disponible en Internet: <http://www.eclac.cl/DRNI/proyectos/samtac/InAr00200.pdf>).
61. OPS. 1990. Situación del abastecimiento de agua potable y del saneamiento en la región de las Américas al finalizarse el decenio 1981-1990 y perspectivas para el futuro. Volumen 1, Washington, D.C.
62. BID. 2003. Las Metas del Milenio y las Necesidades de Inversión en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. Conferencia Internacional. Reporte. Washington, 71p
63. OPS. 2000. Informe sobre la Evaluación Mundial de Abastecimiento y el Saneamiento en el 2000. Capítulo 8. Washington, D.C.
64. CEPAL. 2006. *Estadísticas sociales*. Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe. CEPAL, 62p

65. CIAT-UNEP-CIESIN. 2005. Base de Datos de Población de América Latina y el Caribe (ALC). Disponible en Internet: <http://www.na.unep.net/datasets/datalist.php3>. http://gisweb.ciat.cgiar.org/population/esp/conjunto_datos.htm

UNEP CAR/RCU
14-20 Port Royal Street
Kingston, JAMAICA
Tel:(876) 922-9267-9
Fax:(876) 922-9292
Email: rcu@cep.unep.org
Website: <http://www.cep.unep.org>