



Services écologiques des écosystèmes du Parc national de Guadeloupe : identification et évaluation économique

Module 331 – Etude « Approche des éléments de valeur du Parc national de la Guadeloupe »

Rapport final

rédigé par

Thomas Binet, Vertigo Conseil, France

Pierre Failler, CEMARE, Université de Portsmouth, R-U

et

Jean-Philippe Maréchal, Observatoire du milieu marin martiniquais,
Fort-de-France, Martinique

Pour le Parc national de la Guadeloupe, Saint-Claude



Parcs Nationaux de France

Janvier 2013

Citation : Binet, T, Maréchal, J.P. et P. Failler, 2012. Services écologiques du Parc national de la Guadeloupe : identification et évaluation économique. Rapport final, Module 331, Parc national de la Guadeloupe, Guadeloupe, **80** p.

Sommaire

INTRODUCTION	12
A. CADRAGE METHODOLOGIQUE.....	13
1 Délimitation de l'étude	13
2 Classification et sélection des services des écosystèmes.....	15
3 Valeur économique des écosystèmes	16
4 Les méthodes d'évaluation économique	16
4.1 Méthodes des coûts évités	16
4.2 Méthode des coûts de remplacement.....	16
4.3 Recours au transfert de valeurs	17
B. CARACTERISATION DES ECOSYSTEMES DU PNG ET DE LEUR ETAT DE SANTE.....	18
1 Ecosystèmes marins	18
1.1 Etat des lieux.....	18
1.1.1 Récif corallien et communautés coralliennes	24
1.1.2 Herbiers de phanérogames et communautés algales	24
1.1.3 Mangroves	26
1.2 Etat de santé.....	27
1.2.1 Récif corallien et communautés coralliennes	27
1.2.2 Herbiers de phanérogames	29
1.2.3 Mangroves	33
2 Ecosystème forestier	33
2.1 Etat des lieux.....	33
2.2 Etat de santé.....	38
3 Superficies des écosystèmes du PNG	39
C. DESCRIPTION ET EVALUATION ECONOMIQUE DES SERVICES ECOLOGIQUES DU PNG	41
1 Valeur des services de support et régulation des écosystèmes marins et littoraux	41
1.1 Formation, protection et maintien des plages et du littoral	41
1.1.1 Mangroves	41
1.1.2 Récifs coralliens	41
1.1.3 Herbiers	42
1.2 Biodiversité, productivité des écosystèmes, biomasse capturable	42
1.2.1 Récifs coralliens	42
1.2.2 Herbiers	43
1.2.3 Mangroves	43
1.3 Traitement des eaux et nutriments	43
1.3.1 Mangroves	43
1.3.2 Herbiers	44
1.3.3 Récifs	44
2 Valeur des services de support et régulation des écosystèmes terrestres.....	45
2.1 Lutte contre l'érosion hydrique.....	45
2.1.1 Lutte contre la perte de sol	45
2.1.2 Lutte contre les conséquences de l'érosion en aval	45
2.2 Approvisionnement en eau douce.....	46
2.2.1 Eau potable	46

2.2.2	Eau d'irrigation	48
2.2.3	Eau pour la production d'hydroélectricité	50
2.3	Aide à la recharge des aquifères souterrains	50
2.4	Maintien de la bonne qualité des eaux	50
2.5	Régulation des crues	51
2.6	Soutien d'étiage	53
2.7	Support de biodiversité	53
2.8	Séquestration de carbone atmosphérique	54
3	Synthèse des valeurs économiques	54
4	Mettre en valeur les bénéfices de la protection du Parc national	58
4.1	Les bénéfices économiques procurés par le Parc national	58
4.1.1	Estimation des états de santé à long-terme pour les deux scénarios	59
4.1.2	Estimation des valeurs économiques pour les deux scénarios	63
4.2	Mettre en valeur les bénéfices offerts par la protection du PNG	64
CONCLUSION		66
BIBLIOGRAPHIE		67
PERSONNES CONTACTEES POUR L'ETUDE		71
ANNEXES		72
Annexe 1 : Termes de référence de l'étude (module 331)		72
Annexe 2 : les fonctions écologiques de l'écosystème forestier		74
Annexe 3 : évaluations des communautés coralliennes		77
Annexe 4 : Présentation synthétique des principales méthodes d'évaluation		80

Liste des figures

Figure 1: Répartition de la valeur économique totale annuelle par écosystèmes	7
Figure 2: Répartition de la valeur économique annuelle des services des écosystèmes du PNG	8
Figure 3: Attribution de la VET à chaque écosystème en fonction de leur superficie	9
Figure 4: Répartition des valeurs économiques annuelles par unité de surface	10
Figure 5: Répartition des valeurs de contribution du PNG à la protection des écosystèmes des zones cœurs	11
Figure 6: Carte du Parc national de la Guadeloupe	13
Figure 7: Représentation des solidarités écologiques (PNG, 2011)	14
Figure 8 : Représentation des solidarités écologiques du Grand Cul-de-sac marin (PNG, 2011)	15
Figure 9: Carte simplifiée des biocénoses marines du GCSM (PNG, 2008)	18
Figure 10: Cartographie des biocénoses marines et de mangrove dans la baie du Grand Cul-de-Sac marin (CAREX, 2003)	20
Figure 11: Cartographie des biocénoses marines côtières des zones de réserves naturelles du Grand Cul-de-Sac Marin (Mège et Delloue 2007).	21
Figure 12: Cartographie des biocénoses marines des îlets Pigeon (PNG, 2008)	22
Figure 13: a) herbier mixte à dominance <i>T. testudinum</i> , b) matre d'herbier montrant les racines dans le sédiment sableux, c) herbier à <i>S. filiforme</i> . Crédit photo : © OMMM.	25
Figure 14 : Schéma d'un profil type de la mangrove de GCSM (Toffart, 1980)	26
Figure 15: illustration de mangroves a) palétuviers et b) racines échasses, c) éponges et algues, d) huitres de palétuviers, e) épifaune sur racine de palétuvier et f) éponge	27
Figure 16 : a) Valeurs de densité en nb individus/600m ² et b) valeurs de biomasse en kg/ha pour les 5 stations de suivi du GCSM et des îlets Pigeon. Les données sont issues de la combinaison des 6 années de suivi. (Données de Bouchon et al., 2006).	29
Figure 17: Herbier de phanérogames (<i>Thalassia testudinum</i>) en bon état de santé (a), dégradé (b) et très dégradé (c). Crédit photo : © OMMM	29
Figure 18 : Distribution des principaux contaminants dans les sédiments des herbiers du Grand Cul-de-Sac Marin (photo LANDSAT) (Bouchon et al., 2010).	31
Figure 19 : Distribution des principaux contaminants dans les Phanérogames des herbiers du Grand Cul-de-Sac Marin (photo LANDSAT). (Bouchon et al., 2006).....	32
Figure 20: Mangroves montrant a) l'accumulation de déchets dans la zone marine de la mangrove, b) dans les racines des palétuviers et c) l'assèchement de la mangrove dans laquelle l'eau de mer ne peut plus circuler. Crédit photos : © P. Parfait.	33
Figure 21: Ecosystème forestier et habitat du cœur de Parc de Guadeloupe	34
Figure 21: Formations végétales de Basse-Terre (source: PREDD, 2006)	35
Figure 23: Principaux bassins versants de Basse-Terre (source: MATE, 2002)	36
Figure 24: Réseau hydrographique de la Guadeloupe et délimitation des cœurs de Parc (source : http://www.guadeloupe-parcnational.fr)	37
Figure 25 : Exemples d'ouvrages qui peuvent menacer la continuité écologique des cours d'eau de Guadeloupe (source : Mollet et Robert, 2011)	39
Figure 26: Prélèvements d'eau pour l'eau potable.....	47
Figure 27: carte des prélèvements d'eau pour l'irrigation	49
Figure 28: Carte de l'utilisation des eaux d'irrigation en Guadeloupe	49
Figure 29 : Qualité des cours d'eau de Basse-Terre.....	51
Figure 30: Répartition de la valeur économique totale annuelle par écosystèmes	55
Figure 31: Répartition de la valeur économique annuelle des services des écosystèmes du PNG	56
Figure 32: Attribution de la VET à chaque écosystème en fonction de leur superficie	57
Figure 33: Répartition des valeurs économiques annuelles par unité de surface	58
Figure 34: répartition des valeurs de contribution du PNG à la protection des services des écosystèmes des zones cœurs.....	64
Figure 35: cycle de vie des crustacés et poissons amphidromes (Fievet et al., 2001).....	76

Figure 36 : Evolution du taux de recouvrement des composantes des communautés benthiques de la station de suivi « barrière récifale Ilet Fajou » entre 2003 et 2006 (Bouchon et al., 2006).	77
Figure 37 : Evolution du taux de recouvrement des composantes des communautés benthiques de la station de suivi « Ilet Fajou en réserve » entre 2007 et 2010 (PARETO 2010).	77
Figure 38 : Evolution du taux de recouvrement des composantes des communautés benthiques de la station de suivi « Platier récifal Ilet Fajou » entre 2003 et 2006 (Bouchon et al., 2006).	78
Figure 39 : Evolution du taux de recouvrement des composantes des communautés benthiques de la station de suivi « Passe à colas » entre 2003 et 2006 (Bouchon et al., 2006).	78
Figure 40 : Evolution du taux de recouvrement des composantes des communautés benthiques de la station de suivi « Port Louis » entre 2003 et 2006 (Bouchon et al., 2006).	79
Figure 41 : Evolution du taux de recouvrement des composantes des communautés benthiques de la station de suivi « Ilet Pigeon » entre 2002 et 2006 (Bouchon et al., 2006).	79

Liste des tableaux

Tableau 1: Valeurs économiques des services des écosystèmes du PNG	8
Tableau 2 : Correspondance entre les données Chauvaud (2005) et le regroupement par grandes catégories biocénotiques.	19
Tableau 3 : Répartition des superficies de couverture des fonds marins du GCSM et des zones de Réserve naturelle (en ha) pour les récifs coralliens et écosystèmes associés (données 2005).	21
Tableau 4 : Types de biocénoses typiques du littoral sous-marin, entre 0 et 50m de profondeur	23
Tableau 5 : Synthèse des données de suivis des stations herbier localisées dans le GCSM pour les densités d'herbiers, lambis et oursins.	24
Tableau 6 : Synthèse des données de suivis des stations localisées dans le GCSM et ilets Pigeon pour les trois catégories benthiques principales prises en compte dans la caractérisation rapide de l'état des écosystèmes (données 2006 UAG et 2010 PARETO)	28
Tableau 7 : Synthèse des données de suivis des stations localisées dans le GCSM pour les trois catégories benthiques principales prises en compte dans la caractérisation rapide de l'état des écosystèmes (données 2006 UAG et 2010 PARETO)	28
Tableau 8 : Evaluation des états de santé des herbiers selon les données Chauvaud (2005) basés sur la densité des peuplements et le niveau d'envasement du substrat.	30
Tableau 9 : Synthèse de la répartition des surfaces par état de santé selon les données de Chauvaud (2005)	30
Tableau 10: Valeurs économiques des services des écosystèmes du PNG	54
Tableau 11: Evolution des surfaces d'écosystèmes pour les deux scénarios de protection des cœurs de Parc	61
Tableau 12 : Valeurs actualisées nettes pour les deux scénarios de gestion sur la période 2010-2030	63
Tableau 13 : Usage indirect liés aux services écologiques liés aux récifs coralliens, mangroves, herbiers, forêts et rivières	73

Résumé

Le présent rapport a pour objet de présenter, de manière détaillée, les principaux services écologiques générés par les écosystèmes clés du Parc national de la Guadeloupe ainsi que l'estimation de leur valeur. Deux catégories d'écosystèmes ont été étudié : les récifs coralliens et leurs écosystèmes associés (mangroves et herbiers) du Grand Cul-de-Sac marin et ilets Pigeon et les forêts du massif de la Soufrière.

Pour les premiers ces services incluent :

- la protection côtière, maintien des plages et du littoral ;
- la production de biomasse capturable par la pêche ; et
- le traitement des eaux côtières.

Pour les seconds, ils comprennent :

- la lutte contre l'érosion hydrique ;
- l'approvisionnement en eau douce ;
- la purification de l'eau ;
- la régulation des crues ; et
- Support de biodiversité.

La valeur économique des services écologiques du cœur du PNG est estimée annuellement à plus de 120,5 millions d'euros. Au regard de leur contribution à la formation de valeur économique totale (VET), les écosystèmes du PNG affichent une prestation inégale (cf. figure ci-dessous). Les forêts, savanes et cours d'eau y contribuent le plus, avec une valeur des services estimée à 92 M € (soit 76% de la VET). Les mangroves apportent une contribution plus modeste, de l'ordre de 20 M€ (soit 16% de la VET), tandis que celles des herbiers et des récifs sont moindre encore (respectivement 8 et 1,5 M€ soit 6% et 1%).

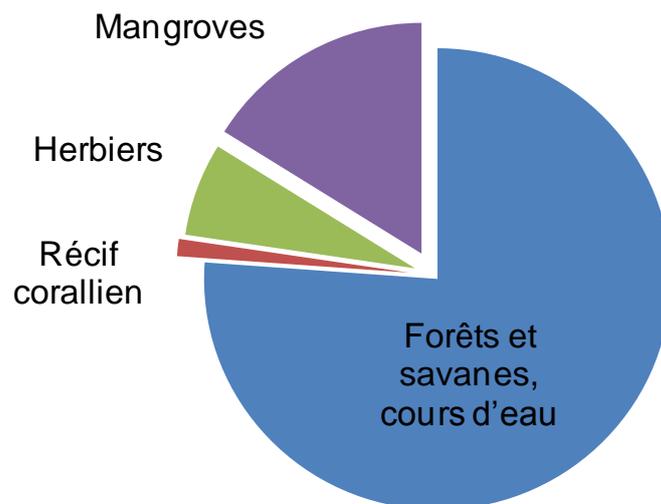


Figure 1: Répartition de la valeur économique totale annuelle par écosystèmes

Estimé à près de 60 M€, le service de lutte contre l'érosion hydrique de l'écosystème forestier représente plus de la moitié de la VET (cf. figure et tableau suivants).

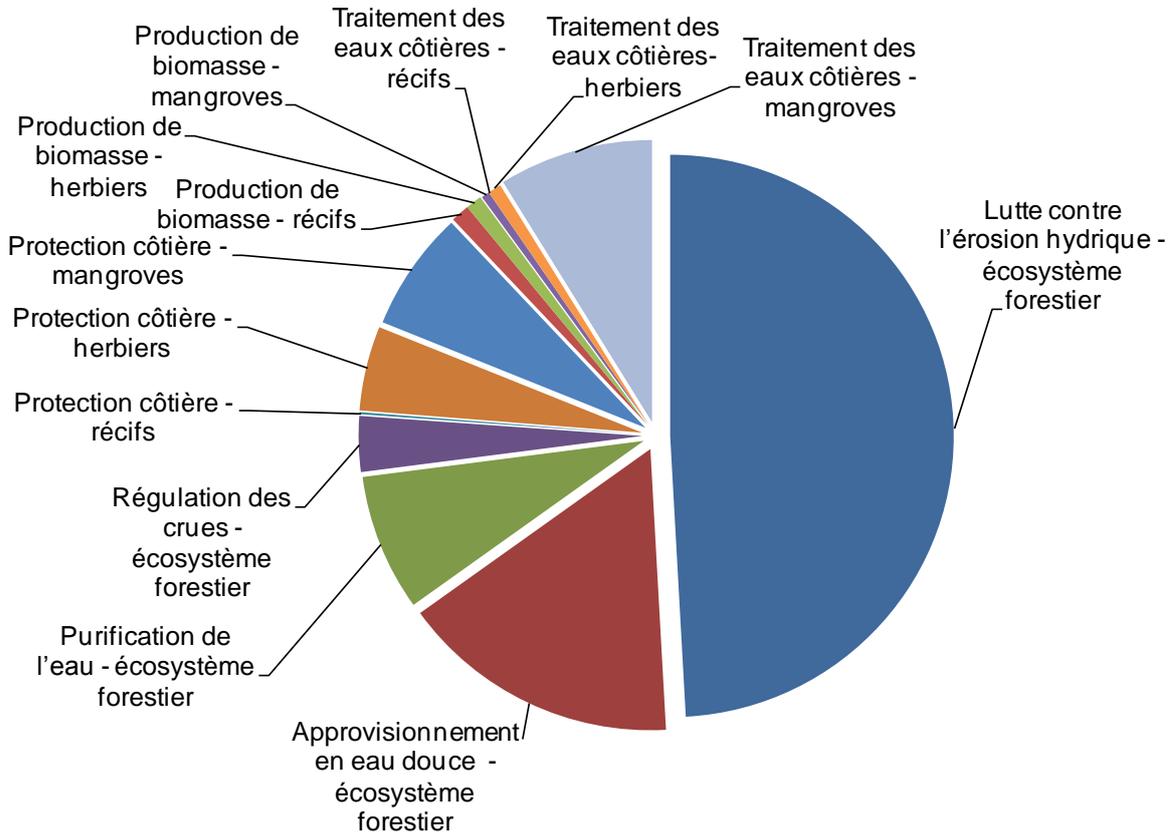


Figure 2: Répartition de la valeur économique annuelle des services des écosystèmes du PNG

Les services liés à l’approvisionnement et au traitement des eaux douce et côtières par l’écosystème forestier et les mangroves représentent 36% de la VET (respectivement 19 M€, 11 M€ et 9 M€ pour l’approvisionnement en eau douce des forêts, le traitement des eaux côtières des mangroves et la purification de l’eau par les forêts). Les services de protection côtière assurés par les mangroves (8 M€), les herbiers (6 M€) ainsi que ceux liés à la régulation des crues de l’écosystème forestier sont plus modestes (respectivement 8, 6 et 4 M€).

Tableau 1: Valeurs économiques des services des écosystèmes du PNG

Ecosystème	Biocénose	Service	Valeur unitaire (€/ha/an)	Surface considérée (ha)	Valeur totale (M€)
Ecosystème forestier	Forêts et savanes, cours d'eau	Lutte contre l'érosion hydrique	4000	14800	59,2
	Forêts et savanes, cours d'eau	Approvisionnement en eau douce	1300	14800	19,2
	Forêts et savanes, cours d'eau	Purification de l'eau	640	14800	9,5
	Forêts et savanes, cours d'eau	Régulation des crues	260	14800	3,8
Ecosystème marin	Récif corallien	Protection côtière, maintien des plages et du littoral	600	250	0,15
	Herbiers		71400	82	5,8
	Mangroves		10500	790	8,3
	Récif corallien	Production de biomasse capturable	5130	250	1,3
	Herbiers		1350	820	1,1
	Mangroves		720	790	0,6
	Récif corallien	Traitement des eaux côtières	40	250	0,01
	Herbiers		1100	820	0,9
	Mangroves		13400	790	10,6
TOTAL					120,5

Lorsque l'on rapporte la VET à la superficie de chacun des écosystèmes, la répartition change : les herbiers représentent la plus forte valeur par hectare de PNG (66%), devant la mangrove (22%). Les récifs coralliens, les forêts, les savanes et les cours d'eau représentent chacun environ 5% de la valeur unitaire. (cf. Figure 3).

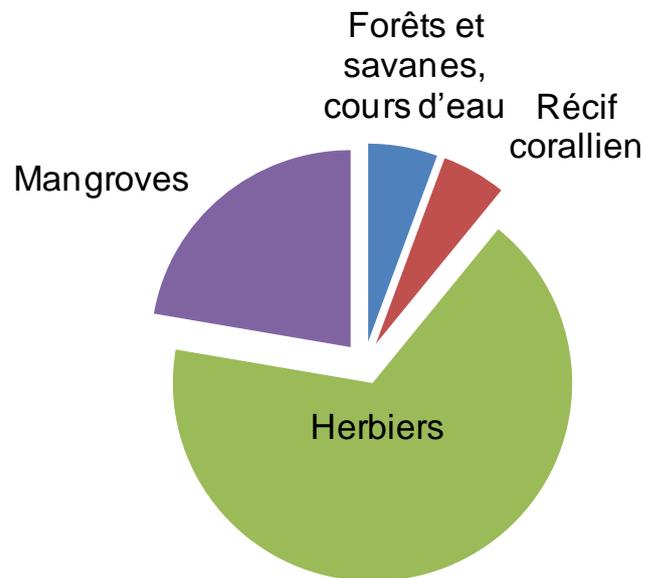


Figure 3: Attribution de la VET à chaque écosystème en fonction de leur superficie

De tous les services écologiques, celui de la protection côtière des herbiers présente la plus forte valeur unitaire (Figure 4). En d'autres termes, bien qu'il soit important de porter les efforts de protection et de conservation sur les écosystèmes qui présentent une forte valeur globale des services rendus, il est tout aussi conséquent de porter une attention à ceux dont la valeur par hectare est la plus forte, comme les herbiers. Le retour sur l'investissement en matière d'amélioration de l'habitat est beaucoup plus élevé.

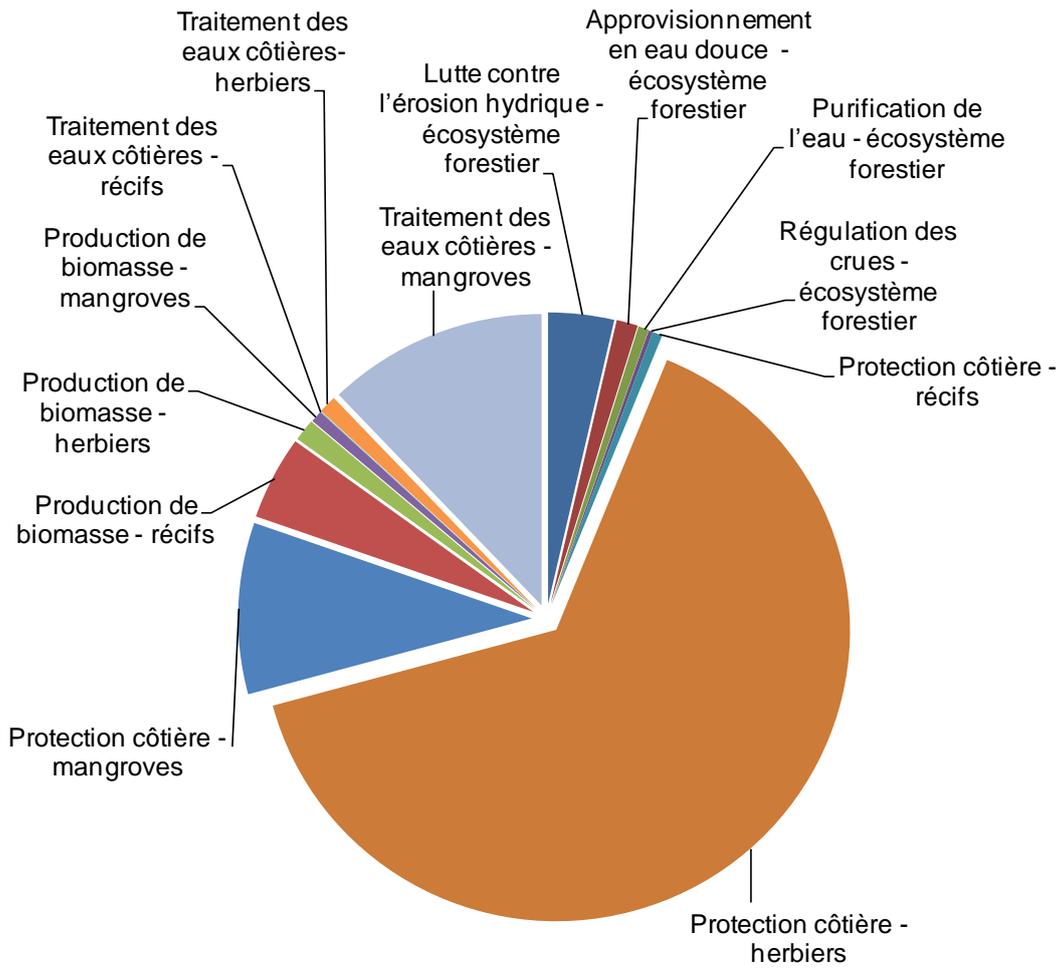


Figure 4: Répartition des valeurs économiques annuelles par unité de surface

Afin d'évaluer la valeur de la contribution du PNG à la protection des écosystèmes clés, 2 scénarios pour une période de 25 ans (2010-2035) ont été élaborés : 1) scénario « conservation par le PNG » ; et 2) scénario « gestion des écosystèmes sans PNG ». Chaque scénario s'appuie sur une influence différente des menaces et pressions qui impactent les écosystèmes du PNG ainsi que des mesures de gestion mises en œuvre.

La valeur de contribution du PNG est ainsi estimée à près de 31 M€, soit 1,2 M€ par an. La contribution la plus importante concerne le maintien du service de lutte contre l'érosion hydrique dans l'écosystème forestier avec près de 9 M€. Le maintien du traitement des eaux des mangroves est la deuxième contribution la plus importante du PNG (7 M€) , suivi de celui de la protection côtière de la mangrove (5,5 M€). La contribution du PNG est plus modeste pour ce qui est du maintien des services d'approvisionnement en eau douce de l'écosystème forestier, de la protection côtière des herbiers, de la production de biomasse capturable des récifs coralliens, des herbiers et de la mangrove.

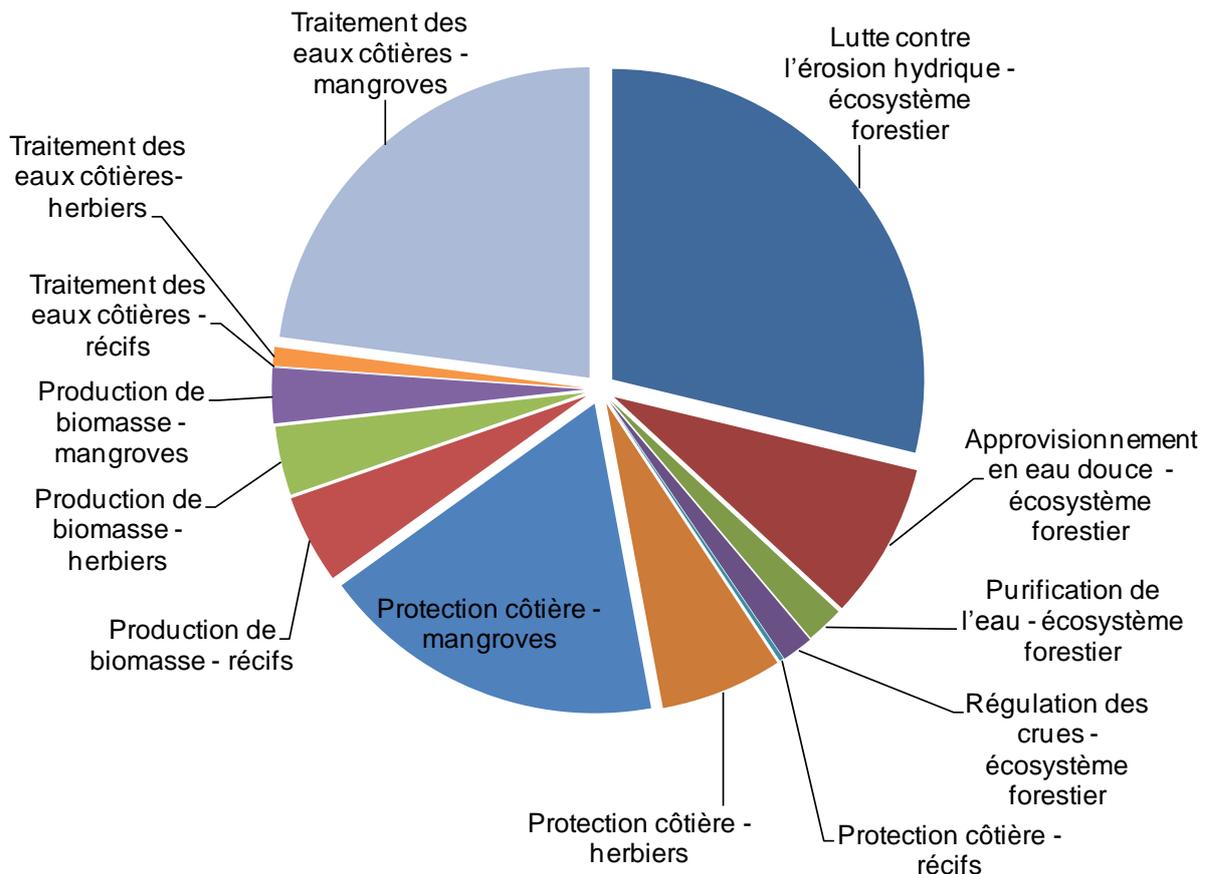


Figure 5: Répartition des valeurs de contribution du PNG à la protection des écosystèmes des zones cœurs

Ces résultats mettent en avant la contribution du PNG à la création de valeur et au bien-être de la population résidente et de touristes. Ils appellent tout d'abord à un renforcement de la protection des mangroves et des herbiers dont l'état de santé, en l'absence de mesures de protections spécifiques, risque de se dégrader au cours des 25 prochaines années. Ils fournissent ensuite les premiers éléments de la mise en place de mécanismes de rétribution financière des services procurés par les écosystèmes du PNG, notamment par le biais des paiements pour services écosystémiques. Certains des services du PNG se prêtent particulièrement à la mise en œuvre de tels paiements, parmi lesquels :

- Les services d'approvisionnement en eau douce, de purification de l'eau et de lutte contre l'érosion hydrique ; ces services de la zone cœur du PNG contribuent pour une large part à l'approvisionnement en eau douce de la plus grande partie de la population de Guadeloupe ; ces services pourraient faire l'objet d'un paiement par les populations qui bénéficient de la bonne qualité et de l'approvisionnement continu en eau douce.
- Les services de protection côtière pour la population des communes situés sur le Grand cul-de-sac marin; la protection côtière offerte par les récifs, les herbiers et les mangroves est très importante pour le maintien du littoral et la protection en cas d'événements climatiques extrêmes; ce service pourrait faire l'objet d'une rétribution financière par les bénéficiaires qui profitent de ce service, ce qui les dispense et d'édifier des barrages contre l'érosion et les inondations dans cette zone

Introduction

Le Parc national de la Guadeloupe (PNG) a été créé en février 1989. D'une superficie de près de 95 000 ha¹ dont près de 22 000 en zones de cœur, le PNG bénéficie du statut de Réserve Mondiale de la Biosphère, validant ainsi sa forte propension à protéger des écosystèmes clés. Le PNG a de plus la particularité d'être un Parc à la fois forestier et littoral.

Dans le cadre d'une revue de la valeur économique du PNG et de sa contribution écologique, économique, sociale et culturelle à l'ensemble du territoire guadeloupéen et sa population, un travail d'importance a été engagé en 2012. C'est dans ce cadre que se situe la présente livraison qui consiste à révéler la valeur économique totale (VET) des principaux services écologiques procurés par les écosystèmes du PNG². N'étant pas l'objet de transaction sur un marché, ces services n'ont pas de prix, à proprement parler : il convient alors de leur attribuer une valeur qui correspond à ce que cela coûterait pour obtenir le même service de manière artificielle. Le présent rapport fait donc état de l'estimation de la VET obtenue.

Le rapport est organisé en quatre chapitres. Dans le premier chapitre est exposé le cadrage méthodologique de l'étude. Dans le deuxième, les écosystèmes étudiés et leurs états de santé sont présentés. Les principaux services et l'estimation de leur valeur économique font l'objet du quatrième chapitre tandis que dans le dernier est proposée une estimation de la valeur engendrée par la protection des écosystèmes marins et terrestres des zones cœurs du PNG.

¹ Aire optimale d'adhésion

² Pour le détail des termes de référence du module 331, se reporter à l'annexe 1.

A. Cadrage méthodologique

Ce premier chapitre présente tout d'abord une délimitation de l'étude. Il expose ensuite la classification des biens et services des écosystèmes du PNG et la sélection de ces services pour l'évaluation. Il présente enfin la méthode d'évaluation économique des services des écosystèmes du PNG.

1 Délimitation de l'étude

La zone d'étude est constituée des zones centrales (cœurs) du Parc national de la Guadeloupe. Ces trois zones cœurs sont :

- 1) le massif de la Soufrière est constitué d'écosystèmes terrestres uniquement ; situé au centre de Basse-Terre, il représente une surface de 16500 hectares
- 2) les îlets du Grand Cul-de-sac marin, constitués d'écosystèmes marins et côtiers et situé au nord de la Guadeloupe entre Grande-Terre et Basse-Terre ; ils représentent une surface terrestre et marine d'environ 4000 ha ; et
- 3) les îlets Pigeon à l'ouest de Basse-Terre, également composés d'écosystèmes côtiers et marins ; ils sont situés à l'ouest de Basse-Terre et représentent une surface terrestre et marine d'environ 1000 ha.

La figure ci-dessous présente ces trois zones cœurs.



Figure 6: Carte du Parc national de la Guadeloupe

Les zones cœurs regroupent des écosystèmes caractéristiques des milieux naturels emblématiques de la Caraïbe, que ce soit du domaine marin ou terrestre (PNG, 2011). Pour le premier, se retrouvent les écosystèmes de récifs coralliens et écosystèmes associés (herbiers et mangroves) et, pour le second, l'écosystème forestier, caractéristique des îles volcaniques des Caraïbes, qui regroupe la forêt tropical humide, les savanes d'altitude du massif de la Soufrière et les cours d'eau qui les irriguent.

La délimitation géographique de la zone d'étude ne doit toutefois pas occulter l'étendue des bénéfices de ces écosystèmes : les écosystèmes terrestres et marins des cœurs sont largement interconnectés entre eux et avec les zones voisines. Il existe ainsi une très grande diversité de « solidarité écologique » entre terre et mer mais aussi au sein même des écosystèmes terrestres (solidarité amont/aval des rivières ou continuité forêts de montagne et forêts littorales) comme des écosystèmes marins (interactions récifs/herbiers/mangroves) (PNF-INEA, 2009a ; 2009b). Cette solidarité écologique est plurielle et démontre les liens qui existent au sein du PNG ainsi qu'avec sa périphérie (figures suivantes). C'est pourquoi les services des écosystèmes du PNG s'inscrivent à l'échelle de la Guadeloupe dans son ensemble et bénéficient, bien souvent, à toute la population de Guadeloupe. Certains services s'inscrivent même à une échelle mondiale (comme la séquestration de carbone atmosphérique dont les retombées sont internationales). Les services des écosystèmes des cœurs et les valeurs économiques de ces services seront donc estimés, le cas échéant et dans la mesure du possible, à partir des bénéfices procurés à l'échelle de la Guadeloupe.

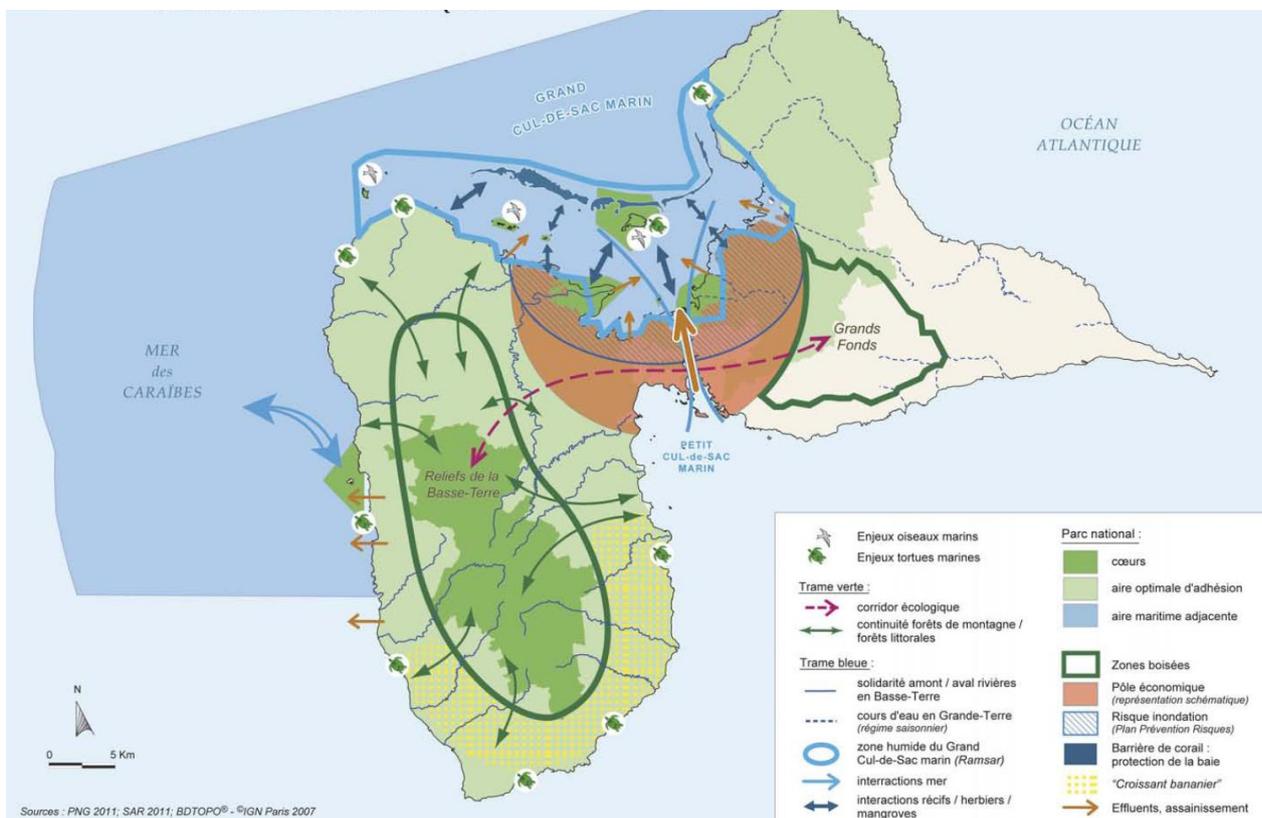


Figure 7: Représentation des solidarités écologiques (PNG, 2011)

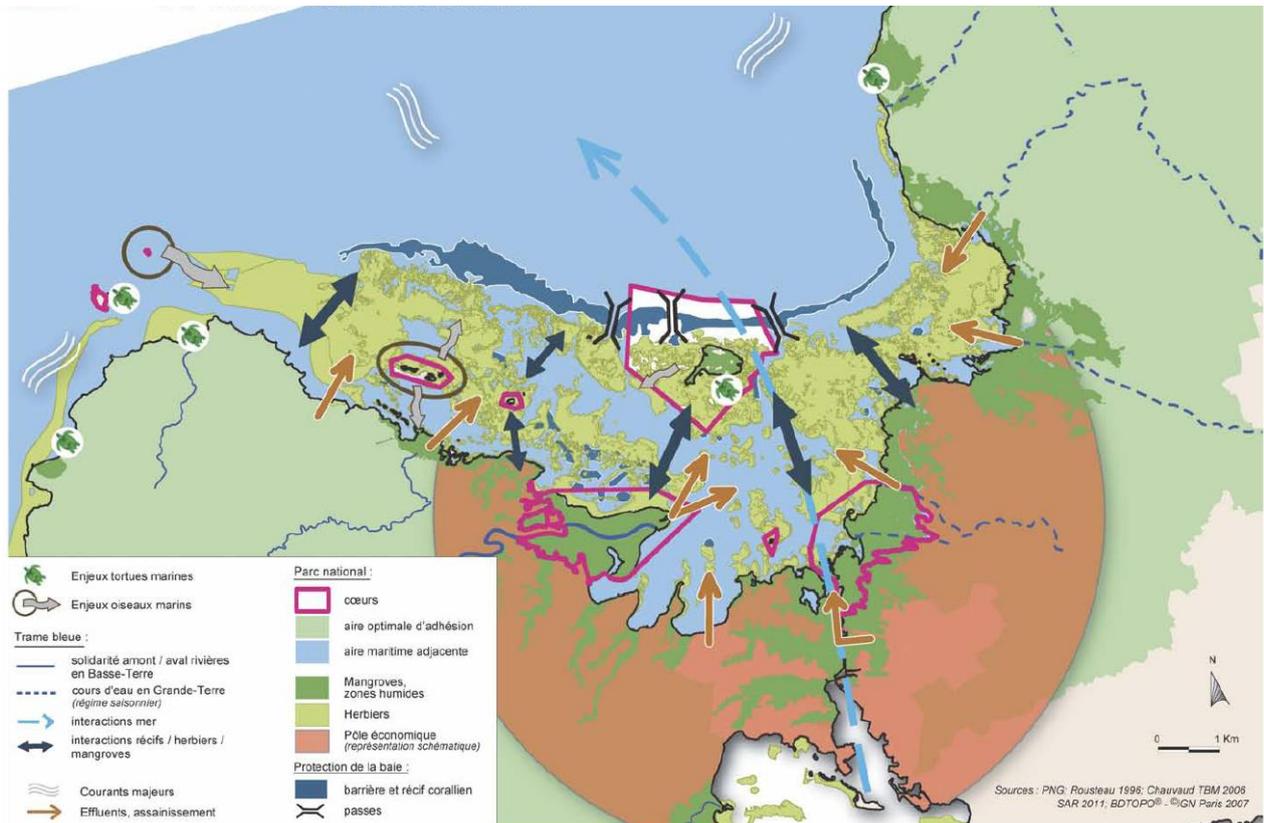


Figure 8 : Représentation des solidarités écologiques du Grand Cul-de-sac marin (PNG, 2011)

2 Classification et sélection des services des écosystèmes

La classification de l'évaluation des écosystèmes du millénaire – *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005) distingue quatre catégories de services :

- Les **services d'approvisionnement** : il s'agit des biens et des services tirés des écosystèmes pour l'alimentation (cultures, élevage, pêcheries, aquaculture, aliments sauvages, eau douce), l'énergie combustible (bois de chauffage, céréales pour la production d'éthanol), la fabrication de matériaux (bois d'œuvre, fibres), la génétique et la pharmacopée.
- Les **services de régulation** : ce sont les fonctions de régulation de processus naturels exercés par les écosystèmes qui bénéficient à l'homme. Ils incluent des services aussi divers que : la régulation du climat, le cycle de l'eau, la qualité de l'air, la lutte contre l'érosion, la régulation de l'incidence de maladies, la prévention des risques naturels, la pollinisation, le traitement des déchets organiques et polluants, etc.
- Les **services de support** : ces services ne bénéficient pas directement à l'homme mais conditionnent le bon fonctionnement des écosystèmes. Ces services peuvent inclure : recyclage des nutriments, la formation des sols, la production primaire, etc.
- Les **services culturels** : les services culturels comprennent l'ensemble des bénéfices récréatifs, esthétiques, existentiels, spirituels, scientifiques, éducationnels et patrimoniaux procurés par les écosystèmes.

Les services rendus par les récifs, les herbiers et les mangroves du PNG sont les suivants:

- **Services de support** : fonction de support à la biodiversité marine ; fonction de support au cycle nutritionnel des écosystèmes marins et côtiers et à la formation de la production primaire.
- **Services de régulation** : contribution à la formation, au maintien et la protection des plages et des côtes de manière plus générale (protection contre l'érosion côtière) ; régulation du climat (séquestration carbone des mangroves et des herbiers) ; régulation de la qualité des eaux côtières par la fonction de filtre aux polluants terrigènes
- **Services d'approvisionnement** : contribution aux activités de capture de poisson pour l'alimentation humaine, à des fins ornementales ou encore pour la pharmacopée présente et future
- **Services culturels et autres** : fonction récréative associée à la fréquentation des plages, des sites de plongée, des balades et excursions en mer ; fonction récréative associée aux excursions dans les mangroves et estuaires des cours d'eaux ; fonction culturelle en relation avec la symbolique des récifs et mangroves dans l'imaginaire local ; fonction éducative liée à la place des récifs coralliens dans la vie

marine ; fonction scientifique liée aux travaux de recherche de plusieurs instituts (Ifremer, UAG, etc.) ; fonction de contribution à la beauté du paysage côtier et marin.

Ceux procurés par l'écosystème forestier du cœur du PNG sont :

- **Services de régulation** : lutte contre l'érosion hydrique et rétention des sédiments ; régulation du climat ; régulation de l'approvisionnement en eau douce ; régulation des inondations et soutien d'étiage
- **Services de support** : cycle de l'eau ; formation des sols ; soutien à la biodiversité,
- **Services d'approvisionnement** : production d'aliments et matériaux ; contribution aux activités de capture des poissons et crustacés d'eau douce (ouassous) ; production de ressources génétiques ; production de ressources génétiques et pharmaceutiques ;
- **Services culturels et autres** : activités récréatives (randonnée en montagne, observation de la nature, baignade, canyoning) ; valeur esthétique ; valeur éducative ; valeur scientifique ; valeur spirituelle et d'inspiration

Le présent travail porte sur les services de régulation et de support (conformément aux termes de référence du travail présentés à l'annexe 1).

3 Valeur économique des écosystèmes

La valeur économique des écosystèmes est la valeur des biens et services procurés par les écosystèmes, exprimée sous forme monétaire. Ainsi, évoquer la valeur économique des écosystèmes et de la biodiversité suppose que les écosystèmes et la biodiversité fournissent des biens ou des services. Or, il est difficile de dire si la biodiversité et les écosystèmes satisfont les conditions requises par le cadre de l'analyse économique (parmi les problèmes conceptuels que cette hypothèse pose, on retient les conditions de rareté et d'utilité d'abord, mais également les paramètres liés à l'unité physique et homogène) (Chevassus-au-Louis, 2009). Sont donc assimilés à des biens économiques les biens et services issus des écosystèmes, et indirectement de la biodiversité en tant que support de fonctionnement et de maintien de ces écosystèmes (Godard, 2005).

Si l'on considère qu'il existe une corrélation entre, d'une part, la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes et, d'autre part, la quantité et la qualité (ou même la stabilité) des biens et services procurés, alors estimer la valeur économique des biens et services écosystémiques est une approximation raisonnable de la « valeur économique des écosystèmes et de la biodiversité » pour le bien-être humain.

Cette acception entraîne donc que les efforts de conservation entrepris envers les écosystèmes et la biodiversité sont garants de la valeur des services procurés. A l'inverse, la disparition des écosystèmes et de la biodiversité engendre nécessairement la perte des biens et services écosystémiques dont ils sont le support. Selon que l'on adopte une approche positive ou négative, la notion de « valeur économique de la biodiversité et des écosystèmes » mesure donc la valeur des services rendus ou le coût de la dégradation des services.

4 Les méthodes d'évaluation économique

Trois catégories de méthodes sont utilisées pour l'évaluation économique des biens et services des écosystèmes : l'évaluation directe par le prix de marché, la préférence déclarée et la préférence révélée. Lorsque les données ne sont pas disponibles sur place ou requièrent un travail hors de portée (dans le cadre du mandat en cours), il est possible d'utiliser les données obtenues dans d'autres études et de les adapter au contexte local. Les avantages et inconvénients de chaque méthode sont détaillés à l'annexe 4.

Pour l'estimation des services écologiques des écosystèmes du PNG, les deux méthodes utilisées sont la méthode des coûts évités et la méthode des coûts de remplacement.

4.1 Méthodes des coûts évités

Avec la méthode des coûts évités, la valeur du service correspond aux coûts qui seraient engagés pour le rétablissement des services disparus. Cette méthode estime les coûts générés par la disparition du service considéré. Cette approche est particulièrement utile dans le cas de services de protection contre des phénomènes naturels extrêmes (inondation, tempêtes, etc.). Une alternative à cette approche consiste à rechercher des moyens de protection existants face à un dommage environnemental donné, et à calculer des coûts environnementaux de leur mise en œuvre. On calculera alors soit un coût de mise en place de nouvelles technologies, permettant de réduire le niveau de pollution à sa source, soit un coût d'installation d'infrastructures de protection individuelles ou collectives.

4.2 Méthode des coûts de remplacement

Le coût de remplacement d'une fonction d'un écosystème est estimé en calculant le coût de la mise en place et de fonctionnement d'un système artificiel produisant les mêmes résultats que le service considéré. La valeur du service de filtration de l'eau par les herbiers, par exemple, peut être estimée à partir du coût d'installation d'une

bande tampon naturelle ou de la construction d'une usine d'épuration de l'eau. Le coût de l'ingénierie sert ainsi de repère pour la détermination de la valeur du service.

Il faut toutefois noter que cette méthode fondée sur les coûts (au même titre que la méthode des coûts évités) tend à confondre coût et valeur. Ainsi par exemple, l'utilisation du coût d'une usine d'épuration de l'eau permet d'estimer le coût et non la valeur de la filtration de l'eau (qui est elle-même dérivée de la volonté des gens de payer pour obtenir de l'eau pure). Si cette approche permet d'accélérer les calculs, elle fournit en revanche des estimations grossières de la valeur réelle des services considérés. Une meilleure estimation de cette valeur requiert un travail d'information et d'investigation beaucoup plus poussé auprès de la population résidente. D'information, car peu de personnes ont une connaissance suffisante en écologie pour être à même d'apprécier le rôle des herbiers dans la séquestration du carbone ou dans le cycle de vie des langoustes, par exemple. D'investigation ensuite, en demandant à des personnes bien informées leur consentement à payer pour obtenir le même service que celui produit par les écosystèmes en question mais de manière artificielle. Ces deux éléments requièrent un travail soutenu que le budget disponible pour la présente étude ne pouvait couvrir.

4.3 Recours au transfert de valeurs

Certaines des valeurs des services écologiques du PNG ont été estimées grâce au transfert de bénéfices (ou transfert de valeurs). Ainsi, des valeurs sont recueillies dans la littérature pour les mêmes services que ceux étudiés, pour le même écosystème. Un ajustement à l'environnement économique du cas d'étude est effectué par pondération en fonction du PIB par habitant. Lorsque la valeur obtenue est une moyenne mondiale ou une autre région du même pays, la valeur est conservée pour le cas d'étude guadeloupéen, sans pondération par le PIB. Les références des PIB sont issues des valeurs de 2011 du *CIA World Factbook* et rapportée en euros à la valeur du dollar en 2011. Une méthode plus approfondie de transfert de bénéfices (non utilisée ici) vise dans un premier temps à évaluer la fonction de production du service considéré. Cette fonction de production est calculée en fonction de l'état de santé de l'écosystème et du niveau de production du service considéré. Ensuite, des valeurs de références obtenues pour d'autres études sont transférées au cas d'étude et pondérées selon un rapport entre la fonction de production de l'écosystème étudié et celle de l'étude de référence.

B. Caractérisation des écosystèmes du PNG et de leur état de santé

La présente partie s'attache à fournir un état des lieux des écosystèmes présents ainsi qu'une appréciation de leur état de santé. Elle s'appuie sur la littérature disponible et les évaluations des écosystèmes marins et terrestres de Guadeloupe les plus récentes. Elle est scindée en deux parties, les écosystèmes marins d'une part et les écosystèmes terrestres d'autre part. L'annexe 2 détaille les fonctions écologiques assurées par l'écosystème forestier.

1 Ecosystèmes marins

1.1 Etat des lieux

Les écosystèmes marins des zones cœur de PNG sont regroupés sur deux zones principales : le Grand Cul-de-Sac Marin (GCSM) et les îlets Pigeon. La description qui suit concerne ces deux zones cœurs.

Le lagon du GCSM a une superficie de 15 000 ha. La limite marine nord correspond au plus long récif corallien (29 km de long) des Petites Antilles. Ce récif est coupé en quatre endroits par des passes : passe de la Grande Coulée, passe à Caret, passe à Fajou et passe à Colas. Plusieurs îlets sont entourés de hauts fonds généralement couverts d'herbiers de phanérogames : îlets du Carénage, îlets de la Biche, îlet à Caret et îlet à Fajou. Entre la frontière récifale et la côte, les fonds sédimentaires sont creusés de chenaux plus ou moins envasés selon leur localisation et leur éloignement de la bande côtière. Les fonds sableux sont d'origine bioclastiques. Ce sable provient de l'érosion des fonds récifaux calcaires et de la décomposition des algues vertes calcaires (genre *Halimeda*). A mesure que l'on se rapproche des zones de mangroves, se succèdent des fonds sablo-vaseux et des fonds de boues/tourbes sédimentaires sablo-argileuses provenant de la sédimentation des particules (dépôts détritiques) des eaux terrestres qui se déversent dans le GCSM. En bordure des mangroves, les fonds sont vaseux. La partie sud, terrestre, constitue la plus large ceinture de mangrove des Petites Antilles.

Chauvaud (2005) décrit 36 « thèmes », dont 34 représentent des biocénoses marines bien identifiées. Selon cette étude, le secteur du Grand Cul-de-Sac Marin (GCSM) couvre 24 000 hectares, dont 13 500 ha ont été décrits par grande catégorie biocénotique : herbiers, communautés mixtes, communautés coralliennes, algueraias, fonds détritiques, fonds meubles, mangroves (Figure 9).

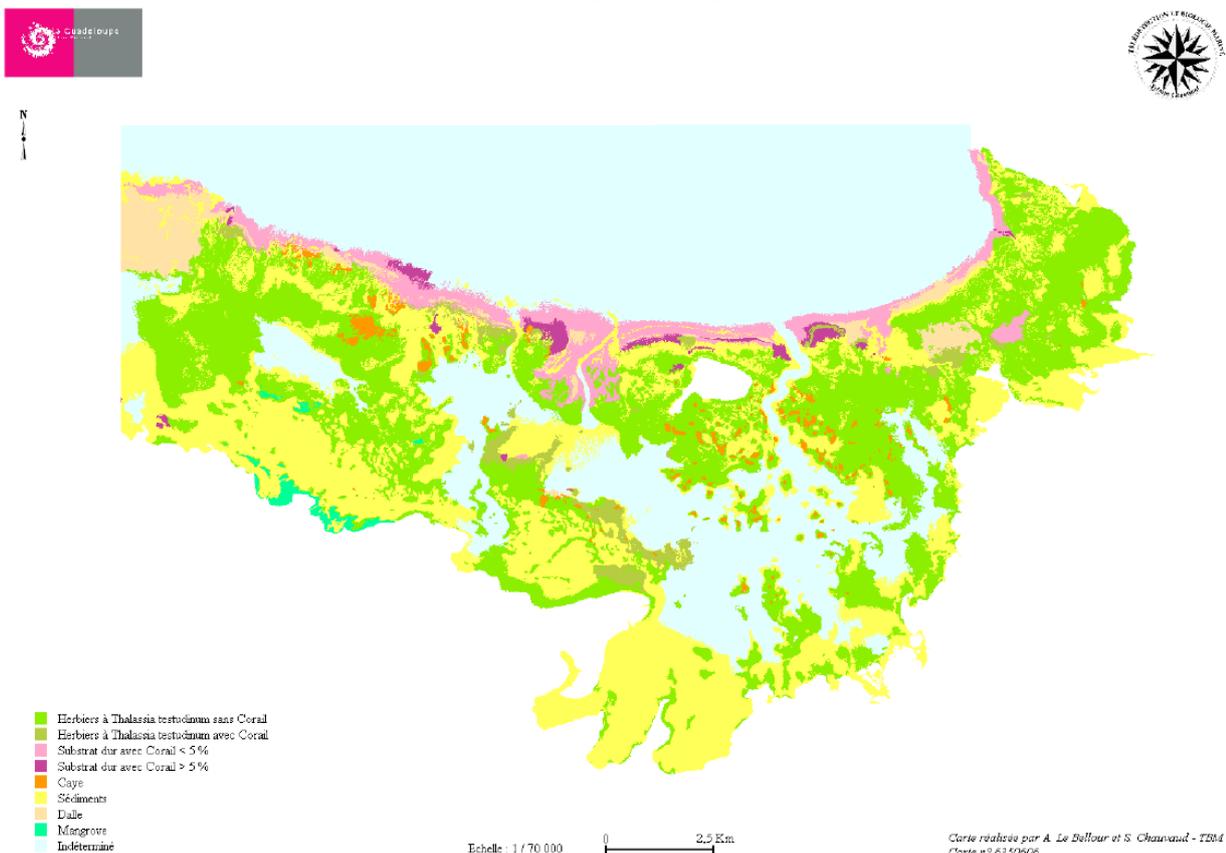


Figure 9: Carte simplifiée des biocénoses marines du GCSM (PNG, 2008)

Tableau 2 : Correspondance entre les données Chauvaud (2005) et le regroupement par grandes catégories biocénotiques.

Biocénose / substrats	ha	Total par regroupement (ha)
Herbier à Thalassia sur sable 1-25 %	187,5	5320
Herbier à Thalassia sur sable 26-50 %	651,1	
Herbier à Thalassia sur sable 51-75 %	1617,6	
Herbier à Thalassia sur sable 76-100 %	832,8	
Herbier à Thalassia sur sable fin envasé 1-25 %	60,6	
Herbier à Thalassia sur sable fin envasé 26-50 %	76,5	
Herbier à Thalassia sur sable fin envasé 51-75 %	527,1	
Herbier à Thalassia sur sable fin envasé 76-100 %	584,3	
Herbier à Thalassia sur vase 25-50 %	115,1	
Herbier à Thalassia sur vase 51-75 %	233,7	
Herbier à Thalassia sur vase 75-100 %	418,4	
Herbier mixte sur sable	10,2	
Mosaïque d'herbier à Thalassia sur sédiments, algues brunes ou vertes	5,2	
	Herbiers	
Mosaïque d'herbier et de corail	279,7	358
Mosaïque d'herbier à Thalassia sur sable, de corail vivant et algues brunes ou vertes	62,7	
Mosaïque de sable, herbier à Thalassia, algues, Corail vivant - Corail mort et dalle nue	15,5	
	Communautés mixtes	358
Dalle couverture Corail vivant < 5 %	338	1301
Dalle couverture Corail vivant > 5 %	60,2	
Corail mort - Corail vivant < 5 %	89,4	
Corail mort - Corail vivant > 5 %	54,3	
Corail vivant sur sable	59,5	
Mosaïque de dalle, corail vivant-corail mort < 5 %	457,6	
Cayes	241,7	
	Communautés coralliennes	1301
Algues brunes sur dalle ou corail mort	497,3	540
Algues sur sédiments	42,8	
	Algueraies	540
Corail mort	0,5	142
Débris coralliens	43,9	
Dalle	97,9	
	Fonds détritiques	142
Sable sur dalle	131,2	5637
Bloc de roche sur sable	23,4	
Sable	1378,5	
Sable fin envasé	797,5	
Vase nue	3306,7	
	Fonds meubles	
Mangroves	92,7	93
	Mangroves	93
Total	13391,1	13391

Les conditions océanographiques et morphologiques passées ont favorisé le développement des trois biocénoses marines précitées. Les récifs coralliens (communautés coralliennes) couvrent 1301 ha, les herbiers de phanérogames marines 5320 ha et la mangrove 93 ha (selon le tableau de Chauvaud, 2005 – et après agrégation des classes selon le tableau 1). L'étude de Mège et Delloue (2007) donne 3796 ha de biocénoses récifales, 5550 ha d'herbiers et 2325 ha de mangroves. Le rapport CAREX (2003) ne donne pas de surface de couverture pour les biocénoses cartographiées dans le GCSM mais a permis de produire une cartographie des biocénoses (figure suivante).

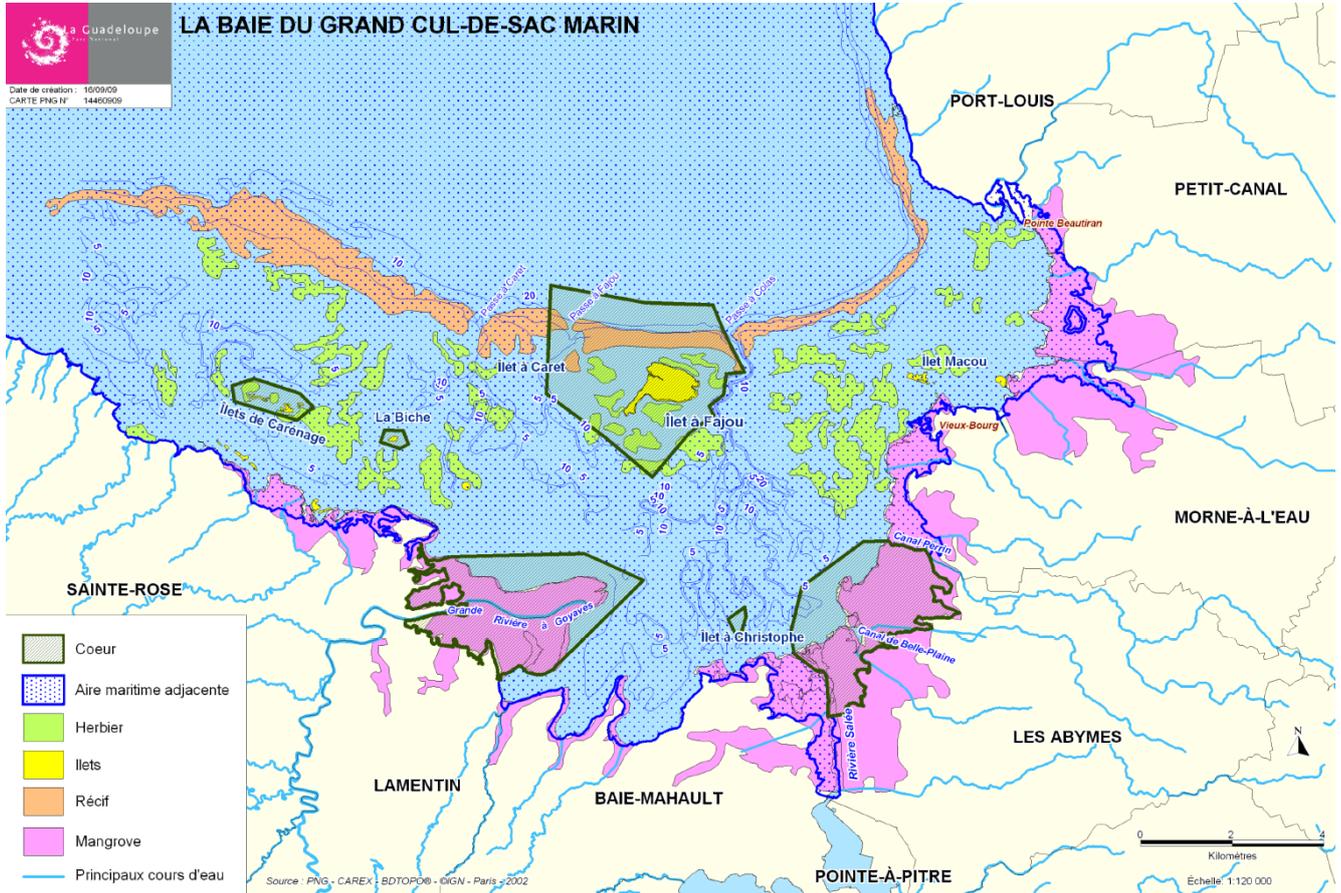


Figure 10: Cartographie des biocénoses marines et de mangrove dans la baie du Grand Cul-de-Sac marin (CAREX, 2003)

S'appuyant sur les données fournies par ces études, les surfaces actuelles des écosystèmes marins dans la zone cœur de Parc du GCSM ont été estimées (figure suivante). Elles sont d'environ 280 ha pour les récifs, 870 ha pour les herbiers et 14 ha pour les mangroves (surface de mangrove en zone marine, largement sous-estimée) (Tableau suivant).

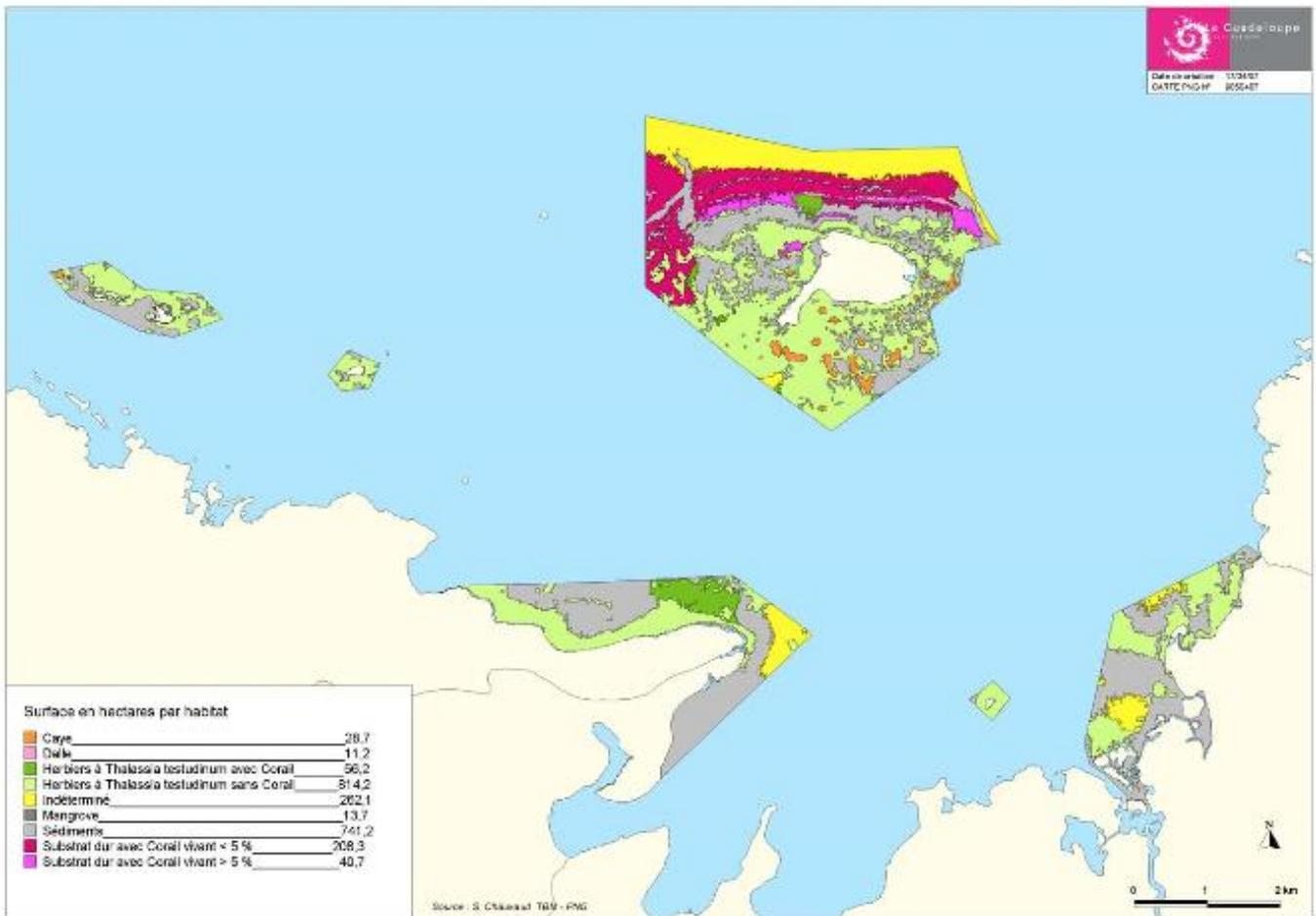


Figure 11: Cartographie des biocénoses marines côtières des zones de réserves naturelles du Grand Cul-de-Sac Marin (Mège et Delloue 2007).

Les îlets Pigeon, d'origine volcanique, comprennent deux îlots dont la superficie totale est d'environ 8 ha. La partie marine a été classée en ZNIEFF de type 1 (inventaire 1997, DIREN). L'espace classé en cœur de parc national comprend la partie terrestre (domaine public de l'état et forêt domaniale du littoral) des deux îlets Pigeon et un espace marin périphérique et côtier (entre la Pointe Mahault au nord et la Pointe à Lézard au sud) de 981 hectares sur la commune de Bouillante. Il englobe la zone au sein de laquelle la pêche est réglementée par un arrêté préfectoral (arrêté n° 2002-1249/PREF/SGAR. MAP).

Tableau 3 : Répartition des superficies de couverture des fonds marins du GCSM et des zones de Réserve naturelle (en ha) pour les récifs coralliens et écosystèmes associés (données 2005).

Types d'écosystème	GCSM (en ha)	Réserve Naturelle (en ha)
Zones coralliennes	1301	280
Communautés mixtes	358	-
Herbiers de phanérogames	5320	870
Algueraies	540	-
Mangroves (en zone marine)	93	14
Fonds meubles (sableux, sablo-vaseux, vaseux)	5637	-
Fonds détritiques	142	-
Total	13391	1164

Le suivi des îlets Pigeon est réalisé par l'UAG/Dynecar. Une étude conduite en 2010 a consisté à cartographier de façon très précise, à l'aide de transects vidéo, la zone de réserve entourant les îlets pigeon et de caractériser précisément les communautés benthiques de ce secteur. Les données étant en cours de traitement, il n'a pas été possible de les obtenir pour le présent travail. En l'absence de données sur les biocénoses des îlets Pigeon, une estimation des surfaces a été réalisée, d'après la cartographie des

biocénoses marines faite par le PNG (figure suivante). Les surfaces estimées sont de 170 hectares de fonds coralliens et 300 hectares de communautés algales et herbiers.

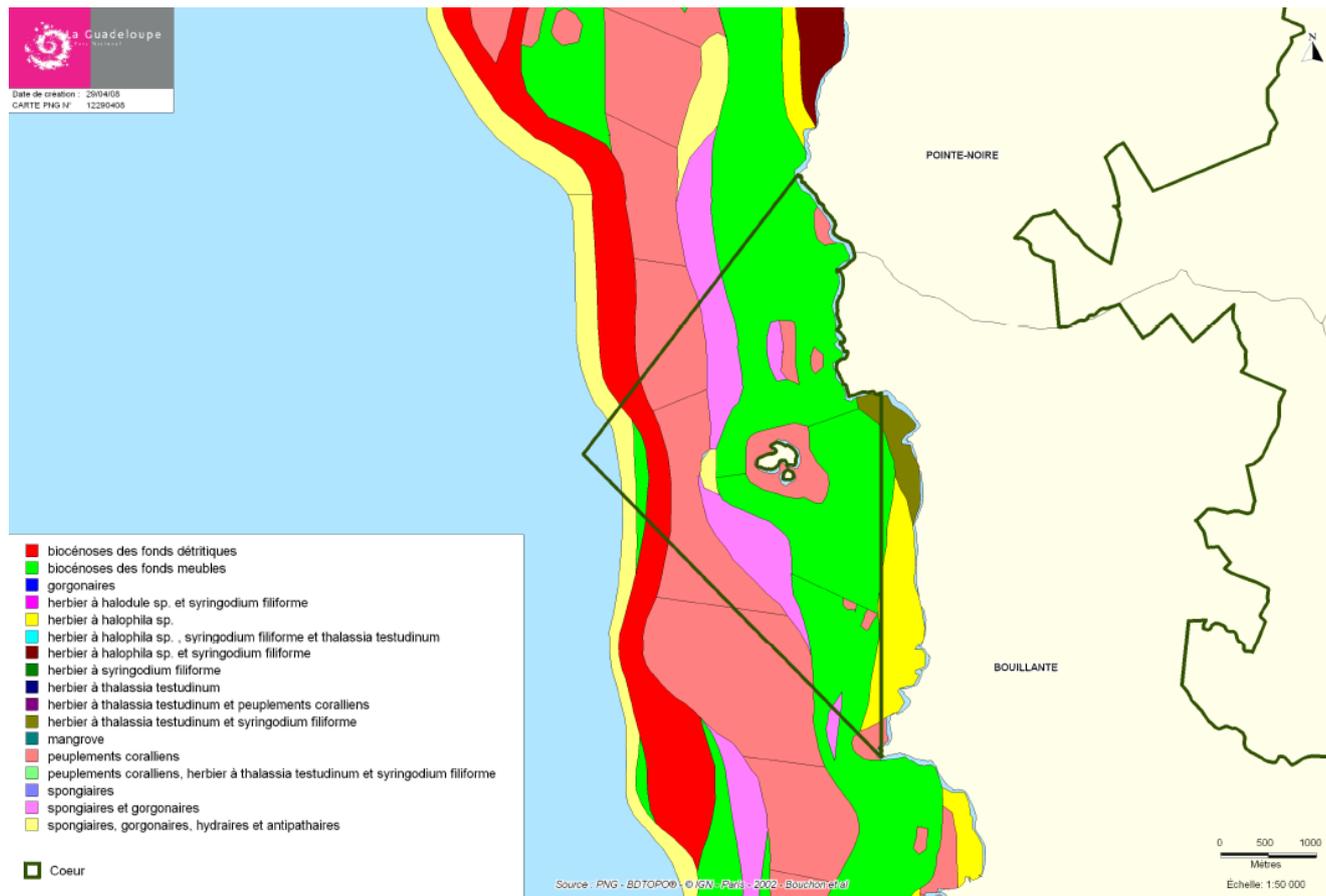
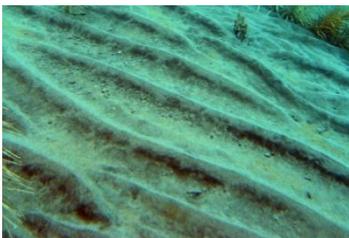


Figure 12: Cartographie des biocénoses marines des îlets Pigeon (PNG, 2008)

Les principales biocénoses retenues ici sont les communautés coralliennes ; les herbiers ; les algues ; les mangroves ; et les communautés mixtes (tableau suivant).

Tableau 4 : Types de biocénoses typiques du littoral sous-marin, entre 0 et 50m de profondeur

Biocénoses	Description	
Communauté corallienne	La couverture corallienne est dominante sur substrat dur corallien ou rocheux. Elle correspond souvent à une association de coraux, éponges et gorgones	
Herbier de phanérogames marines	Association plus ou moins dense de phanérogames marines	
Communauté mixte	Peuplements de coraux, éponges, gorgones formant des massifs coralliens en association avec des herbiers de phanérogames marines ou des algues vertes calcaires	
Communauté algale	Association d'algues sur substrats variables	
Communauté de fonds meubles nus	Association clairsemée d'algues, de phanérogames et d'invertébrés sur les dépressions de sables détritiques appelées aussi fonds blancs	

Crédit photo : © OMMM

La description qui suit vise à présenter dans le détail les différentes communautés à l'étude pour les services écologiques en : i) communautés coralliennes ; ii) herbiers de phanérogames et communautés algales ; et iii) mangroves.

1.1.1 Récif corallien et communautés coralliennes

Les récifs coralliens ont une morphologie complexe avec trois zones principales : les cayes, la pente externe et la zone lagonaire en arrière du récif. Les cayes sont des formations bioconstruites sub-affleurantes soumises aux houles du large et localisées à la limite externe des zones de récifs. Ces formations remplissent une fonction essentielle de protection contre les houles et permettent aux communautés de types herbiers et mangroves de se développer dans des environnements calmes. Du côté exposé, les communautés algales, spongiaires et gorgones se développent sur un substrat formé de corail mort et d'algues calcaires encroûtantes. La pente externe récifale est la zone de plus forte biodiversité. La pente externe du récif est une zone soumise à un hydrodynamisme important et constitue généralement la zone la plus riche de l'écosystème récifal. La pente apparaît comme faiblement inclinée vers le large et disparaît sous une plaine sédimentaire vers 30-35 m. La zone lagonaire est généralement composée de communautés mixtes associant herbiers et formations coralliennes en patch se développant dans des secteurs où les fortes conditions hydrologiques sont limitées.

Selon les données de Chauvaud (2005), les communautés coralliennes du GCSM représentent 1301 ha de l'ensemble de ses fonds marins, avec cependant une grande variabilité dans les taux de couverture des organismes composant les communautés coralliennes. Ces données évaluées à grande échelle ne donnent pas un niveau de précision suffisant et comparable aux suivis de type GCRMN réalisés en plongée sous-marine, mais centrés sur quelques stations seulement. Toutefois, les données issues des protocoles de suivi reflètent l'état d'une portion homogène d'un récif et peuvent être utilisées dans le cadre d'une évaluation globale, dans la mesure où ces données renvoient une image de l'évolution générale des écosystèmes dans la région caraïbe.

Les fonds rocheux des îlets Pigeon sont couverts de communautés coralliennes abritant une biodiversité importante avec un taux de recouvrement important, bien que celui-ci ait chuté de 46% en 1995 à 26% en 1999 (Bouchon et al., 2002) aggravé en 2005 par une mortalité importante consécutive au phénomène de blanchissement. La bordure du littoral a une biodiversité plus faible (*Milleporaalcicornis*, *Aplysinafistularis*, quelques coraux) mais constitue une zone préférentielle de recrutement pour les juvéniles de poissons récifaux. Ces écosystèmes sont très fréquentés : le nombre de plongées sur les îlets a été estimé en 2007 à 100 000.

1.1.2 Herbiers de phanérogames et communautés algales

Six espèces de phanérogames marines sont présentes dans les petites Antilles, réparties en deux familles. Les Hydrocharitacées dont *Thalassiatestudinum*, *Halophiladecipiens* et *Halophilastipulacea*, qui sont des phanérogames de type monocotylédones, aquatiques, flottantes ou submergées et les Potamogetonacées (monocotylédones, plantes herbacées aquatiques pérennes) dont *Syringodium filiforme*, *Halodulewrightii* et *Halodulebeaudettei* (Laborel-Deguen, 1984). Les trois principales espèces sont : *Thalassia testudinum* Banks ex König, *Syringodium filiforme* Kütz et *Halophila stipulacea* (plante envahissante).

Selon la densité et la composition des herbiers, plusieurs catégories peuvent être identifiées : i) Herbiers denses qui correspondent à de grandes étendues d'herbier à *T. testudinum* et/ou *S. filiforme* avec des densités de plusieurs milliers de plants par m² ; ii) les herbiers de phanérogames marines clairsemés ou en patch qui sont soit des étendues d'herbiers dont les plants sont espacés, soit des tâches d'herbiers denses dispersées sur le fond sédimentaire.

Les herbiers du GCSM ont été inventoriés en fonction de leur densité par Chauvaud (2005). Quatre classes ont été retenues : de 1 à 25 % de couverture, de 26 à 50 %, de 51 à 75 % et de 76 à 100 %. Les herbiers denses à très denses sont les plus représentés (80 %). Des valeurs de densités de plants par m² (Herbiers à *Thalassiatestudinum*) sont données dans les études de Lacas (2010), Mège et Delloue (2007) et Chauvaud (2005). Ces données sont synthétisées au tableau suivant.

Tableau 5 : Synthèse des données de suivis des stations herbier localisées dans le GCSM pour les densités d'herbiers, lambis et oursins.

Herbiers	Densité (plants.m ²)		Biomasse (g.m ²)	
	Fajou	Pointe Lambis	Fajou	Pointe Lambis
Lacas 2010	1071,5	486,5	1175	1200,5
Mège et Delloue 2007	530	-		
Chauvaud 2005	2150	-		
Lagouy 2001	1075			
PARETO 2010	1625			
Lambis (<i>S. gigas</i>)	Densité (ind.100m²)			
PARETO 2010	3,5 +- 4			

PARETO 2009	0,07 +- 0,14		
PARETO 2008	0,31 +- 0,39		
PARETO 2007	14		
PARETO 2008	21		
Mège et Delloue 2007	0,01		
Oursins (<i>T. ventricosus</i>)			
Mège et Delloue 2007	0,05		

Les herbiers de phanérogames abritent des ressources marines variées, leur conférant un intérêt majeur tant au niveau écologique qu'économique (Turner et Schwarz, 2006). Les prairies de phanérogames, par le biais de la photosynthèse, assurent une bonne oxygénation de la masse d'eau, leurs racines piègent les particules et stabilisent le substrat sableux sur lequel elles se développent. Le réseau de racines et de rhizomes fixe les sédiments en constituant des mattes compactes. Les feuilles denses, notamment pour les herbiers à *Thalassia*, offrent un habitat à de nombreux organismes au stade adulte et/ou juvénile, tels des poissons, des crustacés, des échinodermes ou des mollusques. Ce sont des lieux de frai et de nurserie propices car le risque de prédation est limité dans les amas de feuilles (Duffy, 2006). Ces fonctions deviennent moins efficaces dans les herbiers clairsemés.



Figure 13: a) herbier mixte à dominance *T. testudinum*, b) matte d'herbier montrant les racines dans le sédiment sableux, c) herbier à *S. filiforme*. Crédit photo : © OMMM.

Les phanérogames constituent également une source de nourriture pour beaucoup d'animaux qui consomment la plante de manière directe ou indirecte. La décomposition des feuilles procure une ressource alimentaire aux détritivores (vers, holothuries, crabes et filtreurs).

D'un point de vue écologique, les prairies de phanérogames assurent une oxygénation importante de la masse d'eau, nécessaire à l'écosystème. Par ailleurs, la matte de racines piège les particules sédimentaires et participe à la filtration de l'eau. Ces prairies sont un abri pour de nombreux organismes au stade adulte et/ou juvénile (poissons, crustacés, échinodermes, mollusques). Ce sont des lieux de frai et de nurserie propices. Le risque de prédation est limité par un camouflage dans les amas de feuilles (Duffy, 2006). Les phanérogames constituent également une source de nourriture pour beaucoup d'animaux, qui consomment directement la plante ou seulement l'épiflore et l'épifaune qu'elle supporte. Lors de leur décomposition, les herbiers alimentent les détritivores (vers, holothuries, crabes). Globalement, ils réduisent les apports sédimentaires vers les récifs. Ainsi tout comme les mangroves, les herbiers contribuent à protéger les fonds coralliens de l'hyper-sédimentation (Bouchon et al., 1990). Ils limitent ainsi les apports sédimentaires terrigènes vers les récifs coralliens.

Les communautés algales ont fortement colonisés les substrats submergés et diffèrent selon leur localisation géographique. Sur les récifs exposés, les algues calcaires, essentiellement le genre *Halimeda*, et les algues du genre *Sargassum* prédominent, bien qu'une crête d'algues calcaires encroûtantes constitue la majeure partie des récifs actuels. Le nombre d'espèces d'algues recensées dans le Grand Cul-de-Sac Marin a été estimé à 87 espèces (Mège et Anselme, 1997). Le groupe le plus représenté est celui des algues rouges (28 genres et 46 espèces) avec notamment de nombreuses espèces de *Galaxaura*, *Jania*, *Amphiroa* et d'algues coralliennes encroûtantes. Les algues vertes sont également bien représentées dans le Grand Cul-de-Sac Marin (18 genres, 34 espèces), avec en particulier *Halimeda* spp., *Penicillus* spp., *Caulerpa* spp., *Avrainvillea* spp. et *Udotea* spp. Les algues brunes les plus souvent observées sont *Dictyota* spp., *Padina* spp. et *Sargassum* spp. Des cyanobactéries ont également été rencontrées tapissant des fonds de sable sur le bas de la pente externe inférieure. Les algues sont quasiment omniprésentes sur l'ensemble du Grand Cul-de-Sac Marin : associées aux herbiers de phanérogames, recouvrant les structures coralliennes mortes, tapissant certaines zones de dalle ou des bancs de sable nu.

Sur les îlets Pigeon, des herbiers à *Halophiladecipiens*, *Halodulewrightii*, *Syringodium filiforme* et *Thalassia testudinum* caractérisent les herbiers développés sur les fonds sédimentaires en Côte Sous-le-Vent (Bouchon-Navaro et Bouchon, 1999).

1.1.3 Mangroves

Les étendues de zones humides littorales de la Guadeloupe sont localisées dans les régions basses du littoral. Elles occupent près de 8 000 ha principalement au niveau du GCSM. Cette surface regroupe :

- la mangrove de bord de mer à *Rhizophora mangle* désigne des formations végétales composées essentiellement de palétuviers et d'arbustes de taille plus réduite, les *Avicennia*. Ces arbres ont la particularité de se développer en milieu saumâtre et dans la zone intertidale. On retrouve ces mangroves dans la zone cœur de parc du GCSMM mais pas dans les îlets Pigeon.
- la forêt marécageuse est une formation forestière marécageuse de plaine qui fait suite à la mangrove. La végétation y est beaucoup plus diversifiée, mais la strate arborescente est dominée par une seule espèce : le *Pterocarpus officinalis* ou mangle médaille; et
- les formations herbacées inondables (marais à fougères dorées, marais à cypéracées, prairies humides...) sont généralement enclavées au sein des zones boisées ou situées dans les parties périphériques. Dans ces formations herbacées sont associés: les marais saumâtres à *Cladium* et *Aerostichum*, les marais d'eaux douces et les prairies humides pâturées.

La mangrove est constituée de deux zones : la zone à *Rhizophora mangle* (appelé localement mangle rouge), située sur la bordure des canaux ou du lagon, et la zone à *Avicennia* (bois de mèche) plus en retrait dans les terres. On trouve parfois des mangles blancs (*Laguncularia racemosa*) pouvant former une troisième zone (beaucoup moins importante en surface) et une transition avec les marais à Cypéracées (*Cladium mariscus*) (Toffart, 1980) (Figure 14).

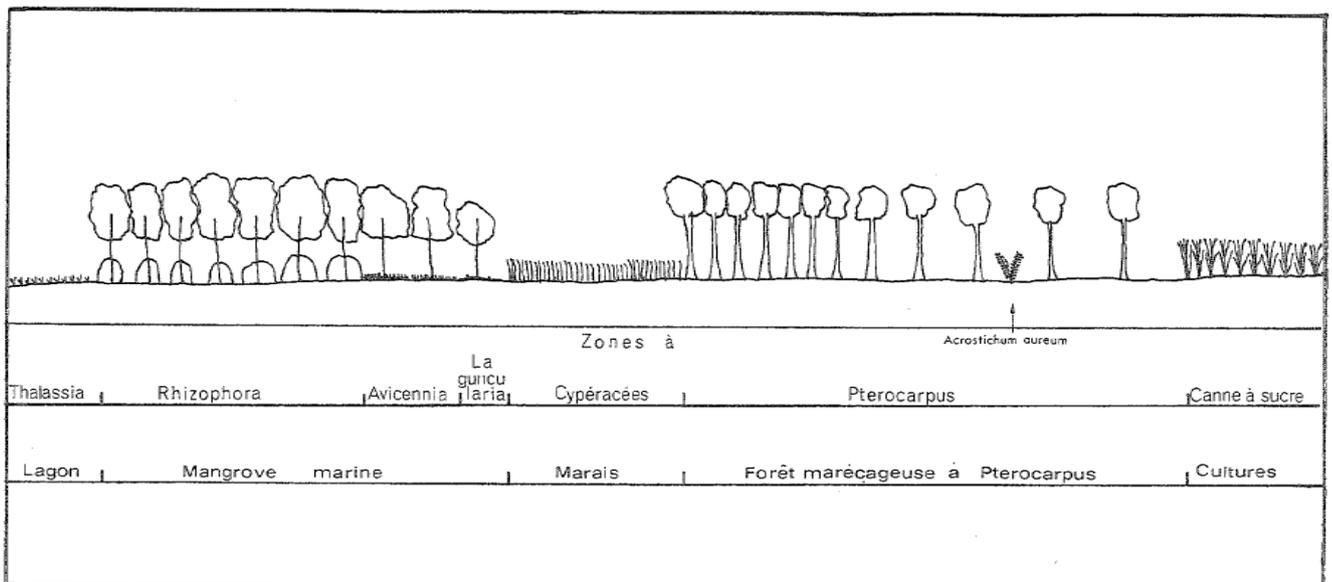


Figure 14 : Schéma d'un profil type de la mangrove de GCSM (Toffart, 1980)

Les fonctions écologiques des mangroves sont très importantes pour le maintien des conditions physiques, biologiques et écologiques du littoral. L'essentiel des fonctions écologiques est concentré dans la zone intertidale à *Rhizophora*. Les mangroves forment une barrière naturelle le long des côtes et fournissent ainsi une protection du rivage. Elles ont également une importante fonction de barrière physique contre les influences des marées et de l'océan. En outre, elles ont une forte capacité d'absorption des polluants (métaux lourds, substances toxiques), des matières organiques et des matières minérales en suspension. Les systèmes racinaires de la mangrove ralentissent le flux de l'eau, facilitant ainsi le dépôt des sédiments. Les éléments polluants se déposent dans les sédiments ou sont incorporés dans la structure des argiles sédimentaires. Des processus de transformation chimique et biologique transforment, stockent ces substances dans les sédiments et dans les plantes. Elles jouent ainsi un rôle fondamental de filtre qui réduit la contamination ou la turbidité des eaux plus profondes. Egalement, un rôle important de séquestration de carbone a été mis en évidence (Wells *et al.* 2006), qui a entraîné des campagnes de reforestation soutenues par des entreprises privées dans le cadre du mécanisme de compensation volontaire des émissions de carbone (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation, REDD+*). Lieux privilégiés de développement, de nombreuses formes larvaires et juvéniles, les mangroves constituent enfin les niches écologiques de nombreuses espèces animales (crustacés, mollusques, poissons, éponges...) et végétales (épiphytes).



Figure 15: illustration de mangroves a) palétuviers et b) racines échasses, c) éponges et algues, d) huitres de palétuviers, e) épifaune sur racine de palétuvier et f) éponge

1.2 Etat de santé

Cette partie décrit les menaces qui pèsent sur les différentes biocénoses marines et leur état de santé. Les écosystèmes marins sont soumis à des pressions d'origine naturelle : cyclones, mortalité massive des oursins diadème, maladies des coraux, blanchissement des coraux, mortalité des poissons, prolifération des algues, etc. Mais les écosystèmes marins sont également menacés par les activités humaines : pollution urbaine, sédimentation d'origine terrigène, remblais et déblais, surexploitation des ressources marines, impact du développement explosif de la plongée touristique.

1.2.1 Récif corallien et communautés coralliennes

Les données de suivis réalisés par l'UAG jusqu'en 2006 montrent une évolution négative de la couverture corallienne, accélérée par l'évènement majeur de blanchissement des coraux de l'année 2005 (Bouchon et al. 2006).

Plusieurs stations ont été suivies régulièrement (pente externe récifale de l'îlet Fajou, platier récifal de l'îlet Fajou, passe à Colas, Port-Louis, Ilets Pigeon) par l'équipe Dynecar de l'UAG jusqu'en 2006. Le suivi de l'état des récifs coralliens a ensuite été confié au bureau d'études PARETO en 2007. Une seule station est alors suivie dans le GCSM (pente externe Ilet Fajou). L'annexe 3 fournit le détail des résultats des prélèvements par station.

Seules les données de l'UAG-DYNECAR permettent de disposer d'une vue d'ensemble de l'état des communautés sur l'ensemble du territoire. Les données des années 2007 à 2010 permettent de fournir une

tendance évolutive et d'émettre des hypothèses sur la trajectoire écologique des communautés benthiques suivies (tableau suivant).

Tableau 6 : Synthèse des données de suivis des stations localisées dans le GCSM et îlets Pigeon pour les trois catégories benthiques principales prises en compte dans la caractérisation rapide de l'état des écosystèmes (données 2006 UAG et 2010 PARETO)

Stations	% Corail	% Macroalgues	% Turf	Obs	Année
pente externe récifale de l'îlet Fajou	20	35	35	UAG	2006
pente externe récifale de l'îlet Fajou	13	64		PARETO	2010
platier récifal de l'îlet Fajou	15	3	80	UAG	2006
passé à Colas	22	37	31	UAG	2006
Port-Louis	12	20	51	UAG	2006
Îlets Pigeon	18	30	45	UAG	2006
Taux de couverture moyen (%) données UAG uniquement	17,4	24,4	48,4		

Les peuplements de poissons ont fait également l'objet de suivis temporels depuis 2002 sur les stations précédentes. Les données concernent les espèces présentes (richesse spécifique), leur abondance et la taille des individus observés. Les données sont traitées par familles et groupes trophiques et des valeurs de biomasse sont déduites des relations tailles/poids et densités, par espèce.

Les données de synthèse de Bouchon et al. (2006) pour leur 5 sites de suivis donnent une biomasse moyenne en poissons plus élevée dans les secteurs protégés (îlet Pigeon : 1256 kg.ha⁻¹ et passé à Colas : 1004 kg.ha⁻¹). Les données obtenues sur le site localisé sur la pente externe de la barrière de Fajou, zone également en réserve, sont de 802 kg.ha⁻¹ et se rapprochent des valeurs observées à Port-Louis (865 kg.ha⁻¹). Les valeurs de biomasse relevées dans les zones peu profondes du platier de l'îlet Fajou sont relativement faibles (793 kg.ha⁻¹).

Tableau 7 : Synthèse des données de suivis des stations localisées dans le GCSM pour les trois catégories benthiques principales prises en compte dans la caractérisation rapide de l'état des écosystèmes (données 2006 UAG et 2010 PARETO)

Stations de suivi	Valeurs de biomasse (kg.ha ⁻¹)	
Îlet Pigeon	1256	2006 – UAG
Passé à Colas	1004	2006 – UAG
Pente externe îlet Fajou	802	2006 – UAG
	809	2010 - PARETO
Port-Louis	865	2006 – UAG
Platier Îlet Fajou	793	2006 – UAG

Bouchon et al (2006) considèrent que les peuplements de poissons sur les sites étudiés ont été stables entre 2002 et 2006 et aucune tendance évolutive croissante ou décroissante significative n'a été mise en évidence sur les données de richesse spécifique, des effectifs et de la biomasse. Les fluctuations mises en évidence sur les données de biomasse sont imputables aux saisons de recrutement et ne révèlent pas de changement significatif dans la structure des peuplements.

Les données sont toutefois à analyser avec prudence dans le cadre de cette étude, étant donné la grande variabilité des espèces prises en compte dans les relevés. En effet, plusieurs espèces contribuant de façon significative aux valeurs calculées, à la fois pour les densités et pour les biomasses, n'ont aucun intérêt commercial et ne devraient pas être prises en compte dans le calcul de la production de biomasse potentiellement exploitable dans le périmètre des réserves. Toutefois, les données à disposition ne permettent pas d'extraire ces espèces des comptages et de recalculer des valeurs plus ciblées sur des espèces potentiellement intéressantes pour la pêche côtière.

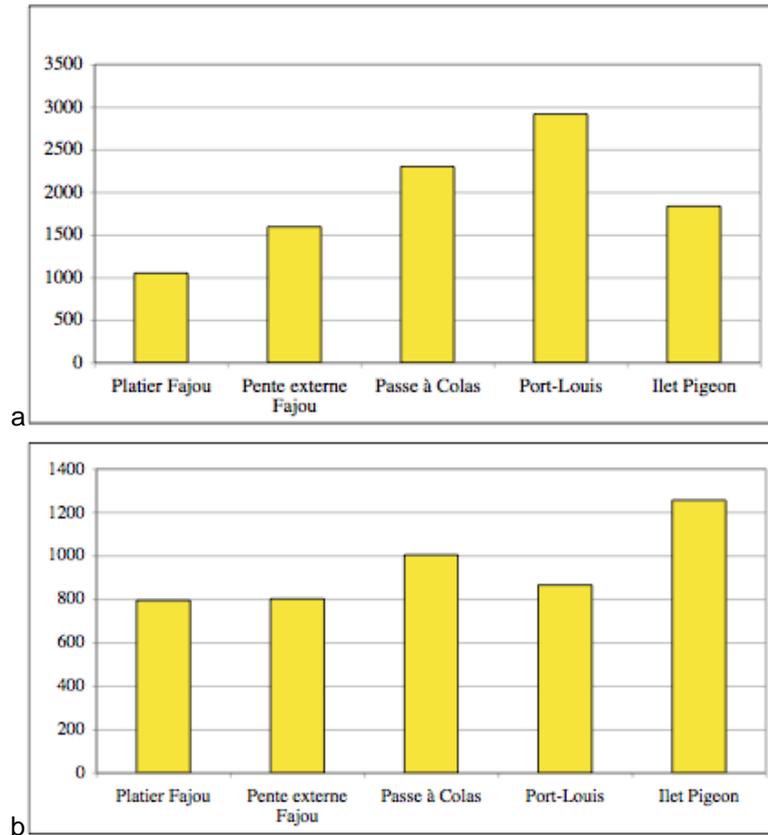


Figure 16 : a) Valeurs de densité en nb individus/600m² et b) valeurs de biomasse en kg/ha pour les 5 stations de suivi du GCSM et des îlets Pigeon. Les données sont issues de la combinaison des 6 années de suivi. (Données de Bouchon et al., 2006).

Finalement, la caractérisation de l'état de santé des récifs coralliens et communautés coralliennes est un exercice difficile car aucune donnée de classification des écosystèmes marins côtiers selon les échelles d'état de santé n'est disponible dans la littérature. Toutefois, au regard de la trajectoire des communautés sur l'ensemble des sites faisant l'objet de suivis annuels ou pluriannuels, nous pouvons classer les sites dans un état moyennement dégradé pour le platier de l'îlet Fajou, Port-Louis et les îlets Pigeon et dans un bon état de santé pour la passe Colas et la pente externe de l'îlet Fajou. Considérant les quatre valeurs des sites étudiés dans le GCSM, l'état de santé global des zones cœurs de Parc peut être évalué à 2.5, qui correspondent à un stade intermédiaire entre bon état de santé et moyennement dégradé.

1.2.2 Herbiers de phanérogames

Les herbiers subissent les effets des tempêtes, cyclones et fortes précipitations. Les herbiers sont également exposés aux pollutions d'origines diverses (agricoles, industrielles, urbaines, marines, etc.). Un des facteurs les plus impactant est l'hypersédimentation et la turbidité de l'eau.



Figure 17: Herbier de phanérogames (*Thalassia testudinum*) en bon état de santé (a), dégradé (b) et très dégradé (c). Crédit photo : © OMMM

Les herbiers subissent les mêmes pressions anthropiques que les récifs coralliens. Un des facteurs limitant du développement des herbiers, notamment en profondeur, est l'hyper-sédimentation, et les actions mécaniques des ancrs et chaînes de bateaux qui arrachent les pieds de phanérogames. Dans les secteurs fortement eutrophisés, les macro-algues se développent rapidement sur les feuilles des phanérogames, limitant également leur croissance.

Les activités nautiques, en particulier la plaisance, ont un impact sur les fonds d'herbiers, notamment les ancrages et chaînes de bateaux qui arrachent les plants de phanérogames.

En se basant sur les données de Chauvaud (2005), la répartition en état de santé est donnée par le tableau suivant (Tableau 8). Toutefois, ces données reflètent des états de santé en 2005 et ne décrivent sans doute pas la réalité en 2012. Il en ressort pourtant qu'environ 70% des herbiers du GCSM sont en bon état de santé (Tableau 9).

Tableau 8 : Evaluation des états de santé des herbiers selon les données Chauvaud (2005) basés sur la densité des peuplements et le niveau d'envasement du substrat.

Densité	1 à 25 %			26 à 50 %			51 à 75 %			76 à 100 %			Total
Nature du fond	Sable	Sable fin envasé	vase	Sable	Sable fin envasé	vase	Sable	Sable fin envasé	vase	Sable	Sable fin envasé	vase	
Ha	187,5	60,6	-	651,1	76,5	115,1	1617,6	527,1	233,7	832,8	584,3	418,4	5304,7
Etat de santé	3	4	-	2	3	4	2	3	3	1	2	3	
%	3,5	1,1		12,3	1,4	2,2	30,5	9,9	4,4	15,7	11	7,9	100

N.B. : état de santé 1 : herbiers en excellente santé ; état de santé 2 : herbiers en bonne santé ; état de santé 3 : herbiers moyennement dégradés ; et état de santé 4 : herbiers très dégradés

Tableau 9 : Synthèse de la répartition des surfaces par état de santé selon les données de Chauvaud (2005)

Etat de santé	ha	%
Herbier en excellente santé	832,8	15,7 %
Herbier en bonne santé	2853	53,8 %
Herbier moyennement dégradé	1443,2	27,2 %
Herbier très dégradé	175,7	3,3 %

Une étude réalisée par l'équipe Dynecar-UAG et le *Mote Marine Laboratory* (Floride) sur le niveau de contamination des herbiers (et sédiments) par les contaminants organiques, pesticides, métaux lourds et hydrocarbures (HAP) à plusieurs sites dans le GCSM indique que les herbiers de la baie sont plutôt sains. Des contaminations ponctuelles sont détectées dans les herbiers littoraux. Les figures suivantes illustrent la distribution des contaminants dans les sédiments des herbiers de la baie et dans les phanérogames marines.

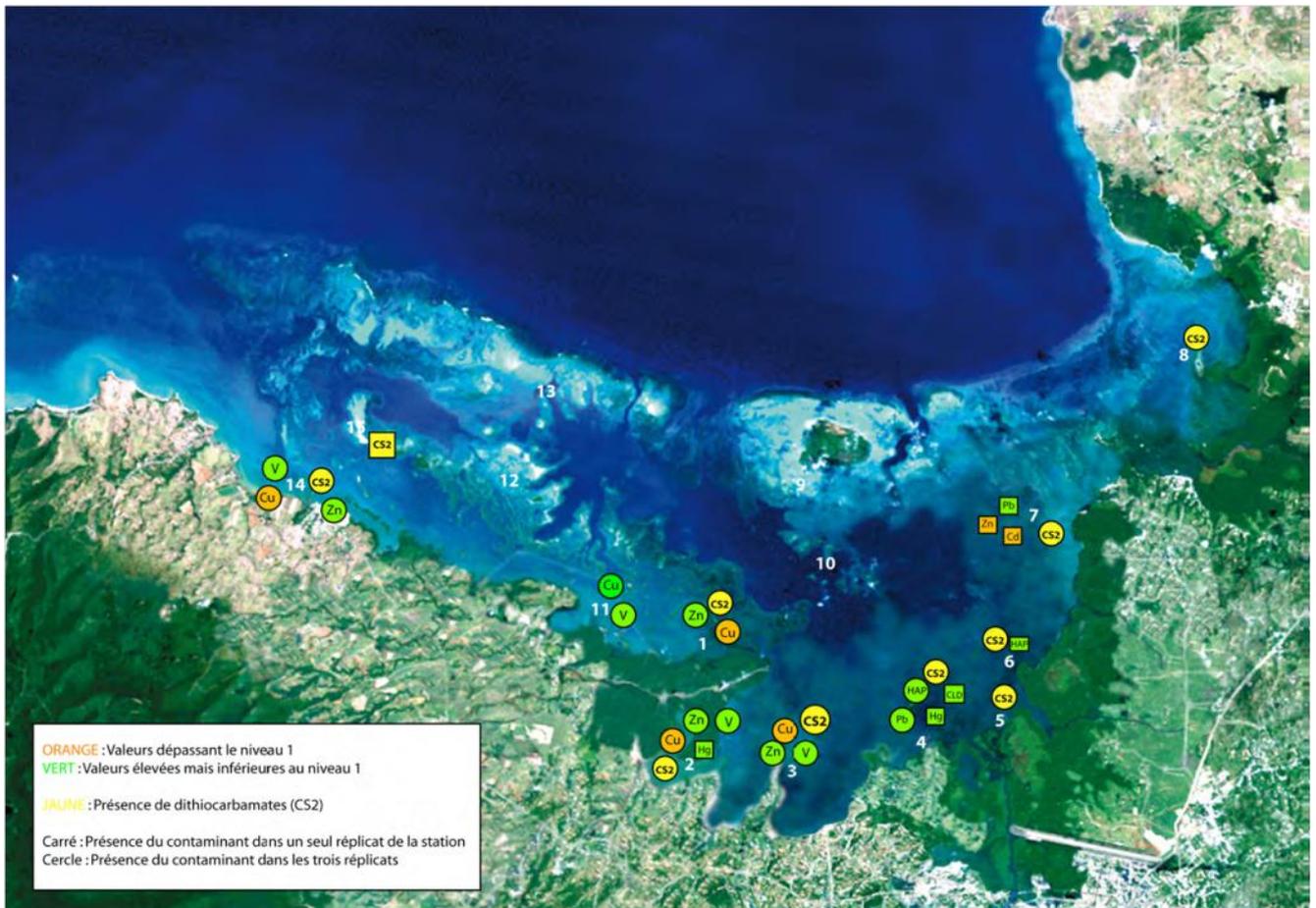


Figure 18 : Distribution des principaux contaminants dans les sédiments des herbiers du Grand Cul-de-Sac Marin (photo LANDSAT) (Bouchon et al., 2010).

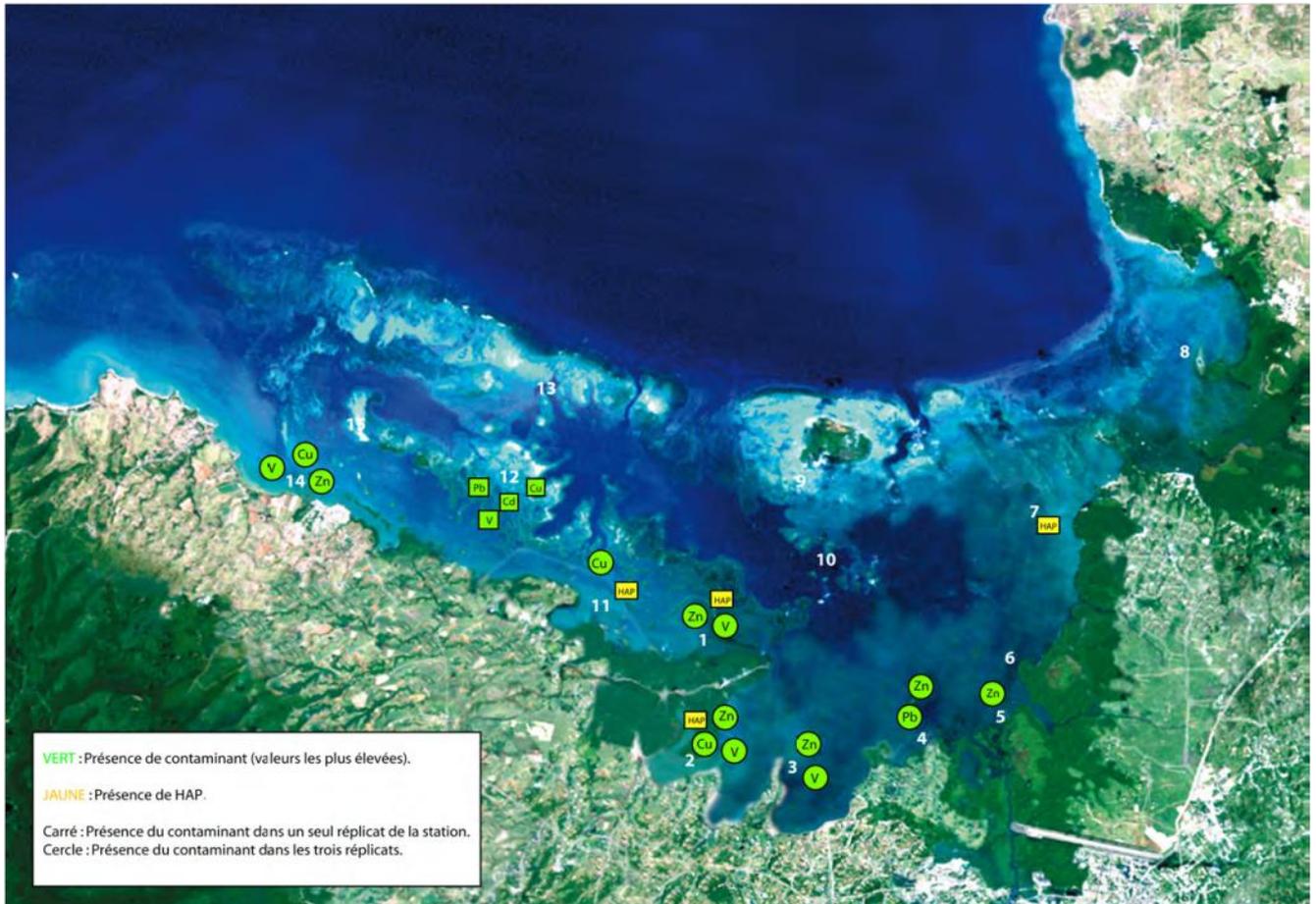


Figure 19 : Distribution des principaux contaminants dans les Phanérogames des herbiers du Grand Cul-de-Sac Marin (photo LANDSAT). (Bouchon et al., 2006).

Plusieurs sources de contaminations sont identifiées :

- Embouchure de la Grande Rivière à Goyave, peut être également celle de la Rivière du Lamentin, ainsi que le Bourg sont les principales sources de contamination des herbiers. La Grande Rivière à Goyave constituait également la principale source de pollution dans une étude précédente menée sur les mangroves (Bouchon et Lemoine, 2007) ;
- Embouchure de la rivière de Sainte-Rose et probablement aussi le bourg de Sainte-Rose situé au vent des herbiers étudiés constituent un foyer de contamination à l'ouest du GCSM ;
- Embouchure de la rivière salée représente une source de pollution par les HAP et le plomb de ses environs. Ce phénomène est probablement lié à sa fréquentation élevée par les embarcations à moteur et à la proximité de la piste de l'aéroport également source d'hydrocarbures ;
- Village de Vieux-Bourg au nord-est est peut être à l'origine des contaminants observés dans l'herbier de la pointe « J'ai Fouillé ».

1.2.3 Mangroves

Tout comme les récifs, les mangroves sont sujettes à des agressions ponctuelles et récurrentes d'origine naturelle et anthropique qui altèrent leurs fonctions écologiques et réduisent leurs surfaces. Elles sont dégradées de 2 manières : 1°) par une accumulation de macro déchets entre les racines des palétuviers qui crée des obstructions à la circulation de l'eau et conduit progressivement à un assèchement de la partie marine de la mangrove, limitant le développement des jeunes pousses et ; 2°) par une urbanisation, un empiètement et un défrichement dans les zones d'arrière-mangrove.



Figure 20: Mangroves montrant a) l'accumulation de déchets dans la zone marine de la mangrove, b) dans les racines des palétuviers et c) l'assèchement de la mangrove dans laquelle l'eau de mer ne peut plus circuler. Crédit photos : © P. Parfait.

Le couvert végétal des mangroves est un indicateur visible de leur état de santé. Plus un écosystème de mangrove est dégradé, moins il présente de *Rhizophora* et plus sa végétation est rase. Le dernier stade de dégradation d'une mangrove étant le « tanne herbeux » puis le « tanne nu », des sols herbacés ou nus hypersalinisés que les *Rhizophora* et les *Avicennia* mettront des décennies à recoloniser (à supposer que les conditions de niveau d'eau de mer et physicochimiques le permettent).

Ainsi les reconnaissances de surface de mangroves dans le GCSM rendent compte de surfaces de *Rhizophora* et d'*Avicennia*, mangroves en bonne santé. Les surfaces de tannes n'ont pas été incluses dans ces reconnaissances.

2 Ecosystème forestier

2.1 Etat des lieux

L'écosystème forestier rencontré au sein du PNG est composé de plusieurs habitats distribués en fonction de l'altitude d'une part et en fonction de l'orientation des flancs de la montagne, qui détermine l'exposition au vent au sommet et la disponibilité de la ressource en eau d'autre part (cf. figure ci-dessous).

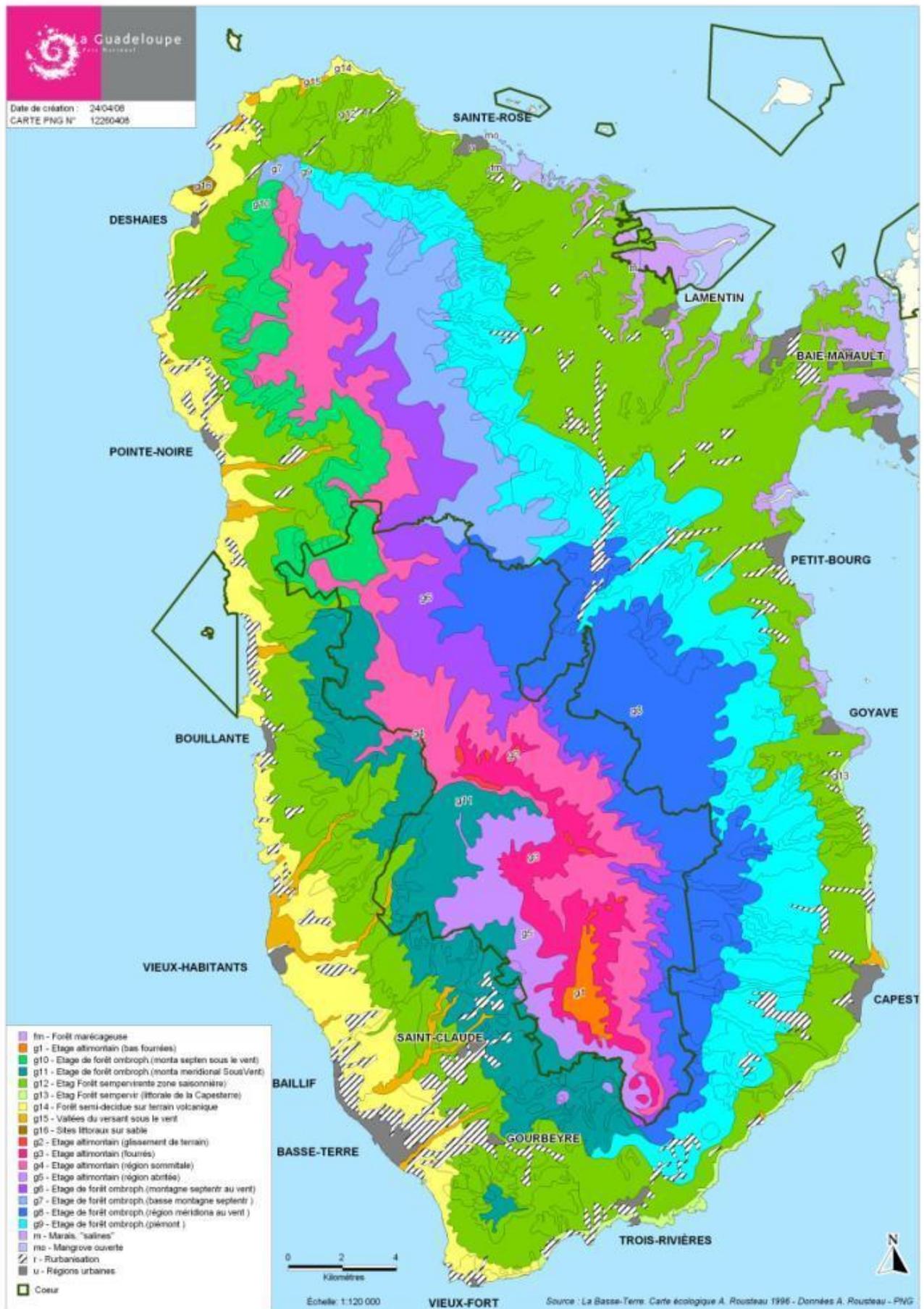


Figure 21: Ecosystème forestier et habitat du cœur de Parc de Guadeloupe

Aux plus hautes altitudes se trouve une savane composée de fourrés, arbustes, prairies : la forêt d'altitude ou « des nuages » (cf. figure ci-dessous). Cet étage occupe plus de la moitié du cœur du PNG (environ 9 000 ha).

Sur la zone sommitale se trouve une prairie d'altitude où les nuages sont présents de façon quasi-permanente et entretiennent une atmosphère très humide. Les sphaignes recouvrent le sol et retiennent l'humidité de l'air. Elles sont capables d'absorber 90% de leur poids en eau avant de la restituer lorsque l'atmosphère est moins humide. Plus bas, la forêt d'altitude est composée d'une végétation basse. Le sol arrosé par plus de 8 mètres d'eau par an (soit les plus fortes précipitations de l'île) est composé en majorité de sphaignes qui sont gorgées d'eau, la température plus basse et les pluies violentes ont eu comme conséquence un couvert végétal nanifié.

Plus bas, les forêts denses apparaissent et s'étendent jusqu'à la limite du cœur de Parc (7500 ha) : la forêt humide (ou forêt ombrophile) et la forêt mésophile (ou forêt sempervirente). La forêt humide occupe la quasi-totalité des 7500 ha de forêt dense du PNG. La forêt humide s'étend sur tout le massif à une altitude comprise entre 300 et 1 000m. Il y pleut beaucoup, de 3m à parfois 5m d'eau par an. Les végétaux s'y développent en abondance et la compétition est rude pour atteindre la lumière. La végétation se développe en strates horizontales. La forêt mésophile s'étend jusqu'à 500 mètre d'altitude sur la côte sous le vent, 300 mètres sur la côte au vent. On retrouve une structure végétale en strates mais les interférences avec la forêt hygrophile sont nombreuses. La strate arborée est plus homogène et plus basse et les épiphytes sont moins nombreux. La forêt mésophile n'est présente que très ponctuellement dans la zone cœur.



Figure 22: Formations végétales de Basse-Terre (source: PREDD, 2006)

L'écosystème forestier est irrigué par un réseau hydrographique de surface et souterrain. L'île volcanique de Basse-Terre est drainée par plus de 50 cours d'eau à écoulement permanent, alors que le réseau hydrographique des autres îles de l'archipel est essentiellement composé de «ravines» qui ne coulent que lors de précipitations importantes, lorsque les sols sont saturés en eau. La majorité des rivières de Basse-Terre prennent leur source dans la zone cœur du PNG. Elles se caractérisent par de faibles linéaires et des bassins versants de petite surface (10 à 30 km²) (figure ci-dessous). Seule exception, le bassin versant de la Grande Rivière à Goyaves au nord-est de Basse-Terre dont la surface atteint 158 km² pour 40 km de long et 60 affluents. Dans les écosystèmes aquatiques de surface (rivières et ruisseaux), on compte une vingtaine d'espèces de poissons, dont 4 espèces exotiques, 1 espèce de crevettes et 3 espèces de crabes. Les chaînes alimentaires des cours d'eau sont plutôt courtes. Elles s'appuient sur la décomposition des débris végétaux de la forêt (fruits, feuilles) tombés dans l'eau et d'animaux morts, mais aussi sur les communautés d'algues installées sur les rochers des cours d'eau.



Figure 23: Principaux bassins versants de Basse-Terre (source: MATE, 2002)

Le réseau hydrographique de la zone cœur du PNG (cf. figure suivante) est constitué principalement par les eaux de ruissellement, mais est également soutenu par de petites nappes perchées. Ces dernières ne sont pas visibles comme les cours d'eau et les zones humides littorales mais participent tout autant au cycle de l'eau sur l'archipel. Les nappes souterraines de Basse-Terre sont des structures extrêmement complexes et font actuellement l'objet d'études approfondies pour évaluer le potentiel éventuellement exploitable (L. Ducreux, comm. pers.).

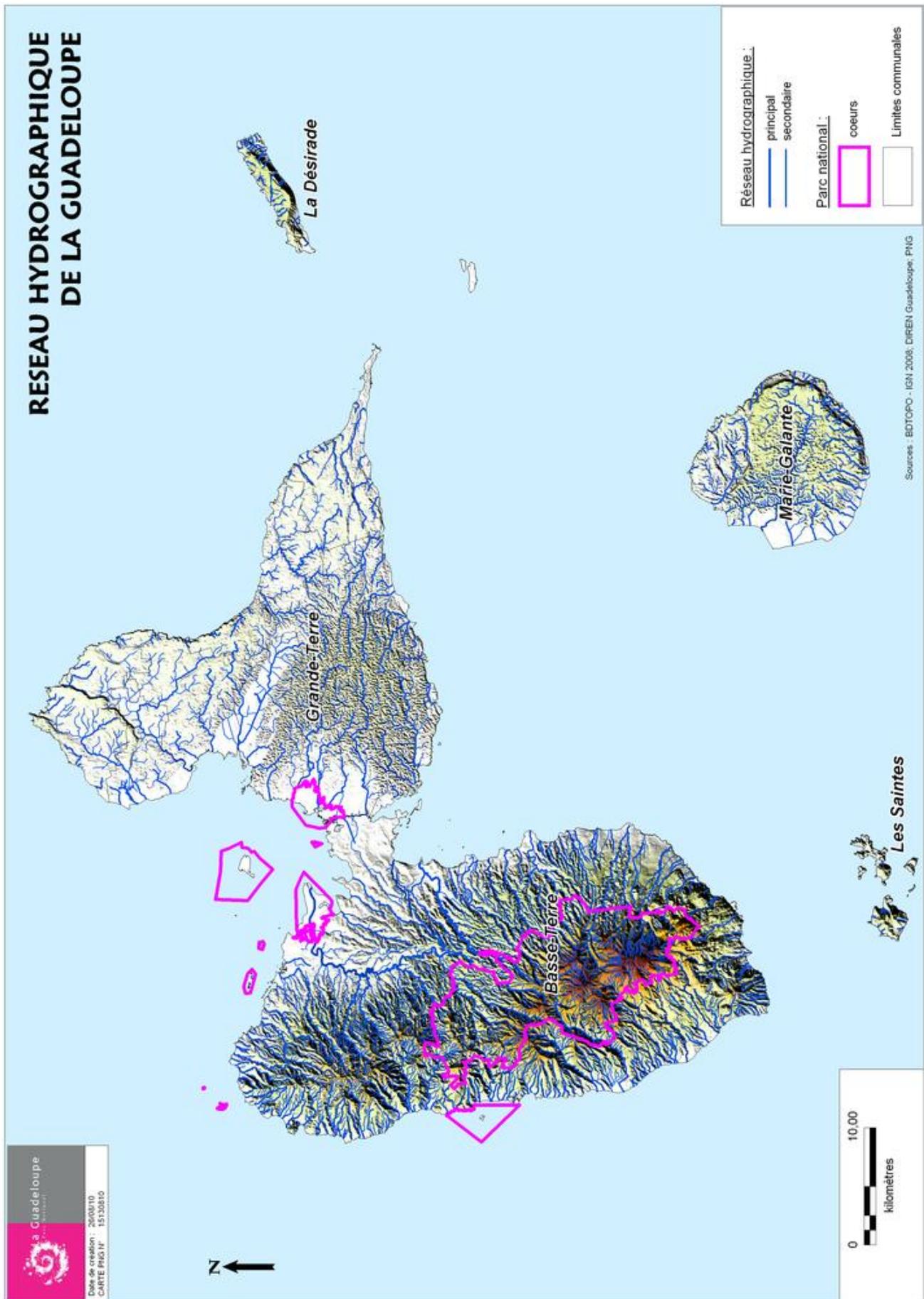


Figure 24: Réseau hydrographique de la Guadeloupe et délimitation des coeurs de Parc (source : <http://www.guadeloupe-parcnational.fr>)

2.2 Etat de santé

Depuis la colonisation, la biodiversité terrestre de l'archipel guadeloupéen a été mise à mal (ONF, 2012). Tandis que l'urbanisation et l'agriculture continuent de perturber significativement leur bon fonctionnement, les catastrophes naturelles les fragilisent. C'est ainsi que la forêt mésophile ne subsiste plus qu'à l'état de lambeaux ou d'îlots plus ou moins secondarisés (elle est quasiment absente de la zone cœur du PNG). Les pentes les plus faibles du massif offrent des surfaces favorables à l'agriculture et à proximité des centres urbains. Dans les années 1940, elles ont été replantées en acajou. La plupart des déforestations se sont faites au profit d'occupations illégales avec défrichement, plantation de bananiers et construction de cases en forêt. En dépit de négociation amiable et de décisions de justice, aucune mesure n'a été prise par l'administration d'autorité. L'occupation et les défrichements progressent, mettant ainsi en péril la politique de protection de l'État dans l'île.

La forêt humide a bénéficié d'un statut de forêt publique puis inscrite dans le cœur du Parc national. D'accès plus difficile et plus loin de la côte, elle a été largement épargnée par la déforestation. Pourtant, elle fait de plus en plus l'objet d'un « mitage » qui s'accroît de façon inquiétante avec une augmentation des espèces banales et peu structurantes. Ce « mitage » n'apparaît pas sur les cartes car le couvert végétal est bien là, mais la biodiversité s'en trouve diminuée. Ces dégradations entraînent la perte d'espèces rares, dépendantes des formations climatiques et présentant une forte valeur écologique et patrimoniale. Ainsi, plusieurs espèces animales et végétales ont disparu dont certaines endémiques strictes: 3 oiseaux, 1 reptile et 1 mollusque terrestres sont éteints. 27 plantes, 5 mammifères, 1 oiseau, 2 reptiles et 1 mollusque terrestres sont inscrits comme menacés.

L'étude récente de l'évaluation des forêts de Guadeloupe (FAO, 2010) rend compte d'un bon état de santé de l'écosystème forestier du cœur de Parc. 1700 ha seulement sur les 16500 ha du cœur de Parc ne sont pas recensés comme forêt primaire. Il s'agit généralement de plantations anciennes ou récentes, d'acajou surtout.

Les cours d'eau de la zone cœur du PNG sont également en bon état et ne sont pas frappés par les nombreuses pollutions qui dégradent la qualité des cours d'eau en aval de la zone cœur³, à l'exception notoire de la pollution à la chlordécone⁴ qui contamine les organismes remontant les rivières jusque dans les limites du PNG (ouassous). Pourtant, le SDAGE 2010-2015 fait état d'un risque généralisé de non-atteinte du bon état écologique tel que demandé par la Directive Cadre sur l'Eau⁵ pour les cours d'eau du PNG. Ce bon état écologique est défini par quatre paramètres : l'hydrologie (maintien d'un débit minimum biologique) ; la continuité écologique (libre circulation des espèces dulcicoles) ; la morphologie et la physico-chimie (liée aux pollutions agricoles, domestiques et industrielles). En étudiant de plus près l'analyse de risque du SDAGE, on constate que le risque est associé aux paramètres de « continuité écologique » et d'« hydrologie ».

Les cours d'eau du PNG sont ainsi menacés par des ruptures de connectivité écologique. Les ouvrages hydrauliques (barrages-prise d'eau, aménagement de lits de rivières en béton) constituent des obstacles sérieux à la circulation des espèces aquatiques présentes dans la zone cœur du PNG, pour la plupart dépendantes de la mer pour leur survie (cf. figure ci-dessous). Des dispositifs existent pourtant pour les espèces amphi-dromes⁶ qui peuvent être mis en place dans les cours d'eau de Guadeloupe. Depuis quelques années et notamment du fait de la loi sur l'eau⁷, la construction d'ouvrages sur les cours d'eau, obstacles à la continuité écologique, doit faire l'objet d'une autorisation préalable à la construction, ou une déclaration pour les ouvrages moins importants. Pourtant, les articles sur la continuité écologique ne s'appliquent pas en Guadeloupe (Mollet et Robert, 2011). Seules les dispositions prises dans les arrêtés préfectoraux sous soumis à contrôles. Il est donc urgent de faire appliquer ces articles afin de limiter la mise en place d'obstacles à la continuité écologique.

³ Les eaux usées qui se déversent dans les rivières sont cause d'une pollution multiforme : altération de la composition physicochimique de l'eau, appauvrissement en oxygène avec comme conséquence directe la baisse du taux de survie larvaire de toutes les espèces aquatiques. Les hydrocarbures, telles que les huiles de vidange, déversées dans la nature finissent inévitablement dans les rivières après de fortes pluies, polluant les chaînes alimentaires et se concentrant dans la chair des poissons et des crevettes (par bioaccumulation). Les engrais et produits phytosanitaires agricoles représentent également une source majeure de pollution. Ces produits peuvent être extrêmement persistant dans le sol (on parle de leur pouvoir de rémanence) et polluer les sols et les cours d'eau lors des pluies pendant plusieurs décennies avant de disparaître. Notamment, la pollution causée par la chlordécone est la plus inquiétante

⁴ La chlordécone est un pesticide organochloré, polluant organique persistant, pouvant se concentrer dans les organismes vivants, cancérigène possible et perturbateur endocrinien potentiel chez l'homme. Cette molécule a été utilisée pendant des années en Guadeloupe, sur les cultures bananières, pour lutter contre le charançon. Elle est actuellement interdite. Compte tenu de sa persistance dans les sols pendant des dizaines d'années, la chlordécone est retrouvée dans certaines denrées animales et végétales, dans l'eau puis dans la chaîne alimentaire.

⁵ La Directive Cadre Européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000, transposée en droit français par la loi du 21 avril 2004, a pour ambition d'établir un cadre unique et cohérent pour la politique et la gestion de l'eau en Europe. En application de son article 13, les Etats membres de l'Union Européenne doivent établir un plan de gestion de l'eau à l'échelle de leurs districts hydrographiques au plus tard le 22 décembre 2009.

⁶ Cf. Etude sur les capacités de franchissement des cabots bouche-rondes pour des dispositifs adaptés aux prises d'eau sur l'île de la Réunion (Voegtli et al., 2002).

⁷ Loi n°2006-1772 sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006

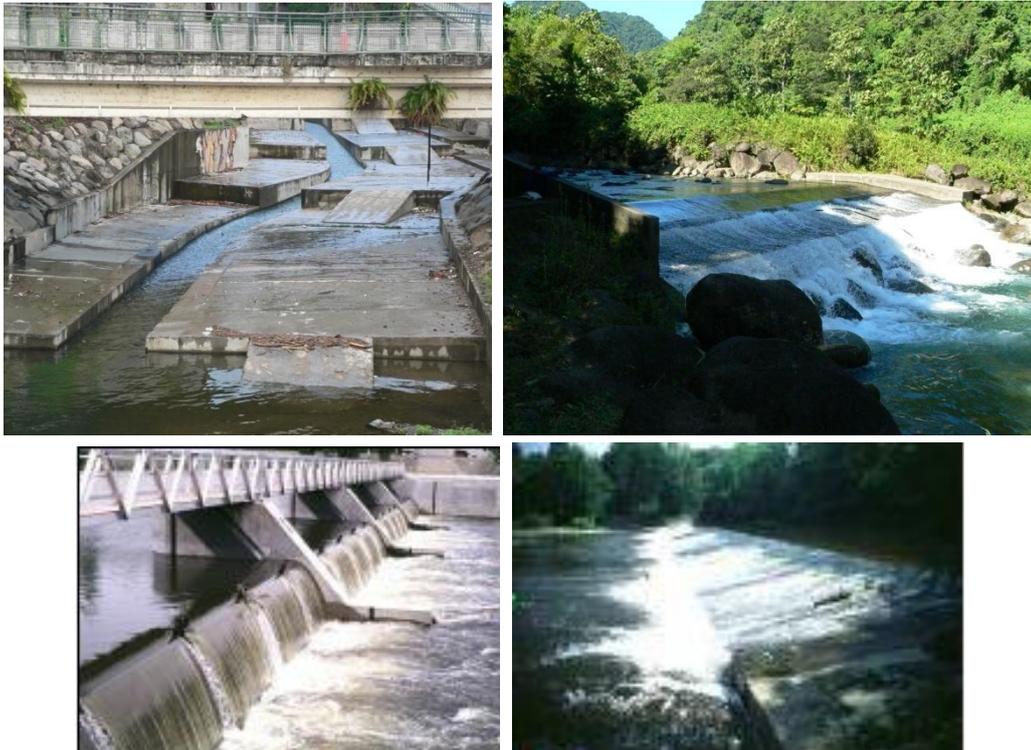


Figure 25 : Exemples d'ouvrages qui peuvent menacer la continuité écologique des cours d'eau de Guadeloupe (source : Mollet et Robert, 2011)

Ensuite, le paramètre « hydrologie » rend compte des variations de débit des cours d'eau. Les volumes d'eau prélevés dans certains cours d'eau pendant les épisodes de sécheresse ne permettent pas de maintenir un débit minimum biologique permettant le développement de la vie aquatique dans la zone cœur du PNG et en aval (SDAGE 2010-2015). La loi nationale sur l'eau prévoit une limitation des prélèvements en cas de sécheresse afin d'assurer au moins 10% du débit moyen des cours d'eau. Cet article non plus n'est pas respecté et beaucoup de cours d'eau de Basse-Terre se retrouvent à sec durant les épisodes de sécheresse.

3 Superficies des écosystèmes du PNG

Le traitement des cartographies disponibles et la revue de la littérature sur la Guadeloupe permettent d'estimer les surfaces des écosystèmes considérés et de distinguer les surfaces dégradées des surfaces conservées (cf. tableau suivant). Ces surfaces sont utilisées par la suite pour estimer les valeurs économiques par hectare.

<i>Ecosystème</i>	<i>Estimation de surface totale (ha)</i>	<i>Estimation de surfaces en bon état de santé (ha)</i>	<i>Détail de l'écosystème en bon état</i>	<i>Surfaces dégradées (ha)</i>	<i>Détail de l'écosystème dégradé</i>	<i>Références</i>
Ecosystème forestier	16500	14800	Forêt primaire	1700	Anciennes plantations (mahoganys et lauriers roses), forêts secondaires, anciennes forêts défrichées et non replantées	FAO, 2010 ; Debroize et Tamby, 2005 ;
Récif corallien	450	250	Couverture dense et variée de coraux, éponges et gorgones	200	Couverture ponctuelle et peu variée des communautés coralliennes ; zone de blanchissement de corail, zone de concentration de pêche, etc.	Mege et Delloue, 2007 ; Chauvaud, 2005 ; Buttifant et al., 2008
Herbiers	1170	820	Herbier dense sur fond sableux, vase	370	Herbier peu dense, envasé ; zone d'excès en apports terrigènes	Mege et Delloue, 2007 ; Chauvaud,

						2005 Buttifiant et al., 2008
Mangroves	790	790	Mangroves à <i>Rhizophora</i> et <i>Avicennia</i>	0	Surfaces de mangroves dégradées non comptabilisées dans évaluation des surfaces	Buttifiant et al., 2008

C. Description et évaluation économique des services écologiques du PNG

1 Valeur des services de support et régulation des écosystèmes marins et littoraux

1.1 Formation, protection et maintien des plages et du littoral

Les récifs coralliens, les herbiers et les mangroves sont tous trois des barrières de protection naturelle pour le littoral. Ils limitent le phénomène d'érosion des côtes en absorbant 70 à 90% de l'énergie des vagues (Wells et al., 2006), et amoindissent les dégâts provoqués en cas de phénomènes météorologiques violents (ouragans, tempêtes tropicales, etc.).

1.1.1 Mangroves

En formant une barrière physique au vent et à l'eau, les mangroves atténuent le phénomène d'érosion. Mais ces écosystèmes modèrent également les crues et évitent des inondations (Spurgeon et al., 2004). Par exemple, les régions les plus touchées par le tsunami en Thaïlande en 2004 furent celles où les mangroves avaient été les plus endommagées par les activités anthropiques (selon une étude IUCN des zones touristiques de Phuket, PhangHga et Krabi). Le réseau dense de racine empêche les sédiments transportés par ruissellement depuis les terres en amont de se déverser en masse dans la mer. Leur amoncellement dans la mangrove stabilise la berge.

L'étude de Spurgeon et al. (2004) aux Samoa, estime que la valeur d'une protection équivalente à celle des mangroves vaut environ 190 000€/km² par an. Cette valeur a été calculée par le coût de remplacement de la mangrove : ce qu'il en coûterait à un État pour remplacer la fonction de protection réalisée gratuitement par la mangrove par un ouvrage assurant la même fonction. Une autre étude menée sur les côtes de Belize évalue ce même service à 227 146 €/km² (Cooper et al., 2008). Dès lors il convient de prendre en compte le coût de remplacement de la fonction écologique par un artifice humain selon le contexte économique du pays dans lequel doit se faire cette opération de remplacement (potentielle). En considérant les niveaux de vie de ces pays, exprimé en PIB/habitant/an (4600 € pour Samoa et 3200 € pour Belize contre 27 000 € pour la Guadeloupe) (CIA World Factbook, 2012), on peut établir un transfert pondéré des valeurs obtenues entre ces deux sites d'étude vers le site d'application qu'est la Guadeloupe. On calcule ensuite la moyenne de ces deux valeurs. La valeur moyenne de protection par unité de PIB/habitant/an est de 39 €/km², soit une valeur du service de protection côtière de la mangrove de 1 050 000 €/km² pour la Guadeloupe, soit 10 500 €/ha.

1.1.2 Récifs coralliens

Les pays côtiers ou les îles ayant de nombreuses zones côtières dépourvues de récifs ou bien ayant des récifs en mauvais état dépensent des sommes importantes afin de mettre en place un système artificiel de protection équivalent à celui d'un récif (Cesar, 1996). Par exemple aux Maldives, une structure artificielle d'un kilomètre de long, ayant pour but de diminuer l'impact des vagues sur le littoral, a coûté plus de 8 millions d'euros (Weber, 1993).

Afin de déterminer la valeur des récifs coralliens naturels en place, plusieurs études ont été menées dans des zones voisines de la Guadeloupe, exposées elles aussi aux risques cycloniques. Cesar et al. (2003) ont estimé cette valeur de protection du littoral par les récifs à 25 389 €/km² par an pour les Caraïbes. Burke et Maiden (2004) publient, pour cette même fonction à la Barbade, une valeur de 56 398 €/km². Enfin, pour les îles de Tobago et Sainte-Lucie (Caraïbes) la valeur est évaluée à 16 750€/km² par an⁸ (Burke et al., 2008 dans Blanquet 2008). Compte tenu des PIB/h/an des îles précitées (respectivement 14 800 €/h/an, 8720 €/h/an et 18 480 €/h/an) (CIA World factbook, 2012) et en calculant la valeur moyenne entre ces trois valeurs de référence, on peut estimer que la valeur de protection des récifs est à une moyenne de 2,21 € par unité de PIB/h. La valeur unitaire de protection côtière est donc estimée en Guadeloupe à environ 60 000 €/km² soit 600 €/ha.

Cette dernière valeur semble assez faible en comparaison de la valeur de protection de la mangrove estimée plus haut. Le rôle de protection du récif corallien est particulièrement important pour la protection du littoral du GCSM par houle de nord. Également, la zone littorale du GCSM concerne la zone pontoise, très peuplée et centrale pour l'activité économique de toute la Guadeloupe. La valeur estimée ici est donc à considérer comme un minimum nécessitant un travail plus approfondi pour d'être affinée. Une étude des synergies entre récif et mangrove pour la protection du littoral et les dommages évités en cas d'événements climatiques extrêmes pourrait également être conduite afin d'équilibrer ces deux valeurs estimées.

⁸A noter qu'il n'y a pas eu d'ajustement de la valeur en fonction du contexte économique propre à chaque pays.

1.1.3 Herbiers

En absorbant une partie de l'énergie des vagues, les herbiers limitent également l'érosion du littoral et participent donc à sa protection. Une étude menée par Fonseca et Cahalan (1992) sur l'atténuation des vagues par quatre types d'herbiers montre que l'énergie des vagues est diminuée de 40% après le passage sur un herbier. Or, les vagues sont une des principales sources d'érosion régulière. Sur les littoraux où l'érosion est un problème, des structures artificielles sont mises en place afin de limiter l'action des vagues. Sont ainsi érigés des brise-lames flottants ou fixes, le plus souvent parallèles à la côte, faisant obstacle à la houle afin de diminuer l'énergie des vagues déferlant sur le littoral de 40 à 50% (Samat, 2007).

Ce rôle de protection est particulièrement important lorsque les herbiers ne sont pas protégés par un récif – barrière. Or, dans le GCSM, une partie des herbiers de la zone cœur n'est pas protégée par un récif. Considérant le rôle de protection du littoral que jouent les herbiers, équivalent à celui des brise-lames, l'estimation de leur valeur de protection peut donc être faite à partir du coût de l'installation et d'entretien de brise-lames sur la partie du littoral pourvue d'herbiers qui n'est pas déjà protégée par les récifs, soit environ une surface représentant 10% de la surface totale des herbiers du PNG. Le coût d'installation de brise-lames varie de 4000 € à 6200 € par mètre de littoral et le coût de leur entretien est chaque année de 4% du prix d'installation, soit 160 € à 248 € par mètre de littoral par an (Anonyme, DIREN 2006). En considérant un amortissement de l'installation sur 10 ans (Delaître et al. 2008), le coût annuel moyen de telles structures est d'environ 510 € d'installation et 204 € d'entretien soit 714 € par mètre de littoral. En estimant que les surfaces considérées sont aussi larges que long, la protection côtière des herbiers sur les zones non protégées par le récif représente une valeur unitaire de 71 400 €/ha/an. Cette valeur paraît sous-estimée, particulièrement dans le cas des herbiers des îlets Pigeon qui participent au maintien des plages en face des îlets, support des activités touristiques de la zone.

Un travail de terrain doit être fait afin de valider ces chiffres et notamment mesurer la capacité des herbiers à restreindre la force de la houle. Les herbiers situés entre la côte et les récifs ont également une fonction de réduction de la force de la houle qui s'additionne à celle des récifs. Ce cas de figure n'a pas pu être pris en compte ici, faute d'études conduites sur le sujet. Ceci aurait substantiellement augmenté la valeur de protection estimée. Un travail d'investigation sur le terrain s'impose donc.

1.2 Biodiversité, productivité des écosystèmes, biomasse capturable

En Guadeloupe, les récifs coralliens du GCSM abritent près de 150 espèces différentes de poissons, les herbiers plus de 65 espèces et les mangroves en comptent 87 (Blanchet et al., 2002). La diversité est également très importante dans les îlets Pigeon. Outre cette grande diversité d'espèces, chaque écosystème est le support de productivité annuelle d'une biomasse sous-marine qui représente une valeur économique, même si celle-ci n'est pas exploitée car dans le périmètre du PNG.

En ne considérant ici que les espèces « capturables » par la pêche artisanale, c'est-à-dire celles qui peuvent se retrouver dans les engins de capture de la pêche artisanale (casiers, filets, sennes) ou être récoltés directement (langoustes, lambis), on évalue la productivité de biomasse de l'écosystème afin d'en déduire une valeur économique. Bien sûr, cette valeur ne tient pas compte des espèces non commercialisées et il faut tenir compte de cet aspect lors de la prise en compte de la valeur économique de ce service. Les individus considérés comme capturables sont ceux qui peuvent être capturés par une nasse de maille 38 mm et conservés pour être commercialisés. L'estimation des individus « capturables » parmi les poissons a été réalisée à partir des données fournies dans le plan de gestion du GCSM (Buttifant et al., 2008), sur la base des divers travaux effectués par l'UAG dans le GCSM (Louis, 1983 ; Baelde, 1986 ; Baelde et al., 1987 ; Aliaume, 1989, Bouchon et al., 1991 ; Bouchon-Navaro et al., 1997). Les données de biomasse pour les crustacés s'appuient sur les inventaires de Bourgeois-Lebel (1982) et actualisés dans le plan de gestion de la réserve de GCSM (Buttifant et al., 2008), mais il est évident que ces inventaires nécessiteraient une actualisation pour être pleinement exploitables.

1.2.1 Récifs coralliens

Le peuplement de la pente externe du récif est très riche et certaines espèces se cantonnent à cette zone du récif. Le peuplement sur le récif est dominé par les espèces carnivores. La valeur moyenne de la biomasse totale produite au sein des récifs coralliens est en moyenne de 950 kg/ha. Cette biomasse a été estimée à partir des échantillonnages par stations décrits en chapitre 2.

La proportion d'individus « capturables » de cette biomasse est estimée à environ 60%, soit 570 kg/ha. Cette estimation se fonde sur le détail de l'inventaire des espèces séjournant sur le récif du GCSM (Buttifant et al., 2008), complétée par les espèces de crustacés (langoustes brésiliennes) et céphalopodes (poules) non comptabilisés.

En considérant un prix moyen des captures de 10 €/kg et un coût intermédiaire de production de 1 €/kg (1000 €/tonne), nous obtenons la valeur de la biomasse capturable totale pour le récif corallien, soit 5130 €/ha/an.

1.2.2 Herbiers

Les herbiers sont le support d'une biomasse capturable *a priori* beaucoup plus faible que celle enregistrée pour les récifs : selon les études sur le sujet, ils n'abritent que 1,9 t/km² par an de biomasse capturable soit 19kg/ha (Martin et Coopers, 1981 ; Gullström et Dahlberg, 2004). Cette biomasse calculée semble largement sous-estimée. En effet, les échantillonnages effectués sur le GCSM font état de 40% de juvéniles d'espèces d'intérêt halieutique parmi les 121 espèces recensées dans les herbiers (Aliaume, 1990 ; Buttifand et al., 2008), ce qui confirme le rôle de nurserie des herbiers. Également, la position géographique intermédiaire entre les récifs et la mangrove fait de ce biotope un lieu de passage privilégié pour les espèces migrantes (*Ibid*). Les herbiers sont les lieux de vie privilégiés des oursins, de crustacés (lambis, langoustes royales) et plus épisodiquement des poulpes. Il convient donc de tenir compte de ces trois espèces de fort intérêt commercial pour l'estimation des biomasses capturables des herbiers.

Les informations sur les productions de biomasse des herbiers des îlets Pigeon n'ont pas pu être collectées lors de l'étude. Les biomasses pour ces écosystèmes seront donc considérées comme équivalentes à celles des écosystèmes du GCSM.

Au regard de ces inventaires et de la position centrale des herbiers du GCSM, la biomasse totale produite annuellement est estimée à environ 150 kg/ha. Faute de travaux plus précis sur ces estimations, il ne sera pas possible de valider la valeur économique déduite. En considérant là encore un prix moyen des captures de 10 €/kg et un coût intermédiaire de production de 1 €/kg (1000 €/tonne), nous obtenons la valeur de la biomasse capturable totale pour les herbiers, soit 1350 €/ha/an.

1.2.3 Mangroves

Pour les mangroves, la forte production de matière organique des arbres et plantes, environ 1 kg/m²/an, en comparaison des 5 kg/m²/an pour la forêt tropicale par exemple (Dabin, 1980), confère une grande richesse en nutriments, support de la vie marine. Cette forte quantité de nutriments explique le rôle central de la mangrove dans le cycle de vie des espèces marines. La mangrove, en particulier celle du GCSM, joue un rôle de nourricerie pour 30 espèces de poissons, un rôle d'abri trophique pour 17 espèces et un rôle de reproduction pour un espèce (Buttifand et al., 2008). Mais la mangrove joue avant tout un rôle de nurserie (Louis, 1983), ce qui grève l'estimation de biomasse capturable dans cet écosystème car la plupart des individus, même s'il s'agit d'espèces d'intérêt halieutique ne sont pas adultes et ne peuvent pas être comptabilisés dans cette biomasse.

Les biomasses de poissons de grands écosystèmes mangroviens pour la Floride, le Queensland, les îles Salomon et la Nouvelle-Calédonie sont respectivement de 13,26 t/km², 8,20t/km², 11,60t/km² et 20,67 t/km² (Thayer et al.1987, Baber et al.1989, Thollot 1992). Également, Rönnback (1999) a estimé la biomasse totale de poissons liée aux microhabitats de *Avicennia* et *Rhizophora* à environ 10,4 t/km², et plus généralement entre 4 et 25 t/km² (Rönnback, 2005). On peut estimer la biomasse moyenne de poissons de mangroves à 13 t/km². Mais cette biomasse inclut les juvéniles et individus non capturables ; or seuls 70% des individus présents sont au stade adulte selon Thollot (1992). Pour la Guadeloupe, il est plus vraisemblable de comptabiliser seulement 60% de la biomasse comme biomasse capturable au regard de la composition des espèces d'intérêt halieutiques, et en tenant compte des crustacés (crabes ciriques, crabes et crevettes) qui vivent dans l'écosystème de mangrove ou y séjournent durant leur phase juvénile. Ainsi la production de biomasse capturable des poissons de mangrove est de 8 t/km² par an soit 80 kg/ha.

En considérant un prix moyen des captures de 10 €/kg et un coût intermédiaire de production de 1 €/kg (1000 €/tonne), nous obtenons une valeur de la biomasse capturable totale pour la mangrove de 720 €/ha/an.

1.3 Traitement des eaux et nutriments

Les écosystèmes marins sont très sensibles à la qualité des eaux côtières, bien qu'ils participent à de nombreux niveaux au traitement et à l'épuration d'une partie des eaux dans lesquelles ils se développent. Les mangroves, directement présentes à l'interface terre/mer, sont le premier écosystème littoral que les eaux des bassins versants traversent. Toutefois, de nombreuses ravines se déversent directement dans le lit des rivières ou en mer, sans présence de mangroves. Dans les secteurs où des mangroves sont présentes, les palétuviers, par le biais de leurs racines échasses, agissent comme des filtres sur les eaux continentales, limitant la quantité de matière en suspension déversée dans les océans et le dépôt de sédiments sur les herbiers et les récifs coralliens, ce qui favorise leur développement. Récifs et herbiers nécessitent des eaux claires et peu turbides, l'essentiel de la croissance des organismes constituant ces écosystèmes reposant sur la photosynthèse, et par conséquent la disponibilité en lumière.

1.3.1 Mangroves

En plus de la rétention des matières en suspension, les palétuviers ont également la capacité d'épurer les eaux d'une partie des nutriments en absorbant nitrates et phosphates et certains polluants comme les métaux lourds ou des substances toxiques (Wells et al., 2006). L'existence de zones de mangroves et de leur capacité d'épuration représente une valeur monétaire. En évitant la mise en place, et donc le coût associé à la mise en

place de centrales de traitement des eaux continentales avant leur arrivée sur la côte, les mangroves acquièrent une valeur économique. Une étude menée aux Fiji estime cette valeur de traitement des eaux continentales à 174 200 €/km²/an (Lal, 2003). Par pondération par le PIB/hab/an, la valeur de purification des eaux par les mangroves de Guadeloupe peut être estimée à environ 13 400 €/ha/an (CIA World Factbook, 2012).

Cette valeur, très élevée en comparaison des autres valeurs de traitement de l'eau des autres biocénoses doit faire l'objet d'une validation de terrain. Pour autant, la localisation stratégique des mangroves en Guadeloupe à proximité immédiate de l'agglomération pontoise et de la décharge de la Gabarre (en cours de réhabilitation), confère à cet écosystème une fonction d'épuration majeure pour les lixiviats issus de la décharge. Ce service est assuré en sous-sol, par la création d'une « zone tampon » de tourbe de mangrove entre la décharge et le milieu marin, qui empêche le relargage direct des déchets liquides et l'émission de déchets métalliques. Ce service est également assuré en surface par l'épuration des eaux de surface. L'étude de 2007 du BRGM : « d'un point de vue hydrogéologique, le site [de la Gabarre] bénéficie de plusieurs facteurs favorables ; d'une part la nappe d'eau souterraine ne peut constituer une source d'approvisionnement en eau en raison du biseau salé lié à la proximité du milieu marin, d'autre part l'épaisse couche de sédiment tourbeux (liée à la décomposition de la mangrove) située à l'aplomb de la décharge constitue une importante couche « tampon », notamment vis-à-vis de l'émission d'éléments métalliques. Dans ces conditions, la principale vulnérabilité concerne les eaux de surface dans la mangrove ainsi que la végétation. » (BRGM, 2007).

Le service d'épuration de la mangrove pour les eaux côtières est d'autant plus important qu'il a un impact positif sur l'état de santé des herbiers et récifs du GCSM. Sans ce rôle de la mangrove, il y a fort à penser que l'état de santé de ces deux écosystèmes serait beaucoup dégradés, avec les effets négatifs sur les activités économiques (tourisme, pêche) qui en découleraient. La valeur d'épuration de la mangroves inclut également ce rôle en aval, par le maintien de la bonne qualité des eaux côtières du GCSM.

En conclusion, la valeur d'épuration des eaux et des déchets par la mangrove estimée par transfert de valeur est élevée mais paraît pourtant réaliste tant la mangrove occupe une place stratégique pour ce service en Guadeloupe, en aval des zones d'émission de déchets et en amont des écosystèmes supports d'activités économiques (récifs et herbiers). Ce service pourrait être mieux étudié et sa valeur économique estimée avec plus de précision grâce une étude plus approfondie⁹ qui n'a pas pu être mise en œuvre ici.

1.3.2 Herbiers

Les herbiers, participent également à cette purification de l'eau, en piégeant une partie de la matière en suspension dans la matrice de leurs racines. Outre ce premier rôle de stabilisateur du substrat, les herbiers épurent également une partie de l'eau en utilisant les matières minérales pour leur croissance. La présence des herbiers à proximité des zones de récifs favorise la croissance du corail en permettant de conserver une eau à faible teneur en nutriments. Costanza et al. (1997) estime la valeur de ce service pour les herbiers et les algues à 1,27 millions €/km²/an pour une superficie totale de 2 millions de km² dont 177 000 km² d'herbiers (Waycott et al., 2009), ce qui représente 8,9% de la totalité. En considérant que le traitement de l'eau est proportionnel à la surface, on admet alors que la valeur de traitement des eaux par les herbiers est de 112 672 €/km²/an. La valeur de traitement des eaux côtières par les herbiers peut donc être estimée à 1100 €/ha/an.

Pour ce service, il convient de considérer l'état de santé des herbiers. En effet, un herbier en très bon état a une plus grande capacité de traitement des eaux qu'un herbier dégradé et encore plus qu'un herbier très dégradé. Un effort devra être fait pour la reconnaissance et l'analyse de l'état de santé des herbiers de la sous-région afin de préciser les valeurs obtenues pour ce service de traitement des eaux dans les AMP.

1.3.3 Récifs

Les récifs ne participent que peu au traitement des eaux, leur symbiose avec les zooxanthelles, en utilisant le CO₂, l'azote et le phosphore présents dans l'eau pour produire de la matière organique, purifie l'eau d'une partie de ces nutriments. D'après Costanza et al. (1997) le coût de purification des eaux équivalente à celle réalisée par les récifs est de 3886 €/km²/an, ce qui représente une valeur de 40 €/ha/an.

Malgré cette capacité minimale de traitement des eaux, les sédiments et la pollution issus du ruissellement et de l'érosion des terres sont un problème majeur pour l'état de santé des récifs. Tout particulièrement le lessivage des sols dédiés à l'agriculture, notamment dans les zones de culture bananière, où les quantités de produits phytosanitaires utilisées sont très importantes (479 kg/ha/saison, Wood et al., 2000), amène de nombreuses particules à l'océan, saturant la capacité de filtration des mangroves. Les panaches chargés de matières en suspension ont un impact écologique majeur sur les zones d'herbiers et de récifs. Outre la réduction de l'activité photosynthétique des phanérogames et des zooxanthelles, les produits chimiques ont des effets significatifs sur

⁹ Cette étude pourrait évaluer, en fonction des volumes de lixiviats issus de la décharge et des autres sources de déchets (eaux usées domestiques et industrielles de l'agglomération, déchets solides (ménagers et industriels)), la fonction d'épuration jouée par la mangrove. Sur cette base, la valeur économique pourrait être estimée par le coût de remplacement de ce service par des mesures de réhabilitation, de traitement artificiel des eaux polluées, ou la création d'un tampon entre les sites pollués et le milieu marin.

certaines organismes des récifs, ralentissant leur croissance et parfois avec des effets létaux (Burke et Maidens, 2004).

2 Valeur des services de support et régulation des écosystèmes terrestres

2.1 Lutte contre l'érosion hydrique

2.1.1 Lutte contre la perte de sol

Une forêt primaire préservée est la meilleure couverture de sol pour limiter l'érosion hydrique, surtout sur fortes pentes comme c'est le cas sur le massif de la Soufrière (Wiersum, 1984). Le sol enrichi en matière organique, les débris végétaux qui couvrent le sol, ainsi que le réseau racinaire des arbres et arbustes limitent l'érosion hydrique, qu'elle que soit sa forme¹⁰. Les débris végétaux au sol réduisent l'effet « splash » des gouttes d'eau qui tombent à terre (lesquelles emportent avec elles la terre fine dans le cas d'un sol nu). Ils ralentissent également la vitesse de ruissellement de l'eau et facilite l'infiltration dans le sol. Ces débris réduisent ainsi l'érosion en nappe et l'érosion linéaire. Les systèmes racinaires des arbres et arbustes, en fixant le sol, limitent également l'érosion en masse qui cause des glissements de terrain dans les fortes pentes. Près des rivières, ces racines fixent les berges et évitent ainsi l'érosion hydrographique.

Des auteurs ont estimé les taux d'érosion lorsque les forêts étaient exploitées pour divers usages Il a été estimé que l'érosion est jusqu'à 100 fois plus importante dans les plantations qui laissent le sol nu, que dans les forêts primaires (Bruijnzeel, 1990 ; Chomitz, 1998). L'érosion est quatre fois plus importante lorsque la forêt fait l'objet d'une exploitation partielle pour le bois (Hodgson et Dixon, 1988). Elle est 20 fois supérieure simplement lorsque les débris végétaux à terre sont éliminés, laissant les arbres seuls (Edwards, 1994). Elle est 260 fois supérieure lorsque des routes sont construites dans la forêt (Hodgson et Dixon, 1988). L'exploitation du sol et du sous-sol des forêts est également responsable d'une érosion beaucoup plus importante.

Le contrôle de l'érosion par les forêts en zone tropicale a été estimé à environ 30 €/ha/an (Krieger, 2001 ; Costanza, 1997). La valeur donnée par l'étude récente de de Groot et coll. donne une valeur de prévention de l'érosion par les forêts tropicales de 10 €/ha/an, sur la base d'une revue de la littérature sur ce service (de Groot et al., 2012)¹¹. Mais cette valeur semble bien peu au regard des autres valeurs obtenues pour le même service sur d'autres écosystèmes (plus de 20000 €/ha/an pour les systèmes côtiers). Cette valeur semble donc sous-estimée et il convient d'essayer une autre méthode d'évaluation.

Une évaluation économique des services des forêts conduite aux Etats-Unis évalue à environ 1,50 € la tonne de sol conservée par an grâce au service de régulation de l'érosion par la forêt (Krieger, 2001). Une étude conduite en Côte d'Ivoire démontre que les pertes de sol sur des forêts en pente sont de l'ordre de 0,03 tonnes par hectare et par an, alors que les pertes sur des sols cultivés atteignent 90 tonnes par hectare et par an et 180 t/ha/an pour des sols nus (Butler, 2012). L'estimation des coûts évités de l'érosion par la protection des forêts contre la déforestation à usage agricole ou pour la construction de routes ou d'habitations peut donc être estimé entre 135 €/ha/an et 270 €/ha/an. On retiendra ici la valeur de 135 €/ha/an, la plus compatible avec la réalité de la conversion des surfaces d'écosystème forestier pour les usages agricoles ou résidentiels. Ceci représente une valeur de d'environ 2 millions d'euros par an pour l'écosystème forestier du cœur de Parc.

2.1.2 Lutte contre les conséquences de l'érosion en aval

Le service de lutte contre l'érosion a d'autres effets positifs en aval des forêts. Chomitz et Kumari (1998) ont estimé que l'apport en sédiments dans les cours d'eau et la mer est d'autant plus important que le bassin versant est de faible superficie. Cela s'explique par le fait qu'un petit bassin versant implique un temps de transport de sédiments très court entre le lieu de l'érosion et la mer. Ce temps trop court ne permet pas aux sédiments de se déposer avant l'embouchure de la rivière. Il y a donc fort à penser que la plupart des sédiments arrachés par l'érosion hydrique se retrouvent dans les eaux côtières de Guadeloupe¹². L'érosion

¹⁰ L'érosion hydrique est déclinée sous quatre formes : l'érosion en nappe, l'érosion linéaire, l'érosion en masse et l'érosion hydrographique. L'érosion en nappe est le premier degré d'érosion hydrique. Cette érosion entraîne la dégradation du sol sur l'ensemble de sa surface, autrement dit c'est une forme d'érosion diffuse. Lorsqu'il y a érosion en nappe, le déplacement des particules se fait d'abord par effet "splash" à courte distance et ensuite par le ruissellement en nappe, de flaque en flaque.

L'érosion linéaire intervient lorsque l'érosion est limitée le long de ligne d'écoulement, quand l'intensité de l'apport en eau dépasse la capacité d'absorption du sol. L'érosion linéaire est exprimée par tous les creusements linéaires qui entaillent la surface du sol suivant diverses formes et dimensions (griffes, rigoles, ravines, etc.).

L'érosion en masse fait référence à tout déplacement de terre selon des formes non définies, comme les mouvements de masse, les coulées de boue et les glissements de terrain.

L'érosion hydrographique est une forme d'érosion due à la dissipation de l'énergie de l'eau dans les lits des cours d'eau et les rivières. L'énergie de ces dernières est capable, de manière régulière ou accidentelle (lors des inondations) d'emporter une partie des berges. On appelle ce processus le sapement des berges. Ce type d'érosion est étroitement lié au volume et à la vitesse de l'eau, qui dépend de la pente et du débit.

¹¹ Toutes méthodes d'évaluation confondues.

¹² Pourtant, nous n'avons pas pu trouver de preuves de cette affirmation dans les références consultées pour l'étude.

pourrait alors être la cause d'une augmentation de la turbidité des eaux littorales et de l'envasement des zones marines à courant faible (mangrove surtout). Cette sédimentation pourrait menacer la survie des écosystèmes coralliens à proximité des embouchures de rivières (c'est le cas pour le Grand Cul-de-sac marin). Une augmentation de la turbidité pourrait également avoir des impacts non négligeables sur les activités touristiques, plongée sous-marine au premier chef. En effet, les principaux sites de plongée de Guadeloupe se trouvent proches de l'embouchure de rivières de Basse-Terre qui prennent leur source dans le cœur du PNG. Une érosion importante de l'amont de ces rivières pourrait donc menacer l'économie liée à la plongée mais réduire également sensiblement la fréquentation annuelle des touristes de séjour qui motivent leur voyage en Guadeloupe pour 80% par le trio « soleil, plage, mer » et pour 40% par la nature de Guadeloupe. Le chiffre d'affaires du tourisme de séjour en 2008 était de 250 millions d'euros (données 2008, Desvergne et Vincent, 2010).

La pêche littorale pourrait également largement souffrir des apports terrigènes de l'érosion. Là encore, il est difficile d'estimer les coûts économiques évités par une diminution des captures la pêche littorale, mais il est raisonnable d'imaginer une valeur à plusieurs dizaines de milliers d'euros par an.

Le transport des sédiments arrachés par l'érosion dans les cours d'eau peut avoir des conséquences économiques importantes sur l'approvisionnement en eau potable. Ainsi, la forte turbidité des eaux de surface captées pour l'approvisionnement en eau potable nécessiterait un traitement ou une filtration spécifique. Des dépassements sont constatés à la suite d'épisodes pluvio-orageux. Ils témoignent de l'incapacité de certaines stations de traitement d'accepter des eaux chargées ou pour le moins de les refuser (SDAGE 2010-2015). Mais une augmentation de l'érosion aurait comme conséquence des dépassements de turbidité beaucoup plus fréquents, à chaque épisode pluvieux de faible intensité sur le massif de la Soufrière et aux jours qui suivent ces épisodes. Étant donné la régularité des pluies sur le massif quelle que soit la saison, ces dépassements pourraient intervenir plus de 200 jours dans l'année. L'augmentation de la turbidité des eaux de rivière pourrait engendrer des suppléments importants aux coûts de traitement de l'eau potable, estimés à 10%. Pour un coût total de production et d'adduction d'eau potable calculé de 2 €/m³ d'eau potable (G. Lieven, comm. pers.), une production annuelle supposée régulière tout au long de l'année de 60 millions de m³, les coûts supplémentaires engendrés seraient de l'ordre de 6,5 millions d'euros.

Autre conséquence économique importante, l'envasement des retenues et barrages par des eaux de rivières turbides nécessiterait un curage beaucoup plus fréquent. Il est difficile d'estimer les coûts associés au curage et l'augmentation de fréquence de ces derniers mais les coûts évités peuvent être estimés à plusieurs dizaines de milliers d'euros par an sur les barrages artificiels et les prises d'eau opérant en Basse-Terre.

Enfin l'érosion peut occasionner des glissements de terrain, des ravinements, des coulées de boues lors d'épisodes de fortes pluies, tempêtes tropicales et cyclones. Ces événements peuvent détruire les habitations et causer la perte de vies humaines. L'écosystème forestier assure également un service de lutte contre ce type d'érosion et réduit les pertes causées par ces événements.

Finalement, la lutte contre l'érosion de l'écosystème forestier de cœur du PNG représente une valeur économique très importante au regard de l'économie de la Guadeloupe. Ce service représente ainsi une valeur minimale estimée à 2 millions d'euros pour les coûts évités de perte de sol. A cette valeur s'ajoutent les coûts supplémentaires de filtration de l'eau évités de 6,5 millions d'euros par an. La valeur du service de lutte contre l'érosion pourrait représenter un minimum de 50 millions d'euros par an si l'on estime également les coûts évités liés à la baisse de fréquentation touristique causée par la turbidité des eaux côtières, les pertes de la pêche littorale et l'envasement des barrages et retenues, soit une valeur unitaire pour ce service estimée au total à 4000 €/ha/an.

2.2 Approvisionnement en eau douce

L'approvisionnement en eau douce de l'archipel de la Guadeloupe se fait essentiellement à partir de Basse-Terre qui bénéficie d'une pluviométrie importante et d'un réseau hydrographique dense, alors que la majeure partie des besoins en eau douce se concentre sur Grande-Terre : irrigation, usages industriels et demande en eau potable pour la zone la plus urbanisée de Guadeloupe (zone pontoise et littoral du sud de Grande-Terre).

2.2.1 Eau potable

Les écosystèmes de la zone cœur du PNG occupent une position stratégique pour l'approvisionnement de toute la Guadeloupe en eau potable : les prélèvements d'eau en rivières pour satisfaire la demande en eau potable sont situés, pour les plus importants, en périphérie de la zone cœur du PNG (figure ci-dessous). Or, les captages en rivières, qui représentent 70% du volume prélevé pour l'eau potable (Agriste Guadeloupe, 2011) sont tous effectués en Basse-Terre. Ainsi, le PNG contribue pour environ 50% de l'approvisionnement en eau potable (environ 80% des prélèvements en rivières dépendent de la zone cœur du PNG), soit 30 millions de m³ sur les 60 millions de « production utile moyenne d'eau » (Office de l'eau, n.d.).

A cela s'ajoutent 5 à 10 millions de m³ captés dans les sources situées directement en aval de la zone cœur du PNG dans la région de Trois-Rivières, soit le tiers des prélèvements d'eau souterraine (la majorité des prélèvements d'eau souterraine sont effectués en Grande-Terre (cf. figure ci-dessous)).

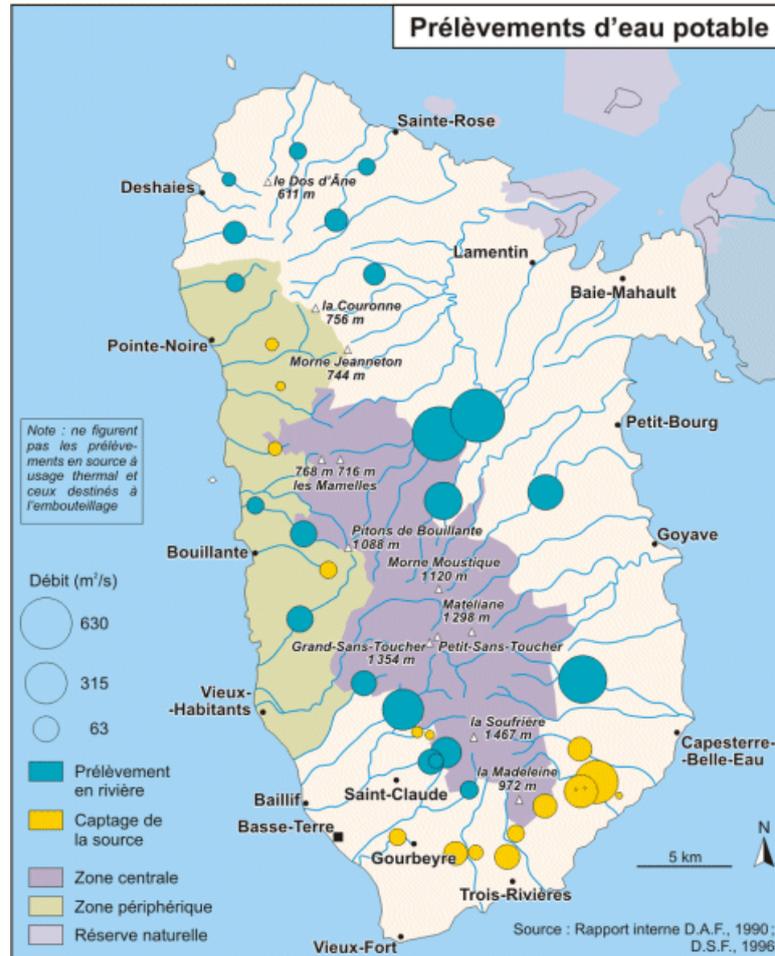


Figure 26: Prélèvements d'eau pour l'eau potable

De nombreuses références soulignent l'influence des couverts forestiers sur l'incidence des pluies (Grove, 1994 ; Chomitz et Kumari, 1998). En effet, l'évapotranspiration du couvert végétal des forêts sur les flancs des montagnes engendre une humidité relative de l'air très importante qui condense au sommet des montagnes et cause des précipitations. D'autres études montrent les deux effets opposés des forêts sur la disponibilité en eau (Chomitz et Kumari, 1998). Si les forêts ralentissent le débit de ruissellement et facilitent ainsi l'infiltration, l'évapotranspiration des plantes de l'écosystème forestier réduit en revanche la disponibilité en eau douce plus en aval.

Dans le cas de la Guadeloupe, il n'a pas été possible de trouver des études mettant clairement en évidence le rôle des forêts dans les volumes de précipitations et, finalement, dans l'approvisionnement de l'archipel en eau douce. Certaines études soulignent succinctement un rôle crucial quand d'autres invoquent des pluies orographiques liées uniquement au relief qui cause des précipitations, qu'il y ait forêt ou non.

Krieger (2001) cite une étude du service des forêts des États-Unis, qui estime que les forêts nationales, qui représentent une surface de 76,9 millions d'hectares, « produisent » environ 8600 m³/ha/an d'une eau de qualité, qui pourrait être valorisée à 41 dollars pour 1 000 m³ si elle était entièrement consommée (Chevassus-au-Louis et al., 2008). Ceci représenterait donc un service de l'ordre d'environ 300 €/ha/an. En affinant l'analyse, il propose de distinguer l'eau consommée, soit environ 6 % de ce total et de la valoriser à 32 dollars pour 1000 m³, ce qui représenterait un service d'environ 15 €/ha/an. Mais il considère que l'eau non consommée contribue au débit des rivières et donc à leur fonction d'accueil de la biodiversité à leur attractivité touristique (pêche, sports nautiques) ou à d'autres usages (irrigation, production hydroélectrique) et indique des valeurs allant de 0,8 à 36,5 dollars pour 1 000 m³ pour ces différents usages (utilisant les méthodes d'évaluation contingente, de coût de déplacement ou de valeur économique marginale de l'augmentation des débits), ce qui fournirait une valorisation additionnelle allant de 5 à 300 €/ha/an.

En raison de la dispersion de ces valeurs, il est difficile d'attribuer à l'écosystème forestier du PNG une valeur économique à partir de cette étude car le rôle de l'écosystème forestier dans l'approvisionnement en eau n'a pas pu être clairement mis en avant par des références robustes. Sans démonstration scientifique précise du service de l'écosystème forestier, il n'est pas possible de transférer ces valeurs d'approvisionnement des forêts américaines.

Considérons cet aspect d'un autre point de vue, en étudiant l'impact de la déforestation sur la disponibilité en eau douce. Plusieurs études ont souligné l'effet négatif de la déforestation sur cette disponibilité (Huntoon, 1992). Van Beukering et coll. ont, eux, souligné l'effet positif de la conservation des forêts tropicales humides sur cette disponibilité (Van Beukering et al., 2003). Ils comparent 3 scénarios d'évolution de l'écosystème

forestier : un scénario « conservation » où la forêt est préservée ; un scénario « usages sélectifs » où seuls quelques usages de la forêt sont autorisés, dans des proportions contrôlées ; et un scénario « déforestation » où les usages sont autorisés sans limitation (coupe de bois, construction de routes, usages agricoles, etc.). L'étude de l'évolution de l'approvisionnement en eau douce selon ces 3 scénarios montre une réduction de la disponibilité en eau douce pour le scénario « déforestation », une augmentation lente de la disponibilité pour le scénario « usages sélectifs » et plus marquée pour le scénario « conservation ». L'étude montre des variations de disponibilité de 25% pour le scénario « usages sélectifs » à 80% pour le scénario « déforestation » sur seulement 10 ans.

Ainsi, la déforestation de la zone cœur de PNG pourrait avoir un effet sensible sur la disponibilité en eau douce. Cette déforestation pourrait causer une baisse de disponibilité en eau au moins égale à 20%, ce qui représente une perte d'environ 6 millions de m³ pour l'eau potable de surface et 1 million de m³ pour l'eau souterraine, soit environ 14 millions d'euros par an pour un prix moyen de l'eau potable de 2 €/m³ (Agréste Guadeloupe, 2011). A cela s'ajoutent les frais supplémentaires pour satisfaire la demande en eau potable en trouvant d'autres moyens de production d'eau douce (usine de dessalage, forage et exploitation de nappes souterraines) et le traitement de celle-ci. Ces valeurs n'ont pas pu être estimées ici mais pourraient atteindre plusieurs dizaines de millions d'euros. La valeur estimée ne tient également pas en compte les revenus générés par le captage de l'eau de source de bouteilles (Matouba à Saint-Claude et Capès-Dolé à Gourbeyre qui dépendent de l'approvisionnement en eau du PNG). Même si la production de bouteilles d'eau de source ne serait a priori pas affectée par une baisse de disponibilité de 20% en eau douce, cela pourrait créer des surcoûts éventuels de stockage, ou de moyens de captage, qu'il n'a pas été possible d'estimer ici.

2.2.2 Eau d'irrigation

Pour l'irrigation, les écosystèmes de la zone cœur du PNG occupent une position stratégique : les prélèvements les plus importants sont situés en périphérie immédiate du PNG ou un peu en aval dans un bassin versant dont l'amont est situé dans la zone cœur (cf. figure ci-dessous). La zone cœur de Parc contribue ainsi à environ 90% du volume d'eau pour l'irrigation qui s'élève à 15 millions de m³ (SDAGE 2010-2015). Les périmètres irrigués recouvrent une surface de 9300 ha (SDAGE 2003) ce qui inclut une grande surface agricole en Grande-Terre pour lesquelles le transfert d'eau est organisé depuis les rivières à débit important de Basse-Terre (grande rivière à goyaves) et les retenues (Dumanoir et Moreau) (cf. figures ci-dessous)

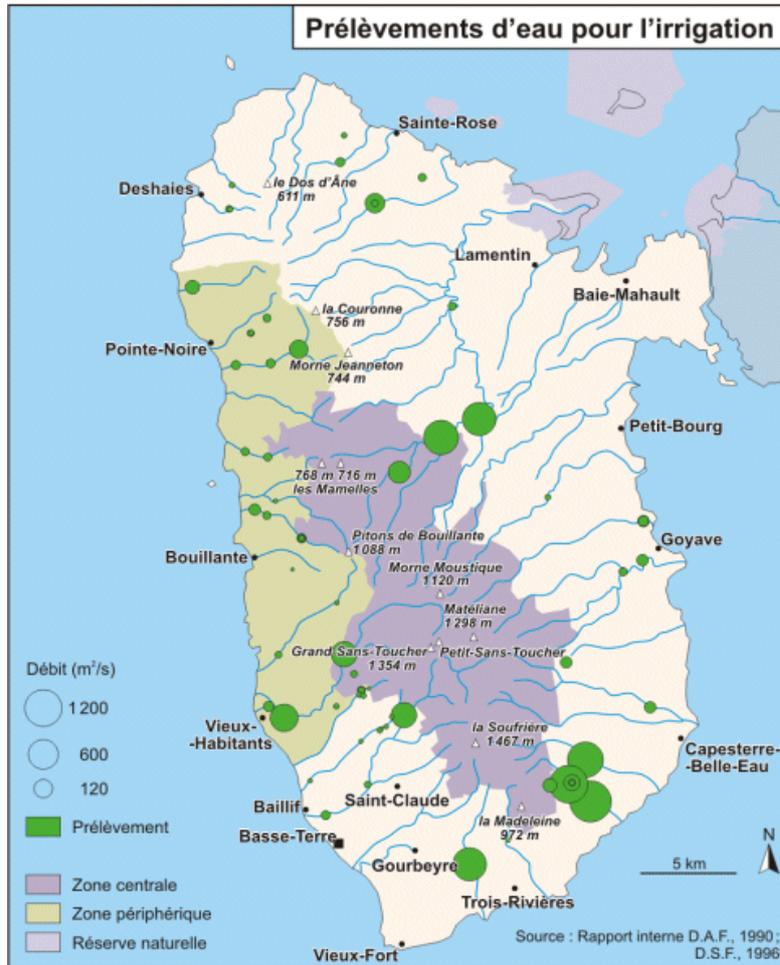


Figure 27: carte des prélèvements d'eau pour l'irrigation



Figure 28: Carte de l'utilisation des eaux d'irrigation en Guadeloupe

Une baisse de disponibilité de 20% sur les eaux d'irrigation causerait une perte en volume de plus de 1,4 millions de m³, ce qui représente une perte économique de 2,8 millions d'euros par an avec un prix de vente variant autour de 0,10 €/m³ (SDAGE, 2003). Cette baisse de disponibilité pourrait également nécessiter des frais pour la construction d'au moins quatre barrages supplémentaires comme le barrage de Dumanoir qui a une capacité de 630000 m³ pour un investissement de 31 millions d'euros (investissement sur 30 ans) (CG971,

n.d.). Ces nouvelles infrastructures nécessiteraient un investissement représentant une valeur de 5 millions d'euros par an, si l'investissement est réalisé sur 30 ans.

2.2.3 Eau pour la production d'hydroélectricité

Les précipitations en altitude sur Basse-Terre représentent un potentiel intéressant pour la production d'énergie hydraulique, qui utilise l'énergie potentielle de l'eau pour la transformer en électricité. Il existe actuellement 5 microcentrales hydroélectriques sur Basse-Terre, sur les bords du Carbet et sur le canal Saint-Louis. Ces microcentrales totalisent une puissance de 9,6 MW¹³. Ces centrales garantissent par ailleurs un certain respect de l'environnement, puisqu'elles fonctionnent au fil de l'eau, c'est-à-dire sans retenue sur le cours de la rivière et que leur alimentation est assurée grâce à de l'eau non consommée par l'irrigation.

La production annuelle d'hydroélectricité de 21 GWh en 2008¹⁴ génère un chiffre d'affaires d'environ 1,9 millions d'euros (prix de rachat EDF estimé à 9cts/KWh pour les centrales de petite dimension). Avec une part des consommations intermédiaires estimées à 20%¹⁵, la valeur ajoutée brute de l'hydroélectricité en Guadeloupe est estimée à 1,5 millions d'euros. Une baisse de disponibilité en eau douce de 20% pour la production d'hydroélectricité causerait une perte économique (estimée sur la base de production 2008) de 300000 euros par an. Cette valeur ne prend pas en compte le potentiel de développement de l'hydroélectricité en Guadeloupe et l'installation éventuelle de

Enfin, la contribution à l'approvisionnement en eau douce de l'écosystème forestier représente une valeur cumulée pour l'eau potable et l'eau d'irrigation (en coûts évités) d'environ 20 millions d'euros par an soit une valeur unitaire de 1300 €/ha/an pour une surface d'écosystème forestier de 14800 ha.

2.3 Aide à la recharge des aquifères souterrains

La connaissance sur les nappes souterraines de Basse-Terre est encore limitée. Cela tient à la grande complexité de la structure géologique de Basse-Terre et à la difficulté d'y conduire des forages pour sonder les nappes souterraines qui y sont présentes. Le BRGM a mené plusieurs travaux de recherche d'eaux souterraines en Basse-Terre au cours des années 1990 (BRGM, 1992 ; 1996) mais ces derniers n'ont pas abouti à une connaissance générale des nappes d'eaux souterraines à l'échelle de Basse-Terre. Ces études se sont cantonnées à identifier des zones possibles de forages pour l'eau car les masses d'eaux souterraines de Basse-Terre sont très hétérogènes, à la différence des nappes de Grande-Terre, facilement localisables et bien connues. La dernière étude du BRGM sur les nappes souterraines de Basse-Terre (BRGM, 2009) fournit un bon aperçu de la complexité des structures géologique de Basse-Terre et de la difficulté de localisation et d'estimation de volumes des nappes d'eaux souterraines. Elle fournit une carte permettant de distinguer les zones infiltrantes des zones ruisselantes. Mais toutes ces données ne permettent pourtant pas de décrire le rôle de l'écosystème forestier dans la recharge de ces nappes d'eaux souterraines.

L'exposition récente sur l'eau à la Maison de la Forêt (sur la route de la traversée) fait état de ce service en signalant que les arbres « favorisent l'infiltration qui recharge les nappes souterraines ». Par ailleurs, il semble a priori évident que le ralentissement du débit par le couvert forestier facilite l'infiltration de l'eau dans le sol (L. Ducreux, comm. pers.). Mais il n'a pas été possible de qualifier plus avant cette infiltration. Des études ont démarré et les premiers forages en Basse-Terre seront réalisés courant 2013, qui permettront de disposer de plus d'informations sur l'importance des nappes souterraines. (L. Ducreux, comm. pers.) Ces premiers forages permettront de connaître les volumes des nappes souterraines, leur localisation, la dynamique de rechargement en fonction des précipitations et leur rôle dans le soutien d'étiage (voir plus bas). Dans le cadre de ces recherches prospectives, il n'est pas prévu de travaux pour mieux définir le rôle des forêts dans la recharge de ces nappes, mais ce travail pourra être conduit par la suite, en collaboration avec le Parc. Compte-tenu du manque de données sur ce service, il n'est donc pas possible d'en estimer sa valeur économique.

2.4 Maintien de la bonne qualité des eaux

La qualité des eaux de surface est un aspect essentiel de l'approvisionnement en eau potable en Guadeloupe. Les cours d'eau du PNG sont d'une bonne qualité physicochimique (SDAGE 2010-2015) mais, plus en aval, ces mêmes cours d'eau sont menacés par de nombreuses pollutions (cf. figure ci-dessous). Il apparaît ainsi clairement que la zone cœur de Parc joue un rôle déterminant dans la qualité des eaux : tous les cours d'eau qui le traversent sont dits « remarquablement bien préservés des dégradations anthropiques ». Certains de ces cours d'eau apparaissent plus en aval comme menacés voire dégradés.

¹³ Pour donner un ordre de grandeur, les plus grandes éoliennes ont aujourd'hui une puissance moyenne d'environ 6 MW, une centrale nucléaire a une capacité de production moyenne d'environ 1000 MW.

¹⁴ Données issues du site web Insee.fr

¹⁵ Estimation prenant en compte les années de renouvellement de matériel et la période moyenne d'utilisation des turbines, confirmée par un expert-comptable spécialisé en microcentrales hydro-électrique (M.N Combabessouse, comm. pers.)

Malgré ce rôle de protection de la qualité, il est difficile de mettre en évidence le rôle de purification ou de bioremédiation des forêts. Ces cours d'eau ne sont pas pollués plus en amont. Il est donc plus juste dans ce cas de figure de mettre en avant le service de maintien de la bonne qualité des eaux pour l'approvisionnement en eau douce.



Figure 29 : Qualité des cours d'eau de Basse-Terre

La méthode des coûts de remplacement est la plus couramment utilisée pour évaluer le service d'autoépuration des eaux (ou tout du moins de maintien de la bonne qualité). On cherche ainsi à évaluer les coûts de traitement de l'eau qui seraient nécessaires si les écosystèmes garants de la bonne qualité (forêt, zone humide) venaient à disparaître.

En l'absence de données économiques précises sur le traitement de l'eau de surface destinée à l'eau potable, on recherche dans la littérature les valeurs disponibles. Les résultats obtenus par les études sur l'épuration de l'eau sont assez disparates (CGDD, 2010). Ceci s'explique par la dépendance des valeurs au contexte socio-économique dans lequel se situe la zone humide étudiée et notamment à la densité de population et au nombre d'usagers.

Pour une fourniture d'eau potable comparable (57 millions de m³/an), le coût de remplacement du service d'épuration de la plaine inondable de la Saône est estimé à 5,6 à 13,3 millions d'euros par an (CGDD, 2010). Ces valeurs semblent raisonnables et peuvent être transférées au cas de la Guadeloupe, sans pondération par les indicateurs macroéconomique. Les valeurs unitaires obtenues pour ce service sont donc comprises entre 380 €/ha/an à 900 €/ha/an, soit une valeur moyenne de 640 €/ha/an.

2.5 Régulation des crues

La Guadeloupe est soumise à de risques naturels multiples : cyclones, éruptions, secousse sismique. Plus fréquentes sont les crues et les inondations qui constituent un risque remarquable et causent des dégâts matériels souvent importants et parfois des pertes humaines. Les crues sont des phénomènes engendrés par de fortes pluies, et qui se traduisent, en Guadeloupe, par une augmentation forte et soudaine des débits des cours d'eau. Le risque inondation est la conséquence de deux composantes : l'eau qui peut sortir de son lit habituel d'écoulement ou apparaître, et l'homme qui s'installe dans la zone inondable pour y implanter toutes sortes de constructions, d'équipements et d'activités.

L'écosystème forestier assure un service de régulation des crues en limitant le volume et le temps de montée de la crue. Tout d'abord, il intercepte une partie des eaux de pluie et permet à l'eau de s'infiltrer dans le sol. L'eau infiltrée va alimenter les nappes souterraines ou être stocké dans le sol. Etant donné les précipitations

fréquentes et importantes sur le massif de la Soufrière, les sols sont bien souvent saturés en eau. La capacité maximale de percolation sur Basse-Terre est ainsi estimée à 5 mm/heure (Morell, 1989). Une partie de cette eau infiltrée va également être libérée par évapotranspiration des plantes (16% environ). Cette évapotranspiration permet de réduire partiellement les flux d'eau apportés par les fortes pluies sur le massif.

Ensuite, un rôle important joué par la forêt lors des crues est le retardement de l'écoulement (pour 16% des précipitations environ) et le ralentissement de la vitesse de ruissellement. Sur le massif de la Soufrière en particulier, les fortes pentes entraînent un écoulement très rapide et des crues qui peuvent être dévastatrices. Ainsi, les flux d'eau sont trois fois plus importants pour une forêt secondaire que pour une forêt primaire (Kramer et al., 1995). Sans le couvert végétal de l'écosystème forestier, il y a fort à penser que les crues seraient beaucoup plus dévastatrices que les épisodes de crues à Basse-Terre jusqu'à présent.

L'importance et la forme des crues sont fonctions des hauteurs d'eau précipitées au cours de durées inférieures au temps de concentration des bassins versants, qui sont de l'ordre de l'heure ou de quelques heures (Comte, 2012). Le temps de concentration des eaux sur un bassin versant se définit comme le maximum de durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exutoire de ce dernier.

Dans le cas d'une crue, le débit de pointe est la variable la plus importante. Sa grandeur détermine l'impact de la crue et les dégâts causés. Le débit de pointe est exprimé par la formule suivante :

$$\text{Débit de pointe} = 0,278 * \text{coefficient de ruissellement} * \text{intensité de pluie} * \text{aire du bassin}$$

Il est évident que le coefficient de ruissellement est la seule variable sur laquelle l'homme peut jouer pour réduire le débit de pointe et donc les impacts des crues. Ce coefficient est exprimé par la formule :

$$\text{Coefficient de ruissellement} = \text{volume d'eau ruisselée} / \text{volume d'eau précipitée}$$

Or ce coefficient dépend largement du couvert végétal. Les valeurs couramment admises dans la littérature¹⁶ pour les couverts végétaux en France métropolitaine sont :

- Forêt bois : C = 0,05 à 0,1
- Prairie : C = 0,1 à 0,15
- Culture : C = 0,2 (blé à maturité) à 0,7 (vigne)
- Zone résidentielle : C = 0,4 à 0,5
- Zone urbaine dense : C = 0,7 à 0,8
- Zone imperméabilisée : C = 1

Ainsi, l'écosystème forestier peut limiter par un facteur compris entre 2 et 16 le débit de pointe par rapport à des zones agricole, résidentielle ou urbaine. Il contribue donc largement à limiter les impacts des inondations.

Pour l'évaluation économique, deux approches peuvent être utilisées:

- par le coût des dommages évités ;
- par le coût de remplacement, c'est à dire le montant des travaux nécessaires pour atteindre un coefficient de ruissellement équivalent à celui généré par le couvert végétal. Il s'agit, le plus souvent, de la construction d'un barrage car peu de procédés artificiels permettent de jouer le rôle de régulation des inondations que jouent les forêts.

L'utilisation de la méthode des dommages évités nécessite l'utilisation de données scientifiques importantes sur l'aléa, l'occupation du sol, la vulnérabilité des activités économiques aux différents niveaux de crue. A priori un modèle hydraulique est nécessaire pour estimer les paramètres qui ont un impact sur les dommages ainsi que des modèles hydrologique et météorologique pour estimer la fréquence des événements climatiques à l'origine des crues. En l'absence de modèles précis à l'échelle de Basse-Terre (hydrauliques surtout), les auteurs des différentes études sur l'évaluation du service de régulation des crues ont utilisé des approximations à dire d'experts pour avoir des estimations grossières des dommages en se basant sur des crues connues.

Les valeurs obtenues en France métropolitaine pour le service d'écroulement de crues des zones humides (rôle de tampon de crues par la présence de champ d'expansion) sont estimées entre 37 et 163 €/ha/an par la méthode des dommages évités et entre 37 et 570 €/ha/an par la méthode des coûts de remplacement (CGDD, 2010). La valeur donnée par l'étude récente de de Groot et coll. (de Groot et al., 2012) donne une valeur de régulation du débit d'eau à l'échelle mondiale (inondations et soutien d'étiage inclus) de 260 €/ha/an. cette dernière valeur de 260 €/ha/an est donc retenue. Il s'agit ici d'estimations qui dépendent de l'intensité des inondations intervenues au cours des dernières années. La Guadeloupe étant en zone particulièrement sensible aux inondations, cette valeur est donc à considérer comme un minimum.

¹⁶ Valeurs issues du site web www.risques-meteo.ac-versailles.fr consulté pour la dernière fois le 28 septembre 2012

2.6 Soutien d'étiage

Pendant le carême, la demande en eau (notamment pour l'irrigation) est la plus forte, et on assiste à une inadéquation entre les besoins et les ressources mobilisables (SDAGE 2010-2015). Des communes des Grands-Fonds et du Nord de Grande-Terre ont connu ces dernières années des coupures d'eau en carême. Les volumes disponibles pour l'irrigation sont insuffisants et des tours d'eau sont organisés presque chaque année.

Ce déficit chronique d'alimentation en eau important en période de carême peut s'expliquer principalement par le fait que les prélèvements d'eau sont effectués en rivières et que les cours d'eau ont des débits insuffisants en carême. Ainsi, les cours d'eau de Basse-Terre, compte tenu de ses caractéristiques géomorphologiques ne permettent pas d'assurer un soutien d'étiage suffisant pour satisfaire la demande en eau douce.

A cela s'ajoutent un mauvais rendement des réseaux d'adduction et de distribution relativement vétustes (seulement 50 % de l'eau prélevée dans le milieu arrive au robinet des usagers), des difficultés de stockage de la ressource du fait de sa disparité dans l'espace et le temps, et une interconnexion insuffisante des réseaux : le niveau de maillage des réseaux est relativement faible (SDAGE 2010-2015).

Le rôle des forêts dans le soutien d'étiage est mal connu et encore peu étudié en Guadeloupe. Si ce rôle paraît évident (la forêt stocke une grande quantité d'eau qu'elle peut restituer lorsque le débit des cours d'eau se tarit), il n'a pas été possible de trouver des informations précises et scientifiquement avérées sur cette fonction importante. Pourtant, des études ont mis en avant le rôle des zones humides dans le soutien d'étiage (CGDD, 2010). Mais il est difficile de considérer ce service dans le cadre de cette évaluation sans preuves tangibles.

Il semble que les nappes souterraines jouent un rôle très important dans le soutien d'étiage de certaines des rivières de Basse-Terre. Ce rôle sera démontré plus avant dans le cadre d'un projet à venir du BRGM (L. Ducreux, comm. pers.). Mais si les nappes jouent un rôle dans le soutien d'étiage et les forêts dans la recharge des nappes, alors la forêt pourrait jouer un rôle indirect dans le soutien d'étiage.

Les évaluations économiques du soutien d'étiage utilisent la méthode des coûts de remplacement (remplacement en cas de perte du service par des barrages réservoirs). Les valeurs trouvées sont assez homogènes et sont comprises entre 45 et 150 €/ha/an (CGDD, 2010). Etant donné le peu de références justifiant de ce service procuré par les forêts il est cependant difficile de justifier d'une telle valeur pour l'écosystème forestier du cœur de Parc. Cette valeur ne pourra donc pas être prise en compte ici, faute d'études plus approfondies sur le rôle des forêts dans le soutien d'étiage.

2.7 Support de biodiversité

Comme décrit plus haut, les écosystèmes forestiers et aquatiques de Basse-Terre sont le support d'une vie intense, mais surtout végétale : plus de trois cent espèces d'arbres, près de trois cents espèces de fougères, une centaine d'espèces d'orchidées. La faune est moins diversifiée, en raison du caractère insulaire de la Guadeloupe et de la distance du continent (Van Laere et Dumoulin, 2011). Pourtant, on recense de nombreuses espèces d'oiseaux, dont une bonne part d'espèces endémiques, qui utilisent l'écosystème forestier comme zones refuges, des zones d'habitat, de nourrerie et de reproduction. Également, des reptiles, batraciens et mammifères y trouvent refuge, site de nourrerie et/ou de reproduction¹⁷.

Pour de nombreuses espèces aquatiques, les cours d'eau représentent des zones refuges, des sites de nourrerie ou de reproduction: crabe cirique, cacadors, crevette-ouassou, colle-roche, anguille, mulot de montagne, etc. Ces espèces utilisent l'ensemble des cours d'eau au cours de leur cycle de vie (Dominique Monti, comm. pers.). Par exemple, les crevettes-ouassous queue rouge adultes vivent dans les parties moyennes à hautes des rivières où ils se reproduisent d'avril à novembre. Ils pondent entre septembre et novembre. Les femelles transportent alors les œufs prêts à éclore en aval de la rivière. Les œufs sont ensuite emportés vers l'embouchure de la rivière où les juvéniles éclos se développeront. Ces juvéniles remontent ensuite la rivière entre décembre et mars.

L'évaluation du service de support de biodiversité est rendu très difficile par plusieurs aspects :

- Le service de support de biodiversité détermine la fourniture de la plupart des autres services (approvisionnement, culturel et régulation) et il est difficile de donner une valeur économique à ce service sans faire de double-comptage avec les autres services ;
- Le service de support de biodiversité est difficile à évaluer sans avoir recours à des méthodes non-marchandes comme celle de l'évaluation contingente (cf. annexe 4 sur les méthodes d'évaluation) plus difficile à mettre en œuvre que les autres méthodes ;
- Lorsque l'on choisit d'évaluer ce service par des méthodes marchandes, sa valeur dépend des usages qui sont fait de la biodiversité ; or, dans le cas d'écosystèmes protégés où les usages sont limités, la valeur est très faible, et ne traduit pas la valeur réelle de ce service.

¹⁷ Les auteurs renvoient à l'ouvrage de G. Van Laere et M. Dumoulin pour une description détaillée et illustrée de la biodiversité des milieux forestiers et aquatiques continentaux de Guadeloupe (Van Laere et Dumoulin, 2011).

Compte-tenu de ces remarques, la valeur de support de biodiversité n'est pas considérée dans l'évaluation économique réalisée ici.

2.8 Séquestration de carbone atmosphérique

L'écosystème forestier est après le plancton océanique et avec les tourbières et les prairies, le principal puits de carbone naturel planétaire, essentiel au cycle du carbone. Il accumule d'énormes quantités de carbone dans le bois, les racines, le sol et l'écosystème via la photosynthèse : les plantes des forêts absorbent le CO₂ atmosphérique et rejettent du dioxygène en conservant le carbone sous forme organique. Chez les arbres, les essences pionnières, à croissance rapide (ex : Bois-canon) n'absorbent généralement que peu de carbone et le relarguent vite et facilement. Au contraire, les bois durs et denses en contiennent beaucoup plus, et pour le plus longtemps, mais ils croissent généralement bien plus lentement. À maturité, l'absorption est moindre, mais le carbone représente environ 20 % du poids des arbres (en moyenne, et jusqu'à 50 % et plus pour des bois denses tropicaux). Quand l'arbre meurt, il est décomposé et son carbone est recyclé sous forme de biomasse, nécromasse (*cadavres, excréments et excréments de ces organismes*) et sous forme de gaz (CO₂, méthane, libérés dans l'atmosphère ou l'eau).

Les inventaires forestiers de la FAO distinguent cinq stocks de carbone (FAO, 2010) :

- la biomasse aérienne ; « carbone présent dans toute la biomasse vivante au-dessus du sol, y compris les tiges, les souches, les branches, l'écorce, les graines et le feuillage » ;
- la biomasse souterraine ; « carbone présent dans toute la biomasse de racines vivantes. Les radicelles de moins de deux mm de diamètre sont exclues car il est souvent difficile de les distinguer empiriquement de la matière organique du sol ou de la litière » ;
- carbone du bois mort : « carbone présent dans toute la biomasse ligneuse non vivante hors de la litière, soit sur pied, soit gisant au sol, soit dans le sol. Le bois mort comprend le bois gisant à la surface, les racines mortes et les souches dont le diamètre est supérieur ou égal à dix cm ou tout autre diamètre utilisé par le pays ;
- carbone de la litière : « carbone présent dans toute la biomasse non vivante dont le diamètre est inférieur au diamètre minimal pour le bois mort (p. ex. dix cm), gisant à différents stades de décomposition au-dessus du sol minéral ou organique »
- carbone dans le sol : « carbone organique présent dans les sols minéraux et organiques (y compris les tourbières) jusqu'à une profondeur spécifique indiquée par le pays et appliquée de façon cohérente à travers toutes les séries chronologiques »

Certaines références avaient établi que les forêts tropicales étaient neutre en carbone (elles fixaient autant de carbone qu'elles en relarguaient). Mais une étude récente démontre que ces forêts sont globalement des puits de carbone (elles stockent le carbone atmosphérique plus qu'elles n'en relarguent) (Chave et al., 2008). En l'absence de références plus détaillées sur ces aspects, ce service ne sera pas évalué dans cette étude.

3 Synthèse des valeurs économiques

Les valeurs économiques estimées pour les écosystèmes du PNG sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10: Valeurs économiques des services des écosystèmes du PNG

Ecosystème	Biocénose	Service	Valeur unitaire (€/ha/an)	Surface considérée (ha)	Valeur totale (€)
Ecosystème forestier	Forêts et savanes, cours d'eau	Lutte contre l'érosion hydrique	4000	14800	59200000
	Forêts et savanes, cours d'eau	Approvisionnement en eau douce	1300	14800	19240000
	Forêts et savanes, cours d'eau	Purification de l'eau	640	14800	9472000
	Forêts et savanes, cours d'eau	Régulation des crues	260	14800	3848000
Ecosystème marin	Récif corallien	Protection côtière, maintien des plages et du littoral	600	250	150000
	Herbiers		71400	82	5854800
	Mangroves		10500	790	8295000

	Récif corallien	Production de biomasse capturable	5130	250	1282500
	Herbiers		1350	820	1107000
	Mangroves		720	790	568800
	Récif corallien	Traitement des eaux côtières	40	250	10000
	Herbiers		1100	820	902000
	Mangroves		13400	790	10586000
TOTAL					120516100

La valeur économique des services écologiques du cœur du PNG est estimée annuellement à plus de 120,5 millions d’euros. Au regard de leur contribution à la formation de valeur économique totale (VET), les écosystèmes du PNG affichent une prestation inégale (cf. figure ci-dessous). Les forêts, savanes et cours d’eau y contribuent le plus, avec une valeur des services estimée à 92 M € (soit 76% de la VET). Les mangroves apportent une contribution plus modeste, de l’ordre de 20 M€ (soit 16% de la VET), tandis que celles des herbiers et des récifs sont moindre encore (respectivement 8 et 1,5 M€ soit 6% et 1%).

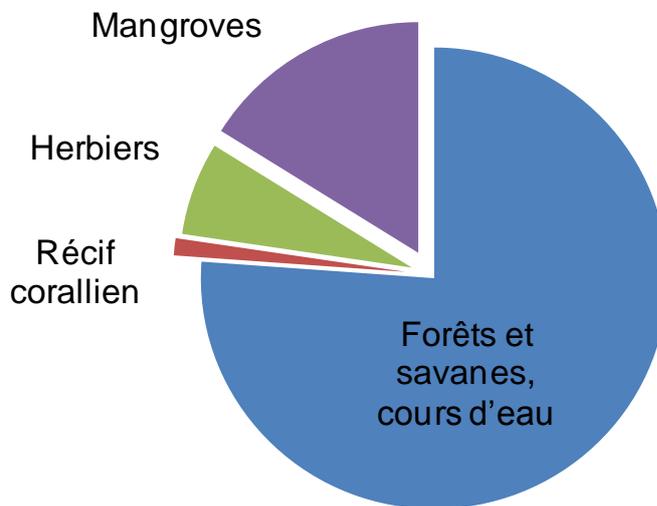


Figure 30: Répartition de la valeur économique totale annuelle par écosystèmes

Estimé à près de 60 M€, le service de lutte contre l’érosion hydrique de l’écosystème forestier représente plus de la moitié de la VET (cf. figure suivante). Les services liés à l’approvisionnement et au traitement des eaux douce et côtières par l’écosystème forestier et les mangroves représentent 36% de la VET (respectivement 19 M€, 11 M€ et 9 M€ pour l’approvisionnement en eau douce des forêts, le traitement des eaux côtières des mangroves et la purification de l’eau par les forêts). Les services de protection côtière assuré par les mangroves (8 M€), les herbiers (6 M€) ainsi que ceux liés à la régulation des crues de l’écosystème forestier sont plus modestes (respectivement 8, 6 et 4 M€).

Les services les plus importants en valeur économique annuelle sont la lutte contre l’érosion hydrique, l’approvisionnement en eau douce et la purification de l’eau de l’écosystème forestier (

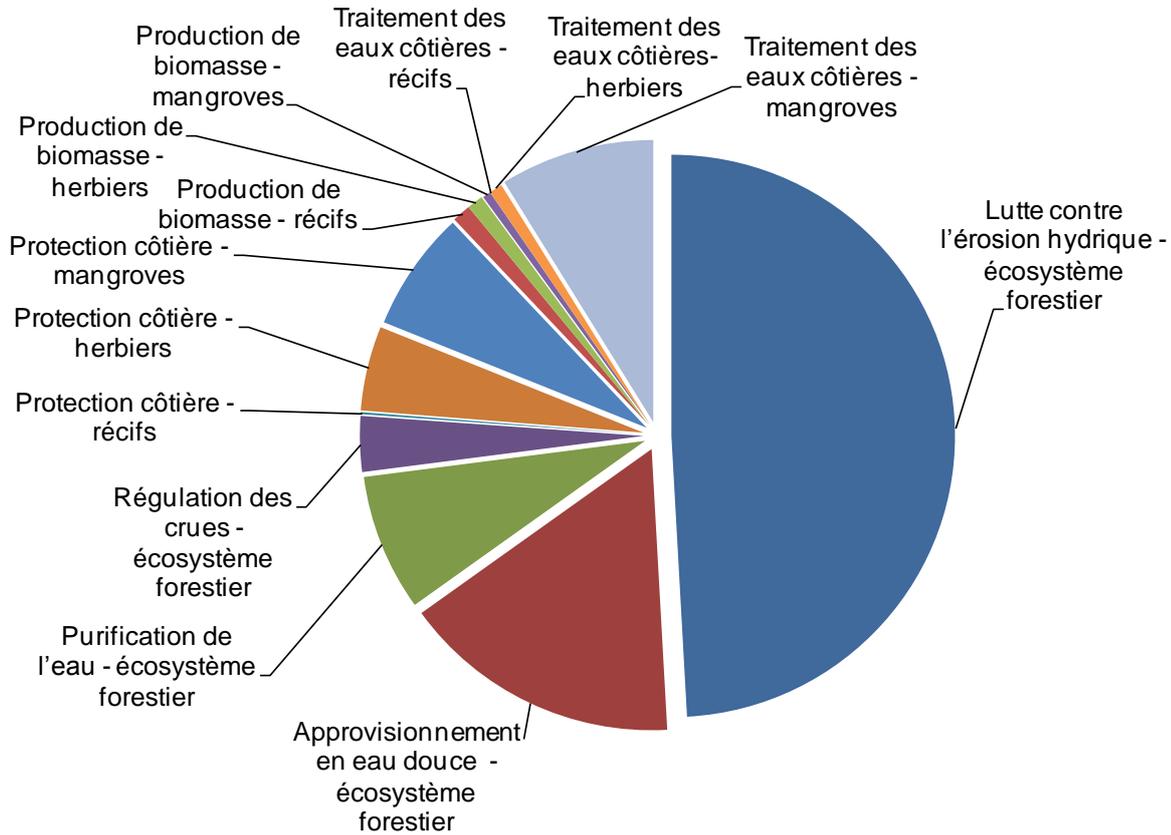


Figure 31). Ensuite, le traitement des eaux côtières et la protection côtière des mangroves, la protection côtière des herbiers représentent des valeurs plus importantes que celles des mêmes services assurés par les récifs coralliens.

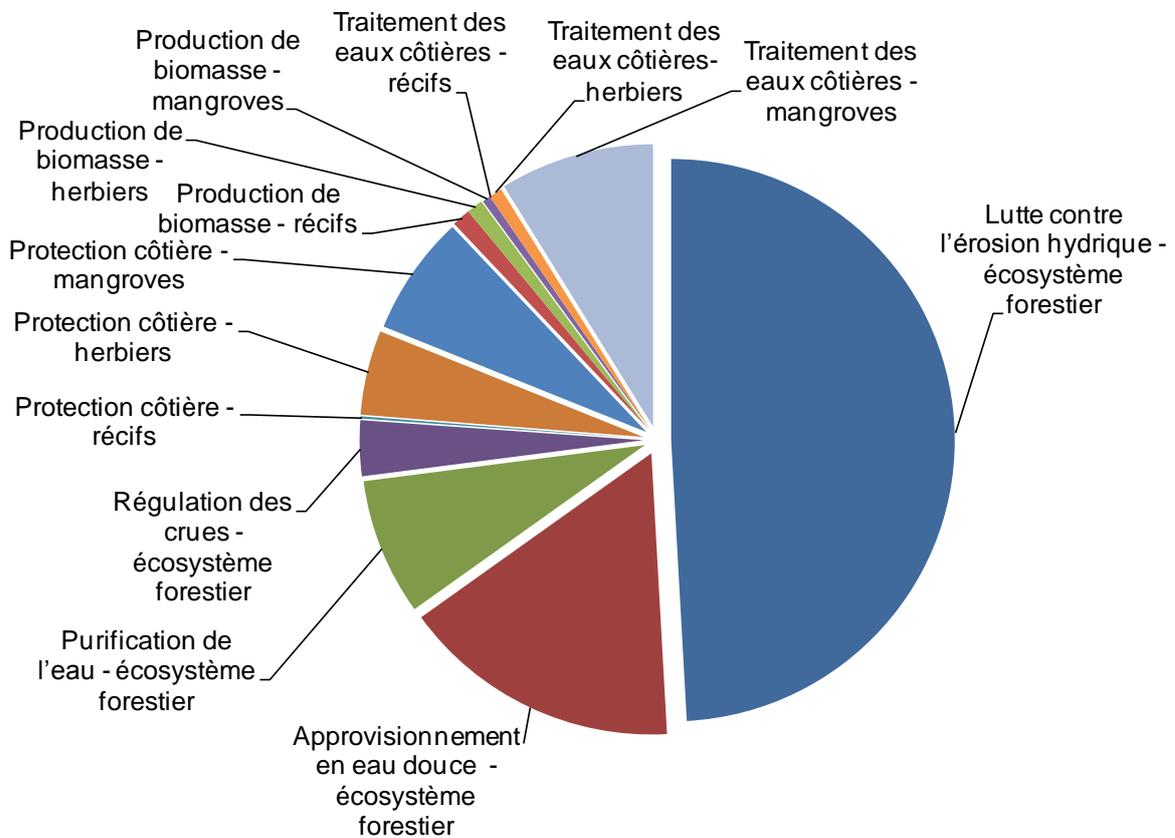


Figure 31: Répartition de la valeur économique annuelle des services des écosystèmes du PNG

Lorsque l'on rapporte la VET à la superficie de chacun des écosystèmes, la répartition change : les herbiers représentent la plus forte valeur par hectare de PNG (66%), devant la mangrove (22%). Les récifs coralliens, les forêts, les savanes et les cours d'eau représentent chacun environ 5% de la valeur unitaire (Figure 32).

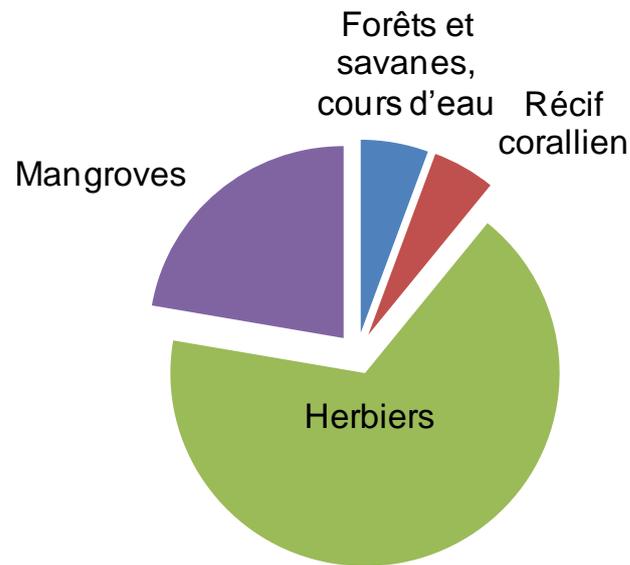


Figure 32: Attribution de la VET à chaque écosystème en fonction de leur superficie

De tous les services écologiques, celui de la protection côtière des herbiers présente la plus forte valeur unitaire (figure suivante). En d'autres termes, bien qu'il soit important de porter les efforts de protection et de conservation sur les écosystèmes qui présentent une forte valeur globale des services rendus, il est tout aussi conséquent de porter une attention à ceux dont la valeur par hectare est la plus forte, comme les herbiers. Le retour sur l'investissement en matière d'amélioration de l'habitat est beaucoup plus élevé.

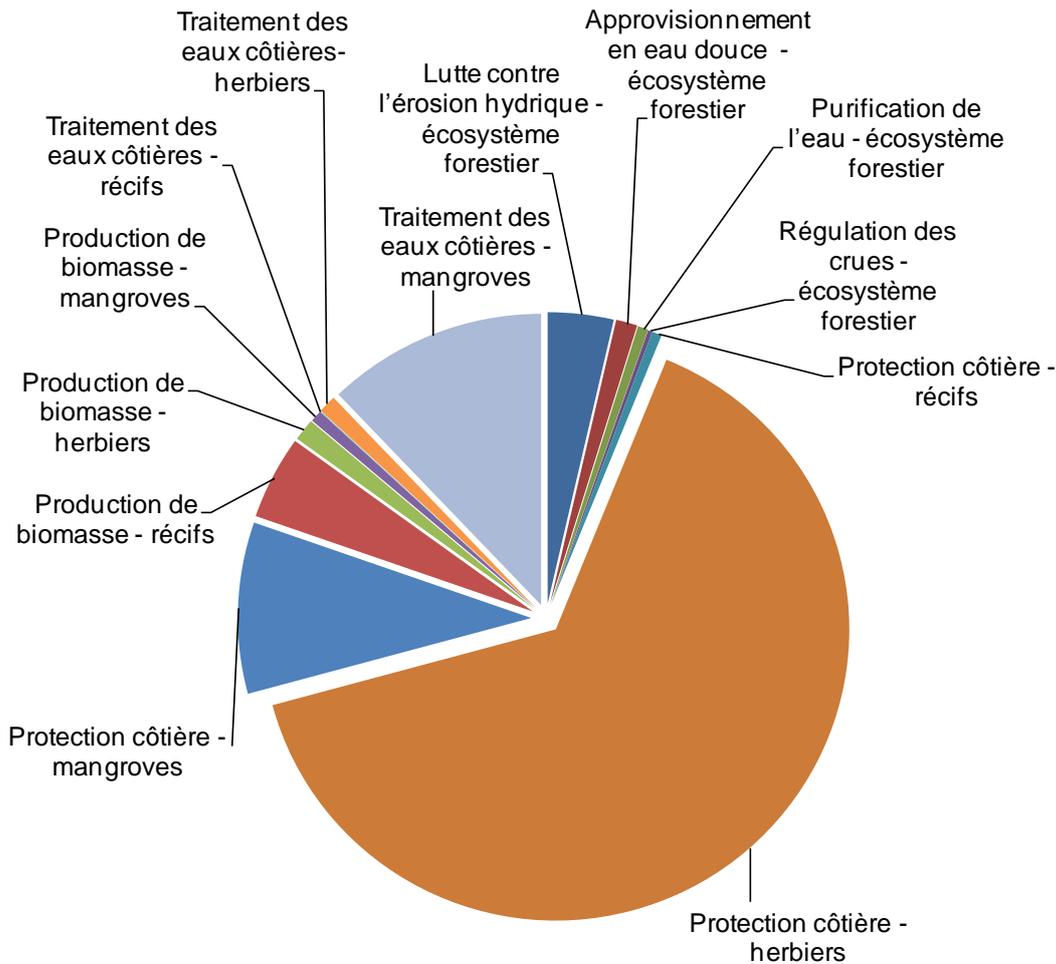


Figure 33: Répartition des valeurs économiques annuelles par unité de surface

4 Mettre en valeur les bénéfices de la protection du Parc national

4.1 Les bénéfices économiques procurés par le Parc national

Pour aller plus loin dans le travail d'évaluation, on s'intéresse désormais aux bénéfices de la protection du Parc national dans ses zones de cœur. Le PNG assure une limitation des usages extractifs et, de manière plus générale, évite les surexploitations des écosystèmes par les différents usages qui en sont fait (exploitation du bois, pêche commerciale, tourisme balnéaire, randonnées, activités nautiques, plongée, canyoning, pêche récréative, etc.). Sans le PNG, les écosystèmes seraient protégés par une réglementation moins restrictive des usages et fréquentations, tant pour les écosystèmes forestiers que marins.

Afin d'évaluer les bénéfices économiques de la protection offerte par le PNG, on se propose d'évaluer la valeur économique des services écologiques des écosystèmes sur une période de 25 ans pour 2 scénarios : 1) scénario « conservation par le PNG » ; et 2) scénario « gestion des écosystèmes sans PNG ». En estimant les différences de valeurs entre ces deux scénarios, il sera alors possible de connaître les bénéfices économiques de la protection des écosystèmes par le PNG.

Ces bénéfices économique sont évalués à l'aune des menaces et pressions qui pèsent sur les écosystèmes marins et terrestres du PNG tels qu'identifiées dans le chapitre 2. Deux scénarios d'évolution à long-terme

Définissons tout d'abord nos deux scénarios. Le premier scénario « conservation par le PNG » implique une mise en œuvre de la charte du PNG (PNG, 2011 ; PNG, 2012). Cette charte prévoit des mesures ayant un impact direct sur la conservation de l'état de santé des écosystèmes des cœurs de PNG, parmi lesquelles (PNG, 2012)¹⁸:

¹⁸Les objectifs de la charte associés à une meilleure connaissance des écosystèmes par les Guadeloupéens et les touristes et, ainsi, l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement ne sont pas prises en compte ici mais participent largement à la protection des écosystèmes du Parc, et de la Guadeloupe dans son ensemble.

- Mesure 1.2.1.1 : limiter les risques d'introduction d'espèces exotiques envahissantes ;
- Mesure 1.2.1.2 : limiter les atteintes directes et les prélèvements sur le patrimoine naturel ;
- Mesure 1.2.1.3 : encadrer l'utilisation du feu ;
- Mesure 1.2.2.3 : éradiquer les dépôts sauvages de déchets ;
- Mesure 1.2.3.1 : assurer une surveillance des cœurs adaptée aux enjeux ;
- Mesure 1.3.4.1 : encadrer la pratique de la plongée et des autres activités sur le cœur des îlets Pigeon ;
- Mesure 1.3.4.2 : encadrer les activités sportives et touristiques dans les cœurs du Grand Cul-de-sac marin ;
- Mesure 1.3.4.3 : encadrer les activités de nature dans le cœur forestier de la Basse-Terre ;
- Mesure 1.4.2.1 : accompagner une activité agricole respectueuse du patrimoine dans la vallée de la Grande Rivière de Vieux-Habitants (seule vallée incluse en cœur de Parc et contenant des activités agricoles – arboriculture fruitière, maraîchage, élevage, vanille, café, cacao) ;
- Mesure 1.4.2.2 : limiter au maximum les activités sylvicoles ; et
- Mesure 1.4.2.3 : définir une réglementation de la pêche en mer adaptée dans la zone de cœur des îlets Pigeon.

Le deuxième scénario « gestion des écosystèmes sans PNG » implique une gestion des écosystèmes identique à celle des autres écosystèmes de Guadeloupe. Ces écosystèmes sont bien entendu gérés par plusieurs dispositifs locaux, régionaux, nationaux et européens. Ainsi, les forêts primaires qui ne sont pas dans le PNG sont des forêts publiques, gérées par l'ONF, soumises au code forestier et aux Directives locales d'aménagement des forêts humides littorales de la Guadeloupe et maritimes (ONF, 1999). L'extension des surfaces agricoles et l'exploitation sylvicole sont contrôlées par le Programme de Développement Rural de la région Guadeloupe (PDRG, 2012). Les écosystèmes marins et les ressources halieutiques qu'ils abritent sont gérés par les institutions de recherche comme l'Ifremer et les mesures mises en œuvre auprès des comités locaux des pêches. Pourtant, ce scénario ne permet pas une mise en œuvre des mesures de gestion aussi efficace que celle du PNG, d'une part en raison de la différence de moyens humains, techniques et financiers à disposition par les divers organismes de gestion et d'autre part en raison de la nécessité pour ces institutions de mettre en œuvre une gestion à l'échelle de la Guadeloupe et pas seulement des zones centrales du PNG .

Pour les écosystèmes terrestres, ce deuxième scénario implique une limitation moindre des pressions naturelles et humaines, à savoir :

- la destruction de formations forestières bien conservées par création ou extension de carrière, urbanisation mal contrôlée, mise en culture, etc. ;
- la coupe illégale de bois, braconnage et prélèvements de plantes ;
- la chasse ;
- techniques destructrices de mise en place et entretien des pistes et sentiers ;
- le développement de l'agriculture dans le cœur forestier (depuis la vallée de la Grande Rivière à Vieux-Habitants notamment) ;
- la construction d'obstacles à la connectivité écologique des cours d'eau (barrages, prises d'eau, canalisation, etc.) ;
- la dégradation de la forêt primaire par un « mitage » (cf. partie 1.1.2 « état de santé » de la forêt et le développement d'espèces banales, peu structurantes et l'invasion de plantes exotiques ;
- l'utilisation du feu ; et
- le dépôt sauvage de déchet.

Pour les écosystèmes, ce deuxième scénario implique une limitation :

- de la pêche commerciale en mer dans la zone de cœur des îlets Pigeon ;
- du développement de la plongée sous-marine et des autres activités nautiques dans les îlets Pigeon ; et
- du développement des activités sportives et touristiques dans le Grand Cul-de-sac marin.

4.1.1 Estimation des états de santé à long-terme pour les deux scénarios

L'estimation des états de santé à long-terme pour les deux scénarios est difficile à conduire en fonction des mesures de gestion applicables pour chaque scénarios et en l'absence de modèles performants et complets de l'évolution des surfaces et états de santé des écosystèmes marins et terrestres. Les estimations présentées ici pour chaque service se fondent sur la caractérisation des écosystèmes, de leur état de santé et des services qu'ils procurent aujourd'hui, des menaces qui pèsent sur ces écosystèmes et des mesures applicables pour la période 2010-2035. Ils incluent également une variabilité liée à la bonne mise en œuvre de la charte du PNG sur la période. Ils s'appuient de plus sur un certain nombre d'hypothèses, parmi lesquelles :

- Les mesures prévues dans la Charte du PNG et hors PNG sont mises en œuvre ;

- Les effets du changement climatique, observés actuellement (augmentation de la température de l'eau, augmentation de fréquence des événements climatiques extrêmes, etc.) et à observer dans le futur sont de même intensité ;
- Les tendances observées pour les pressions anthropiques sont maintenues (niveau de défrichement, impact de la plaisance, etc.).
- Au cours de la période considérée, il n'y aura pas de dispositifs ou mesures de protection des écosystèmes supplémentaires (AMP, réserve, directive européenne nouvelle, etc.) mis en œuvre à l'exception des mesures considérées dans cette évaluation.

Pour chaque service, les mesures de gestion (M) prévues dans la charte du PNG (PNG, 2012) et qui influencent la surface considérée pour le service sont listées (tableau ci-dessous, colonne 5). Dans la colonne suivante, les pressions (P) les plus importantes pour l'état de santé de l'écosystème sont également listées pour les deux scénarios. La colonne d'après présente une estimation des évolutions de surface qui fournissent le service considéré pour chacun des deux scénarios¹⁹. Ces estimations sont indicatives et s'appuient sur la revue de littérature conduite dans le cadre de l'étude ainsi que sur les entretiens conduits avec les experts de ces écosystèmes en Guadeloupe. Elles devraient faire l'objet d'une étude plus approfondie afin d'être précisées plus avant.

Le travail d'évaluation suppose par ailleurs que les effets des mesures et pressions considérés évoluent de façon linéaire en suivant la tendance observée à l'heure actuelle ; elle ne tient pas compte des éventuels effets de seuil des phénomènes naturels (particulièrement redoutés dans le cas du changement climatique) ou de problèmes ponctuels de bonne mise en œuvre des mesures nationales (DCE par exemple).

¹⁹ Il ne s'agit pas d'une évolution de surface réelle d'écosystème mais de la surface d'écosystème considérée par l'évolution d'état de santé. « +100 ha » dans cette colonne signifie donc une augmentation de 100 hectares de la surface considérée pour la fourniture du service.

Tableau 11: Evolution des surfaces d'écosystèmes pour les deux scénarios de protection des cœurs de Parc

Ecosystème	Service	Biocénose	Surface initiale considérée pour la fourniture du service	Scénario	Principales mesures de gestion du PNG (M) et	Pressions (P) explicatives de l'évolution de l'état de santé pour la période 2010-2030	Evolution de surface considérée « en bonne santé » pour la fourniture du service sur la période 2010-2035
Ecosystème forestier	Lutte contre l'érosion hydrique	Forêts et savanes, cours d'eau	14800	1	1.4.2.1 ; 1.4.2.2	Augmentation de la fréquence et intensité des épisodes climatiques extrêmes sous l'influence des changements climatiques	+100 ha (+0,7%)
			14800	2		Déforestation pour la sylviculture et l'agriculture ; augmentation de la fréquence et intensité des épisodes climatiques extrêmes sous l'influence des changements climatiques	-300 ha (-2%)
	Approvisionnement en eau douce		14800	1	1.2.1.2 ; 1.2.1.3 ; 1.2.3.1 ; 1.4.2.1 ; 1.4.2.2		+50 ha (+0,35%)
			14800	2		Déforestation pour la sylviculture et l'agriculture	-300 ha (-2%)
	Purification de l'eau		14800	1	1.2.1.2 ; 1.2.2.3 ; 1.2.3.1 ; 1.4.2.1 ; 1.4.2.2		+ 200 ha (+1,5%)
			14800	2	Mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'eau (DCE) et atteinte du bon état écologique en 2020		+50 ha (+0,35%)
	Régulation des crues		14800	1	1.2.1.2 ; 1.2.1.3 ; 1.2.3.1 ; 1.4.2.1 ; 1.4.2.2		+50 ha (+0,35%)
			14800	2		Canalisation des cours d'eau ; déforestation pour la sylviculture et l'agriculture ; augmentation de la fréquence et intensité des épisodes pluvio-orageux en raison des changements climatiques	-300 ha (-2%)
Ecosystèmes marins	Protection côtière	Récif corallien	250	1	1.2.1.2 ; 1.3.4.1 ; 1.3.4.2 ; 1.4.2.3	Blanchissement du corail, arrachement mécanique par les épisodes climatiques extrêmes ;	-10ha (-4%)
		Herbier	82		1.2.1.2 ; 1.3.4.1 ; 1.3.4.2 ; 1.4.2.3	Envasement des herbiers et diminution de la densité de peuplement	-5 ha (-6%)
		Mangrove	790		1.2.1.2 ; 1.3.4.1 ; 1.3.4.2 ; 1.4.2.3	Assèchement, envasement sous l'effet d'un excès de sédimentation	0 ha (+0%)
		Récif corallien	250	2		Casse du corail par les plongeurs et les mouillages forains ; blanchissement du corail et arrachement mécanique par les épisodes climatiques extrêmes ;	-30 ha(-12%)
		Herbier	82			Envasement ; arrachement mécanique par la	-10 ha (-12%)

Ecosystème	Service	Biocénose	Surface initiale considérée pour la fourniture du service	Scénario	Principales mesures de gestion du PNG (M) et	Pressions (P) explicatives de l'évolution de l'état de santé pour la période 2010-2030	Evolution de surface considérée « en bonne santé » pour la fourniture du service sur la période 2010-2035	
						plaisance		
		Mangrove	790			Coupe de mangrove ; envasement sous l'effet d'un excès de sédimentation ; assèchement des zones de mangrove	-100ha (-12%)	
	Traitement des eaux côtières	Récif corallien	250	1	1.2.1.2 ; 1.3.4.1 ; 1.3.4.2 ; 1.4.2.3	Blanchissement du corail et destruction par les événements climatiques extrêmes	-10ha (-4%)	
		Herbier	820		1.2.1.2 ; 1.3.4.1 ; 1.3.4.2 ; 1.4.2.3		-50 ha (-6%)	
		Mangrove	790		1.2.1.2 ; 1.3.4.1 ; 1.3.4.2 ; 1.4.2.3		0 ha (+0%)	
		Récif corallien	250	2		Casse du corail par les plongeurs et les mouillages forains ; blanchissement du corail et arrachement mécanique par les épisodes climatiques extrêmes	-30 ha(-12%)	
		Herbier	820			Envasement ; arrachement mécanique par la plaisance	-100 ha (-12%)	
		Mangrove	790			Coupe de mangrove ; envasement sous l'effet d'un excès de sédimentation ; assèchement des zones de mangrove	-100ha (-12%)	
		Production de biomasse	Récif corallien	250	1	1.2.1.2 ; 1.3.4.1 ; 1.3.4.2 ; 1.4.2.3		-30ha (-12%)
			Herbier	820		1.2.1.2 ; 1.3.4.1 ; 1.3.4.2 ; 1.4.2.3		-100 ha (-12%)
			Mangrove	790		1.2.1.2 ; 1.3.4.1 ; 1.3.4.2 ; 1.4.2.3		-30 ha (-4%)
	Récif corallien		250	2		Casse du corail par les plongeurs et les mouillages forains ; blanchissement du corail et arrachement mécanique par les épisodes climatiques extrêmes ; surexploitation de pêche	-80 ha (-32%)	
	Herbier		820			Envasement ; arrachement mécanique par la plaisance ; surexploitation de pêche	-250 ha (-30%)	
	Mangrove		790			Coupe de mangrove ; envasement sous l'effet d'un excès de sédimentation ; assèchement des zones de mangrove ; surexploitation de pêche à proximité	-250 ha (-32%)	

4.1.2 Estimation des valeurs économiques pour les deux scénarios

Dans un premier temps on procède au calcul de la valeur actualisée nette pour chacun des scénarios de gestion sur la période 2010-2035. La valeur actualisée nette (VAN) est la somme des valeurs économiques actualisées²⁰ pour la période 2010-2035. La VAN est calculée pour chaque service et chaque écosystème pour le scénario 1 et 2 (Tableau 12). La différence entre les VAN des deux scénarios est ensuite calculée. Cette différence représente la valeur économique de la contribution du PNG à la protection des services des écosystèmes marins et terrestres considérés.

Tableau 12 : Valeurs actualisées nettes pour les deux scénarios de gestion sur la période 2010-2030

Ecosystème	Service	Biocénose	Valeur économique totale actualisée pour scénario 1 sur période 2010-2035	Valeur économique totale actualisée pour scénario 2 sur période 2010-2035	Différence de valeur entre les deux scénarii
Ecosystème forestier	Lutte contre l'érosion hydrique	Forêts et savanes, cours d'eau	806 858 940	797 942 690	8 916 250
	Approvisionnement en eau douce		261 853 517	259 331 374	2 522 143
	Purification de l'eau		129 520 127	128 912 501	607 626
	Régulation des crues		52 370 703	51 866 275	504 429
Ecosystèmes marins	Protection côtière	Récif corallien	2 005 080	1 938 141	66 939
		Herbier	77 609 076	75 649 509	1 959 567
		Mangrove	112 731 757	107 179 183	5 552 574
	Production de biomasse capturable	Récif corallien	16 571 103	15 140 286	1 430 817
		Herbier	14 303 479	13 191 960	1 111 519
		Mangrove	7 603 262	6 714 850	888 412
	Traitement des eaux côtières	Récif corallien	133 672	129 209	4 463
		Herbier	11 956 580	11 654 686	301 894
		Mangrove	143 867 195	136 781 052	7 086 143
TOTAL			1 637 384 490	1 606 431 716	30 952 774

La valeur de contribution du PNG est ainsi estimée à près de 31 M€, soit 1,2 M€ par an. La contribution la plus importante concerne le maintien du service de lutte contre l'érosion hydrique dans l'écosystème forestier avec près de 9 M€. Le maintien du traitement des eaux des mangroves est la deuxième contribution la plus importante du PNG (7 M€), suivi de celui de la protection côtière de la mangrove (5,5 M€). La contribution du PNG est plus modeste pour ce qui est du maintien des services d'approvisionnement en eau douce de l'écosystème forestier, de la protection côtière des herbiers, de la production de biomasse capturable des récifs coralliens, des herbiers et de la mangrove.

²⁰ Ce taux d'actualisation rend compte de la dépréciation de la valeur dans le temps. Il est fixé ici à 4% qui est valeur généralement admise de la littérature sur l'évaluation économique des écosystèmes, tant marins que terrestres (Van Beukering et al., 2003)

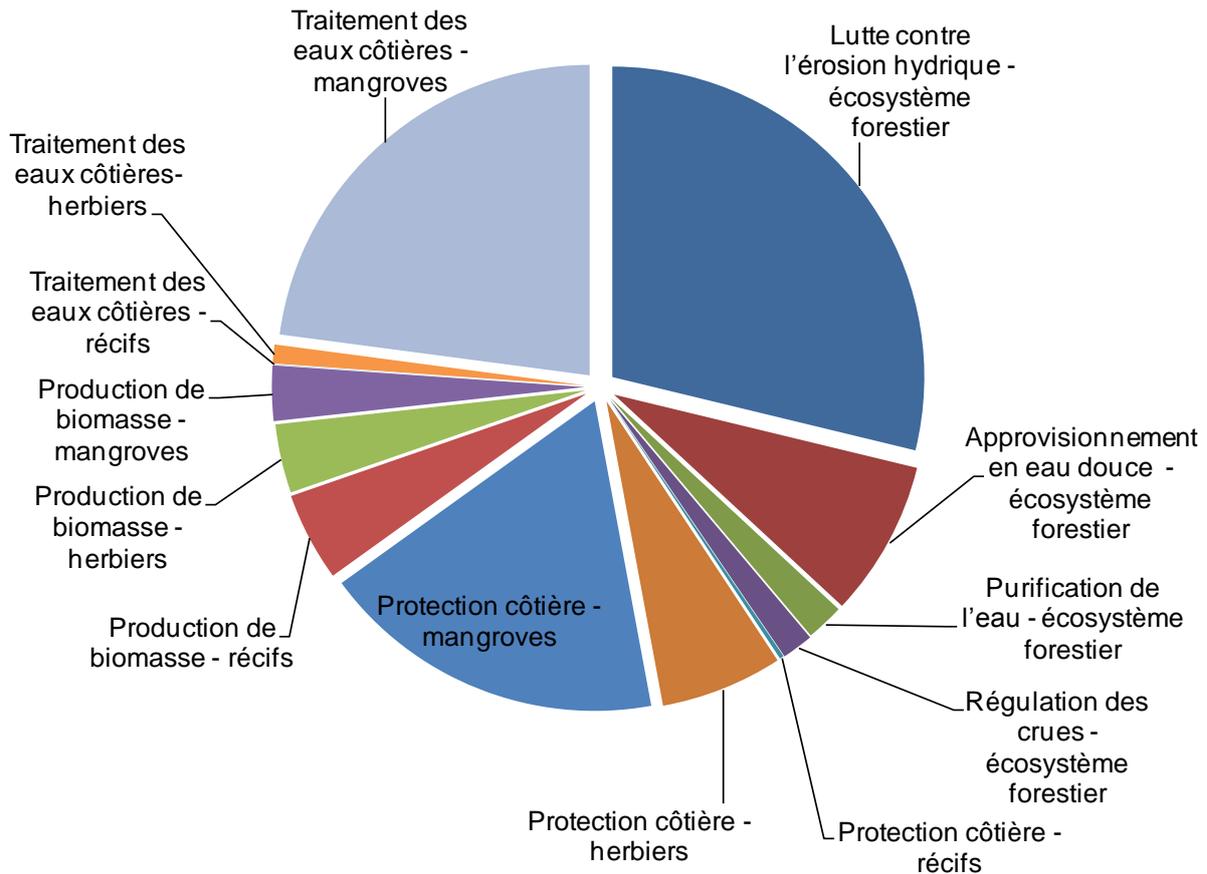


Figure 34: répartition des valeurs de contribution du PNG à la protection des services des écosystèmes des zones cœurs

4.2 Mettre en valeur les bénéfices offerts par la protection du PNG

Les résultats de l'évaluation économique des services des écosystèmes du PNG et de la contribution du PNG à leur protection mettent en lumière des services et des écosystèmes particulièrement importants pour orienter la gestion du PNG. Ainsi, si les récifs coralliens doivent bien sûr faire l'objet d'une protection au regard des fortes pressions qui pèsent sur eux, il convient également d'améliorer la la protection et la conservation des les mangroves et des herbiers dont l'état de santé risque de se dégrader rapidement au cours des 20 prochaines années.

Ces résultats offrent ensuite un plaidoyer en faveur d'une meilleure prise en compte de la protection des écosystèmes dans les politiques régionales à l'échelle de la Guadeloupe. Ainsi, même si l'on observe quelques améliorations, , des problèmes de fond subsistent, notamment :

- « Un vide juridique apparent en matière de protection des écosystèmes forestiers de haute valeur écologique et/ou patrimoniale, souvent soumis à des semi-défrichements les vidant de tout ce qui faisait leur intérêt, mais préservant formellement – donc légalement - leur “vocation forestière” ;
- Si les suites judiciaires sont généralement données aux procès-verbaux, les décisions de justice restent souvent non appliquées par la force publique ; à tel point qu'en 2001 les agents de l'ONF ont tous remis leur Commission de Police Judiciaire, pour marquer leur protestation ; et
- la mise en application difficile des arrêtés ministériels relatifs aux espèces protégées (listes parfois encore approximatives, dont la mise à jour est difficile (manque de formation des personnels chargés du contrôle, en particulier frontalier). » (Gargominy, 2003)

Ces résultats peuvent également guider les décideurs pour la mise en place de mécanismes de rétribution financière des services procurés par les écosystèmes du PNG, notamment par le biais des paiements pour services écosystémiques. Certains des services du PNG se prêtent particulièrement à la mise en œuvre de tels paiements, parmi lesquels :

- Les services d'approvisionnement en eau douce, de purification de l'eau et de lutte contre l'érosion hydrique ; ces services de la zone cœur du PNG contribuent pour une large part à l'approvisionnement en eau douce de la plus grande partie de la population de Guadeloupe ; ces services pourraient faire l'objet d'un paiement par les populations qui bénéficient de la bonne qualité et de l'approvisionnement continu en eau douce.
- Les services de protection côtière pour la population des communes situés sur le GCSM ; la protection côtière offerte par les récifs, les herbiers et les mangroves est très importante pour le maintien du littoral et

la protection en cas d'événements climatiques extrêmes ; ce service pourrait faire l'objet d'une rétribution financière par les bénéficiaires qui profitent de ce service et n'ont pas à édifier des barrages contre l'érosion et les inondations sur le GCSM.

Conclusion

Les écosystèmes des cœurs, forestiers et marins, du Parc de la Guadeloupe représentent une valeur économique et sociale importante, estimée chaque année à plus de 120 millions d'euros. Les écosystèmes forestiers sont responsables de la lutte contre l'érosion hydrique, de l'approvisionnement en eau douce, de la purification de l'eau, de la régulation des crues et sont par ailleurs support de biodiversité. Ils procurent ainsi une qualité de vie à leurs usagers ainsi qu'une assurance de préservation de leur environnement naturel pour l'ensemble des résidents de Guadeloupe. La contribution du PNG à la protection des services des écosystèmes compris dans les zones cœurs de Parc a été estimée à près de 31 millions d'euros pour la période 2010-2035. Les contributions les plus importantes sont celles de la lutte contre l'érosion hydrique dans l'écosystème forestier, le traitement des eaux côtières par les mangroves et la protection côtière des mangroves.

Les estimations réalisées dans le cadre de la présente étude sont à considérer comme des ordres de grandeur destinés à nourrir le dialogue stratégique, d'une part, et les arbitrages budgétaires des orientations de politiques publiques, d'autre part. En ce qui concerne le premier point, le maintien de la biodiversité des écosystèmes du PNG doit se situer dans une perspective évolutionniste où l'on cherche à la fois à conserver l'existant en tant que mémoire du passé et à préserver le potentiel d'évolution future des entités vivantes et des fonctions écosystémiques. Cela consiste à assurer le maintien de la capacité des processus vitaux à se transformer. Il est donc fondamental d'adopter une approche concertée entre tous les acteurs intervenants sur le littoral.

Pour ce qui est du second point, les politiques publiques doivent prendre la mesure de la protection des écosystèmes du PNG et plus encore de leur valorisation dans une optique qui combine utilitarisme et désintéressement économique. Ces écosystèmes sont en effet apparus comme des éléments constitutifs de l'identité des populations de la Guadeloupe dans son ensemble et, à ce titre, doivent être mis en valeur. Ils sont en outre une formidable source d'emplois et de développement économique durable et méritent donc une attention accrue des décideurs.

Bibliographie

- Adger, N., Brown, K., Cervigni, R and D. Moran, 1995. Total economic value of forests in Mexico, *Ambio*, 24(5), 286-296.
- Agreste Guadeloupe, 2011. Eau potable: la réduction des fuites est une priorité Enquête sur l'eau et l'assainissement en 2008
- Agostini S., Pergent G. et Marchand B., 2003. *Growth And Primary Production of Cymodocea Nodosa in a coastal lagoon*. Aquatic Botany No.76, p.185-193.
- Aliaume, C., (1990), *Ichtyofaune des herbiers à Thalassia du Grand Cul-de-Sac Marin en Guadeloupe*. Thèse de Doctorat, Université de Paris VII, 226 pages.
- Ammour, T., Windevoxhel, N and Sencion, G. 2000. Economic valuation of mangrove ecosystems and subtropical forests in Central America, in M. Dore and R. Guevara (eds), *Sustainable Forest Management and Global Climate Change*, Cheltenham: Edward Elgar, 166-197
- Baelde P., 1986. La faune ichtyologique du lagon du Grand Cul-de-Sac Marin en Guadeloupe. Structure des peuplements et contribution à l'étude de la biologie d'*Archosargus rhomboidalis* (Sparidae) et d'*Ocyurus chrysurus* (Lutjanidae). Thèse de Doctorat, Univ. Aix-Marseille II, 225 pages.
- Baelde P., Bouchon-Navaro Y., Louis M., (1987), Les peuplements ichtyologiques. pp. 289 - 322. in : *Compte-rendu de fin d'étude Grand Cul-de-Sac Marin (Guadeloupe, Antilles françaises)*. Rapport Cordet, Université des Antilles et de la Guyane, 329 pages.
- Blanquet P (2008) Revue bibliographique : évaluation des biens et services rendus par les écosystèmes coralliens. In 'Note'. (Ed. Ddéédéé environnementale) pp. 4. (Ministère de l'écologie et du développement et de l'aménagement durable: Paris)
- BRGM, 2007. Réhabilitation du site de « La Gabarre » (Pointe-à-Pitre, Guadeloupe) : Tierce-Expertise de cadrage. Numéro de fiche 06POL201, BRGM, Guadeloupe, 2 p.
- Bouchon C., Laborel J., (1990), Les peuplements coralliens du Grand Cul-de-Sac Marin de Guadeloupe (Antilles Françaises). *Ann. Inst. Océanogr.*, 66 (1 - 2) : 19 – 36.
- Bouchon C., et al., (1990), *Le Monde Marin. La Grande Encyclopédie de la Caraïbe*. Tome V, Éd. Sanoli : 207 pp.
- Bouchon C., Portillo P., Bouchon-Navaro Y., Louis M. (2006), Bilan de l'état de santé des récifs coralliens de Guadeloupe (années 2002-2006). Rapport UAG, Université des Antilles et de Guyane, 40 pp.
- Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Brugneaux S., Mazeas F., (2002), L'état des Récifs Corallines dans les Antilles Françaises. Rapport « Initiative Française pour les Récifs Coralliens » (IFRECOR), 31 pp.
- Bouchon C., Lemoine S., (2007), Contamination par les pesticides des organismes marins de la baie du Grand Cul-de-Sac Marin (Ile de la Guadeloupe). Rapport Dynecar, Université des Antilles et de la Guyane, 39 pages.
- Bouchon-Navaro, Y., Louis, M., Bouchon, C., 1997. Les peuplements ichtyologiques côtiers des Antilles. *Cybium*(Paris), 21 (1), 107-127.
- Bruijnzeel, L. A., 1990. *Hydrology of Moist Tropical Forests and Effects of Conversion: A State of the Knowledge Review*. Amsterdam: Netherland Committee for the International Hydrological Programme of UNESCO.
- Bruijnzeel, L. A., with C. N. Bremmer. 1989. *Highland-Lowland Interactions in the Ganges Brahmaputra River Basin: A Review of Published Literature*. Occasional Paper 11. Kathmandu, Nepal: International Center for Integrated Mountain Development.
- Burke L. et Maidens J., 2004. *Reef at risk in the Caribbean*. World Resource Institute, Washington DC, ISBN 1-56973-567-0.
- Butler, R., 2012. Soil erosion and its effects. URL: <http://rainforests.mongabay.com/0903.htm>, last updated July 22, 2012, consulté pour la dernière fois le 30 septembre 2012..
- Buttifiant, A., Mège, S., Marie, A., Delloue, X., Vincent, C., 2008. Plan de gestion de la réserve naturelle du Grand Cul-de-sac marin – Guadeloupe- 2009-2013, 418 p.
- BZD, 2000. Consequences of logging and clearing catchments in the Leuser Ecosystem: a survey of failed irrigation schemes close to the Leuser Ecosystem. Buffer Zone Division (BZD), Leuser Development Programme, Medan
- CAREX ENVIRONNEMENT (Schrimm M., Morancy R., Nicot S., Porcher M.), (2002). Inventaire des beach-rocks de Guadeloupe et proposition pour la préservation de ce patrimoine géologique. DIREN Guadeloupe, 60 pp.
- Cesar H., 1996. *Economic Analysis of Indonesian Coral Reef*. The World Bank.
- Cesar H., Burke L. et Pet-Soede L., 2003. *The Economics of Worldwide Coral Reef Degradation*. Cesar Environmental Economics Consulting (CEEC), Inspiration Company, Arnhem.
- Cesar HSJ, 2000. *Collected essays on the economics of coral reefs*. CORDIO: Kalmar, Sweden.
- CG971, n.d. http://www.cg971.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=1424&Itemid=1483 site web du conseil général de Guadeloupe, consulté pour la dernière fois le 30 septembre 2012.

- CGDD, 2010. Evaluation économique des services rends par les zones humides, CGDD, n°23, juin 2010.
- Champenois W., 2008. *Etude du métabolisme, à l'échelle de l'écosystème, de l'herbier de posidona oceanica (L.) Delille en Baie de Calvi*. Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de master en Océanographie, Université de Liège, Faculté des sciences
- Chauvaud S. et Bouchon C., 1997. Cartographie par télédétection à haute résolution des biocénoses marines côtières de la Guadeloupe et de la Martinique. Estimation de la biomasse et de la production primaire des herbiers à *Thalassia testudinum*. Travaux universitaires, thèse, Université de Brest, INIST-CNRS.
- Chauvaud S., Le Bellour A., Diaz N. (2005), Cartographie des biocénoses marines côtières du lagon du Grand Cul-de-Sac Marin. Rapport du Bureau d'étude TBM, Télédétection et Biologie Marine, 24 pages.
- Chave J, Condit R, Muller-Landau HC, Thomas SC, Ashton PS, et al., 2008. Assessing Evidence for a Pervasive Alteration in Tropical Tree Communities. PLoS Biol 6(3): e45
- Chevassus-au-Louis, B., Salles, J.M., Pujol, J.L., 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes – contribution à la décision publique, Centre d'Analyse Stratégique, la Documentation Française, 399 p.
- Chomitz, K., Kumari, K., 1998. The World Bank Research Observer, vol 13, no. 1 (February 1998), pp. 13-35
- CIA World Factbook, 2012. Country comparison : GDP per capita, <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2004rank.html>, consulté pour la dernière fois le 23 octobre 2012.
- Comte, A., 2012. Evaluation préliminaire des risques d'inondation – district de la Guadeloupe ; mise en œuvre Directive « inondations » - phase 1. DEAL Guadeloupe 104 p.
- Cooper E., Burke L. et Bood N., 2008. Coastal Capital Economic Contribution of Coral Reefs and Mangroves to Belize. Washington DC : World Resource Institute.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., Van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387 (6630), 253-260.
- Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire, (2005), Rapport de Synthèse Général, Island Press, Washington DC, 155 p.
- Dabin B., 1980. Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol, 18, n°3-4, pp. 197-215.
- De Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermandi, A., Hein, L., Hussain, S., Kmar, P., McVittie, A., Porteira, R., Rodriguez, L., ten Brink, P., van Beukering, P., 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosystem Services 1 (2012)50-61.
- Debroize et Tamby, 2005, Évaluation des ressources forestières mondiales 2005, Guadeloupe, Rapport National, FAO, Rome, 27 p.
- Delaître F., Brunet G. et Jalbert M.-E., 2008. Rapport d'analyse environnementale pour le projet de réhabilitation du brise-lames à l'entrée du port de mer de La Compagnie minière Québec Cartier sur le territoire de la Ville de Port-Cartier par La Compagnie minière Québec Cartier. Dossier 3211-02-239. Direction des Evaluations Environnementales, Québec, Développement durable, Environnement et Parcs.
- Desvergne, M. et Vincent, C., 2010. Comment concilier valorisation touristique et protection de l'écosystème mangrove dans la baie du Grand Cul-de-Sac marin, PNG, URL : <http://science.guadeloupe-parcnational.fr/?Comment-concilier-valorisation> consulté pour la dernière fois le 30 septembre 2012.
- Failler, P., Maréchal, J.P. et Petre, E. 2011. Détermination de la valeur socio-économique des récifs coralliens, des mangroves et des herbiers de phanérogames de la Martinique. Rapport final du Plan d'action national IFRECOR 2006-2010, Thème d'Intérêt Transversal « Socio-économie », Juin 2010, 169 p.
- FAO, 2010. Evaluation des ressources forestières mondiales 2010. Rapport national Guadeloupe, FRA2010/082, FAO, Rome Italie, 58 p.
- Fonseca M.-S. et Cahalan J.-A., 1992. A preliminary evaluation of wave attenuation by four species of seagrass. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 35 (6), pp. 665-677.
- Gargominy O. (Ed.) 2003. Biodiversité et conservation dans les collectivités françaises d'outre-mer. Collection Planète Nature. Comité français pour l'UICN, Paris, France. x et 246 pp.
- Grove, R. H. 1994. "A Historical Review of Early Institutional and Conservationist Responses to Fears of Artificially Induced Global Climate Change: The Deforestation-Desiccation Discourse 1500-1860." *Chemosphere* 29(5):1001-13
- Kramer, R.A., Sharma, H., and Munasinghe, M., 1995. Valuing Tropical Forest: Methodology and Case Study of Madagascar. World Bank Environment Paper 13, Washington DC.
- Krieger, D.J., 2001. Economic value of forest ecosystem services: a review. The Wilderness Society, 40 p.
- Hodgson, Gregor, and John A. Dixon. 1988. Logging versus Fisheries and Tourism in Palawan: An Environmental and Economic Analysis. East-West Environment and Policy Institute Occasional Paper 7. Honolulu: East-West Center.
- Huntoon, Peter W. 1992. "Hydrogeologic Characteristics and Deforestation of the Stone Forest Karst Aquifers of South China." *Ground Water* 30(2, March-April): 167-76.

- Kramer, R.A., Sharma, H., and Munasinghe, M., 1995. Valuing Tropical Forest: Methodology and Case Study of Madagascar. World Bank Environment Paper 13, Washington DC.
- Laffoley D. et Grimsditch, 2009. *The management of natural coastal carbon sinks*. IUCN, Gland, Switzerland. 53pp.
- Lal P., 2003. Economic Valuation of Mangroves and Decision-Making in the Pacific. *Ocean & Coastal Management*, 46, pp. 823-844.
- Laubier L., 2003. Changement et vulnérabilité des peuplements marins côtiers. C.R. Geoscience 335 (2003) 561-568.
- Lette, H., de Boo, H., 2002. Economic valuation of forests and nature – a support tool for effective decision-making. Theme Studies Series 6 Forests, Forestry and Biodiversity Support Group, IAC, Wageningen, 69 p.
- Louis, M., 1983 Biologie, écologie et dynamique des populations de Poissons dans les Mangroves de Guadeloupe (Antilles Françaises). Thèse de Doctorat d'état, Univ. Sci. Et Techn. Languedoc, Montpellier II, 275 pages.
- Martin F.D et Cooper M., 1981. A Comparison of Fish Faunas Found in Pure Stands of Two Tropical Atlantic Seagrasses, *Thalassia testudinum* and *Syringodium filiforme*. Northeast gulf SCI., vol (5), no.1, p. 31-37.
- MATE, 2002. Atlas du Parc national de la Guadeloupe, GIP ATEN, site web <http://atlas.parcsnationaux.org/guadeloupe/sommaire.asp?titre=Sommaire>, consulté pour la dernière fois le 30 septembre 2012.
- Mège S., Anselme M., 1997. Plan de gestion 1998-2002 de la Réserve Naturelle du Grand Cul-de-Sac Marin, Réserve de biosphère de l'archipel de Guadeloupe, 222 pages.
- Mège S., Delloue X., (2007), Bilan des suivis des Herbiers de Phanérogames marines 2005 -2007. Rapport Interne – Parc National de la Guadeloupe – Réserve Naturelle du Grand Cul-de-Sac Marin, 51 pages.
- Metz B., Davidson O., De Coninck H., Loos M. et Meyer L., 2005. *Piégeage et stockage du dioxyde de carbone*. Rapport du groupe de travail du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat. ISBN 92-9169-219-0.
- Mollet S. et M. Robert, 2011. Police de l'eau. Parc national de la Guadeloupe. Présentation powerpoint.
- Morell, M., 1989. Quelques aspects sur les crues et les inondations en Guadeloupe. Etats généraux de la culture scientifique, industrielle et technique. 24 et 25 octobre 1989, 11p.
- OEG-ARS, 2010. La qualité de l'eau potable en Guadeloupe, bilan 2005-2009. Edition 2010. Office de l'Eau de Guadeloupe, Agence de Santé Guadeloupe, Saint-Martin, Saint-Barthélemy, 14 p.
- Office de l'Eau, n.d. Schéma départemental mixte eau et assainissement, volet eau potable, phase 1 : état des lieux, partie 5 analyse de la production et de la consommation, pp. 193-211.
- ONF, 1999. Directive locale d'aménagement des forêts humides littorales – DPM et DPL. ONF Guadeloupe, 47p
- ONF, 2012. L'état de la biodiversité en Guadeloupe, site web <http://www.onf.fr> consulté pour la dernière fois le 30 septembre 2012.
- Palmberg, C., 1989. Tropical deforestation. Status, trends and impacts - FAO Conference "Ecology 89". – Sweden.
- Parlement Européen, 1996. Le rôle écologique des forêts tropicales, révisé le 1er septembre 1996, URL : <http://www.europarl.ep.ec/dg7/forest/fr/s3-2-1.htm>
- PDRG, 2012. Programme de développement rural de la Guadeloupe 2007-2013.
- PNF-INEA, 2009a. Application du concept de solidarité écologique dans les Parc nationaux, tome 1 : approfondissement du concept de solidarité écologique, octobre 2009, 195 p.
- PNF-INEA, 2009b. Application du concept de solidarité écologique dans les Parc nationaux, tome 2 : approche opérationnelle-rencontre des Parcs nationaux, octobre 2009, 105 p.
- PNG, 2011. Projet de charte de territoire du Parc national de la Guadeloupe : diagnostic, caractère et enjeux du territoire, 64 p.
- PNG, 2012. Projet de charte de territoire du Parc national de la Guadeloupe. Le projet du territoire, cahier 2, 92 p.
- Redford, K.H., 1996. Not seeing the animals for the trees (Chapter 3). In: J.E.M. Arnold and M.R. Perez (eds.).
- Samat O., 2007. Efficacité en impact des ouvrages en enrochement sur les plages microtidales. Le cas du Languedoc et du delta du Rhône. Université Aix-Marseilles- Université de Provence U.F.R des Sciences Géographiques de l'Aménagement Centre Européen de Recherches et d'Enseignement en Géosciences de l'Environnement (UMR 6635-CNRS).
- SDAGE, 2003 Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux, Comité de Bassin de la Guadeloupe.
- SDAGE 2010-2015. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux, Comité de Bassin de la Guadeloupe.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2001. The Value of Forest Ecosystems. Montreal, SCBD, 67p. (CBD Technical Series no. 4).
- Spurgeon J., Roxburgh T., O'gorman S., Lindley R., Ramsey D. et Polunin N., 2004. Economic valuation of Coral Reefs and Adjacent Habitats in American Samoa. *Marine Pollution*, 24(11), pp. 529-536.
- Strassburg, B. 2007. The tragedy of the tropics: a dynamic, cross-scale analysis of deforestation incentives. CSERGE

working paper EDM 07-02, 38 p.

- Thayer G. W., D. R. Colby and W. F. Hettler, 1987. Utilization of the red mangrove prop root habitat by fishes in south Florida. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 35, pp. 25–38.
- Thollot P., 1992. Les poissons de mangroves du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Thèse, centre océanologique de Marseille, Observatoire des Sciences de l'Univers. Orstom éditions, 1996, 319 p.
- Toffart, J.L., 1980. Composition, distribution et dynamique des peuplements sessile des racines de palétuviers et leur importance dans l'écosystème littoral en Guadeloupe (Antilles Françaises, Université Pierre et Marie Curie, 19 décembre 1980, 143 p.
- Van Beukering, P. (ed), Haider, W., Longland, M., Cesar, H., Sablan, J., Shegstad, S., Beardmore, B., Liu, Y. And Omega Garces, G. 2007. The economic value of Guam's coral reefs. University of Guam Marine Laboratory Technical Report No. 116
- Van Beukering, P.J.H., Cesar, H.S.J., Jansen, M.A., 2003. Economic valuation of the Leuser National Park on Sumatra, Indonesia. *Ecological Economics* 44 (2003) 43-62.
- Van Laere, G., Dumoulin, M., 2011. Connaissance de base sur la biodiversité des milieux forestiers. Parc national de la Guadeloupe, 39 p.
- Voegtli, B., Larinier, M., Bosc. P., 2002. Etude sur les capacités de franchissement des cabots bouche-rondes en vue de la conception de dispositifs adaptés aux prises d'eau du transfert Salazie (île de la Réunion).
- Waycott M., Duarte C.-M, Carrutherst. J.-B., Orth R.J.O, Dennison W.C., Olyarnik S., 2009. *Accelerating loss of seagrass across the globe threatens coastal ecosystems*. University of Washington, Seattle, WA.
- Wells S, Ravilious C, Corcoran E., 2006. In the front line ; shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs. UNEP.
- Wiersum, K F. 1984. Surface erosion under various tropical agroforestry systems, in Proceedings of Symposium on Effects of Forest Land Use on Erosion and Slope Stability [edited by] C O'Loughlin and A Pearce, East West Center, Honolulu
- Wood S., Sebastian K. and Scherr S.J., 2000. Pilot Analysis of Global Ecosystems: AgroEcosystems. Washington, DC: World Resources Institute, 36 p.
- Zang, L, W R Dawes and G R Walker (2001) ; Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes and catchment scale, *Water Resources Research* 37 (3): 701-708

Personnes contactées pour l'étude

- Céline Dessert, Institut de Physique du Globe de Paris, Equipe de Géochimie et Cosmochimie - bureau 555
- Hugues Delannay, Chargé d'interventions assainissement, Office de l'Eau de Guadeloupe
- Laure Ducreux, hydrogéologue, BRGM, Guadeloupe
- Daniel Imbert, DYNECAR, Université Antilles-Guyane
- Céline Lesponne, Chargée de mission SIG, Parc national de la Guadeloupe
- Guillaume Lieven, Chargé d'Intervention pour la Préservation de la Ressource Office de l'Eau Guadeloupe
- Franck Mazéas, DEAL Guadeloupe
- Simone Mège, Chargée de mission "écosystèmes marins", Parc national de la Guadeloupe
- Dominique Monti, DYNECAR, Université Antilles-Guyane
- Caroline Quéré, Hydrométrie/Hydrologie, DEAL Guadeloupe/RN/CPE
- Tatiana Ratsimihara, hydrogéologue, BRGM, Guadeloupe
- Alain Rousteau, MCF, HDR, laboratoire de biologie et de physiologie végétales. Université des Antilles et de la Guyane, Campus de Fouillole
- Marie Robert, Chargée de mission "Eaux continentales", Parc national de la Guadeloupe
- Christine Vignon, Pôle Police de l'Eau et de la Nature, DEAL, Chemin des Bougainvilliers, 97100 Basse-Terre
- Marie-Neige Combabessouse, expert-comptable spécialisé en microcentrales hydroélectriques, Aiguillon, France.

Annexes

Annexe 1 : Termes de référence de l'étude (module 331)

Sur la base d'une analyse bibliographique, le prestataire estimera, en unité monétaire, la valeur économique des services écologiques rendus par le Parc National de la Guadeloupe.

- protection physique contre la houle, les tsunamis et les tempêtes, imputable à la mangrove et aux récifs coralliens.
- protection des sols contre l'érosion
- La contribution du Parc à la préservation des ressources en eau

Module 331 – Les services écologiques apportés par le territoire protégé

Etablissement de la liste des services écologiques

Ces services seront identifiés à partir :

- Une revue bibliographique des services écologiques ;
- Des entretiens et échanges avec les chercheurs de l'université Antilles-Guyane ;
- Des entretiens et échanges avec des chercheurs de CEMARE de l'université de Portsmouth,
- Des entretiens avec des agents experts du PNG et les données collectées auprès de l'établissement.

La revue bibliographie portera sur des travaux et études académiques, des rapports d'institutions nationales et internationales, etc. Elle sera assortie d'entretiens et échanges avec des personnes ressources spécialistes du sujet des services écologiques en Guadeloupe et des écosystèmes à l'étude, plus largement. Ces personnes ressources incluent des membres de la direction du PNG, des chargés de mission thématique du PNG, des membres du Conseil Scientifique du PNG, des chercheurs de l'Université Antilles-Guyane, de l'Université de Portsmouth ou de l'Observatoire du Milieu Marin Martiniquais, etc.

Evaluation des services écologiques

L'importance des services écologiques liés aux écosystèmes du PNG est fonction de la superficie occupée par les écosystèmes et leur état de santé. Leur importance monétaire correspond à l'appréciation financière du coût de leur remplacement par des artefacts assurant la même fonction (érosion côtière versus digue, purification de l'eau versus usine de purification, etc.) ou à l'estimation de leur valeur par le greffage d'un prix de marché (séquestration carbone avec le cours mondial de la tonne carbone, biomasse de poisson avec le prix de marché du kg de poisson, etc.).

A noter que les herbiers qui assurent des services écologiques de première importance ne sont pas mentionnés dans le cahier des charges. Pour information, en Martinique, ce sont eux qui affichent la plus forte valeur économique à l'hectare : 1,78 M€ pour les récifs, 1,87 M€ pour les mangroves et 2,16 M€ pour les herbiers). En d'autres termes, il sera nécessaire de préciser dès le départ les écosystèmes à étudier en tenant compte de la proposition de départ de se limiter à la protection physique contre la houle, les tsunamis et les tempêtes (imputable à la mangrove et aux récifs coralliens), la protection des sols contre l'érosion et le stockage carbone.

La démarche proposée ici s'inspire de celle appliquée récemment pour l'étude de la valeur socio-économique des récifs et écosystèmes associés de la Martinique dans le cadre de l'IFRECOR. La réalisation du module 331 va dès lors se décliner de la manière suivante :

1-Sélection des écosystèmes à considérer grâce à un recensement de tous les écosystèmes qui se trouvent dans le PNG. Hiérarchisation de leur importance écologique et discussion avec la direction du PNG pour une sélection des écosystèmes les plus pertinents pour l'étude.

2-Identification des services produits par chacun des écosystèmes sélectionnés. A titre illustratif, le tableau ci-dessous donne une liste indicative des principales fonctions écologiques mesurables des récifs coralliens, mangroves, herbiers, forêts et rivières.

Note sur l'évaluation de la contribution du PNG à la préservation des ressources en eau

La littérature disponible et les connaissances actuelles des spécialistes de l'eau et des milieux aquatiques en Guadeloupe permettront de conduire un premier travail de recensement et de caractérisation de l'ensemble des services liés à l'eau en Guadeloupe.

En revanche, ces services ne pourront pas systématiquement être évalués de façon monétaire car les données économiques nécessaires pour l'évaluation sont incomplètes pour mener à bien ce travail. L'évaluation des services liés à l'eau sera donc menée dans la limite de la littérature disponible et de l'expertise des spécialistes sur le sujet en Guadeloupe auprès de l'UAG, du BRGM et du PNG.

Tableau 13 : Usage indirect liés aux services écologiques liés aux récifs coralliens, mangroves, herbiers, forêts et rivières

Récifs coralliens	Forêts
<ul style="list-style-type: none"> - Cycle des nutriments - Support biologique aux espèces de poissons et écosystèmes associés - Protection physique des autres écosystèmes côtiers - Support à la vie en général notamment par ses fonctions de puits de carbone 	<ul style="list-style-type: none"> - Protection des sols et lutte contre l'érosion. - Fixation du Co2 - Réserve biologique, maintien de la biodiversité - Réserve de nourritures pour de nombreuses espèces et un abri contre les intempéries - Stockage d'eau (bien plus que d'autres types d'écosystèmes), - rôle sur le climat local (précipitations)
Mangroves	Rivières
<ul style="list-style-type: none"> - Cycle des nutriments - Zone de fraie - Support biologique aux espèces de poissons et écosystèmes associés - Protection physique des autres écosystèmes côtiers -Rétention des contaminants et purification de l'eau - Support à la vie en général (fonctions de puits de carbone) 	<ul style="list-style-type: none"> - Cycle des nutriments - Habitats à de nombreux animaux et plantes -Approvisionnement des zones littorales en eau douce (nécessaire au Lamentin par exemple) - Pondération des inondations et des glissements de terrain
Herbiers	
<ul style="list-style-type: none"> - Cycle des nutriments - Support biologique aux espèces de poissons et écosystèmes associés - Protection physique des autres écosystèmes côtiers - Support à la vie en général notamment par ses fonctions de puits de carbone 	

3-Cartographie des écosystèmes. Un jeu de carte représentant les délimitations de chacun des écosystèmes sélectionnés sera élaboré à partir des données dont dispose le PNG et l'UAG (à ce titre un partenariat avec les équipes en biologie marine et géographie de l'Université sera mis en place). La cartographie s'attachera à représenter les bassins versants du PNG de manière à bien montrer la forte interactivité entre la terre et la mer.

4-Définition des états de santé des écosystèmes. L'état de santé de chacun des écosystèmes sélectionnés sera considéré selon une échelle allant de 1 à 4. Les fonctions écologiques des écosystèmes seront ainsi pondérées selon leur état de santé. L'idée sous jacente étant qu'un écosystème en mauvais état rend des services écologiques moindres qu'un autre en bonne santé. Il convient dès lors de définir les surfaces correspondantes à chacun des états de santé.

5-Attribution d'une valeur ou d'un prix à chacun des services écologiques. Le coût de remplacement d'une fonction d'un écosystème est estimé en considérant le coût de la mise en place et de fonctionnement d'un système artificiel produisant la même qualité de service. La valeur du service de filtration de l'eau par les herbiers, par exemple, peut être estimée à partir du coût d'installation d'une bande tampon ou de la construction d'une usine d'épuration de l'eau. Le coût de l'ingénierie sert ainsi de repère pour la détermination de la valeur de cette fonction. Les valeurs de remplacement estimées pour les services écologiques seront issues, pour l'essentiel, des valeurs recueillies dans la littérature pour les mêmes services dans des contextes similaires (Caribéens surtout). Le recours aux estimations obtenues pour la Martinique sera de grande importance car certains services ont déjà été quantifiés monétairement.

L'évaluation monétaire de ces trois services explicitera les méthodes, les modèles et les normes utilisées. Si possible, c'est-à-dire si les valeurs de transfert existent, et lorsque la quantification des effets externes existe, nous aurons recours à ces valeurs obtenues dans le cadre d'autres études économiques.

L'usage de la méthode du transfert de valeurs, utilisée lorsque les méthodes d'évaluations de bénéfices ne peuvent être mise en œuvre, est appropriée.

Annexe 2 : les fonctions écologiques de l'écosystème forestier

4.2.1.1 Fonctions écologiques de l'écosystème forestier

La présente annexe détaille les différentes fonctions écologiques des écosystèmes terrestres du PNG. Elles sont classées en quatre catégories : fonctions liées au climat et à la qualité de l'air, fonctions liées au cycle de l'eau, fonctions liées au maintien du sol et fonctions de support de biodiversité.

4.2.1.1.1 Fonctions écologiques liées à la régulation du climat

Les forêts régulent le climat entre leur canopée et le sol où elles sont implantées. Les strates formées par l'écosystème forestier constituent une série d'écrans entre l'atmosphère libre au-dessus de la forêt et son atmosphère intérieure (Parlement Européen, 1996). La résultante est la création, à l'intérieur de la forêt, d'un climat beaucoup plus stable, plus tamponné que celui d'une région ouverte où la radiation incidente agit directement sur le sol sans aucun obstacle. Toutes les variations climatiques importantes enregistrées à l'extérieur se retrouvent à l'intérieur de la forêt, mais très atténuées, et toujours fortement décalées dans le temps. Les microclimats forestiers favorisent l'installation d'une flore et d'une faune riches qui sont dépendantes de cette régulation des conditions climatiques.

A une échelle plus large, l'écosystème forestier du PNG influence la stabilité et la stratification des masses d'air de la Guadeloupe. Les transferts de vapeur d'eau influencent la nébulosité, les types de nuages et le cycle de l'eau (voir plus bas). Le relief et la rugosité des surfaces modifient la direction des masses d'air, l'interception des aérosols et la répartition des polluants. L'écosystème influence les paramètres explicatifs du climat de plusieurs manières. Elles augmentent l'évapotranspiration, réduisent les extrêmes climatiques (chaud-froid, sec-humide), ralentissent les mouvements d'air horizontaux et amplifient les processus d'échanges verticaux.

Les prairies et forêts jouent un rôle important d'épurateur naturel de l'air. Elles fixent en effet les particules qui absorbent les polluants atmosphériques. Le principal rôle de couvert végétal important de ces écosystèmes est la fixation de carbone atmosphérique pour la photosynthèse. Cette fixation peut être très importante en termes de flux pour la photosynthèse et par fixation sous forme organique dans le sol.

4.2.1.1.2 Fonctions écologiques liées au cycle de l'eau

Le bilan en eau d'une région recouverte de végétation dépend de la précipitation au-dessus du couvert végétal, de l'évaporation et de la transpiration réelles du sol et du couvert végétal, du ruissellement à la surface du sol, de l'infiltration et du drainage dans le sol, ainsi que de la variation du stock d'eau disponible dans le sol.

Par unité de surface, l'évaporation des océans est supérieure à l'évapotranspiration des continents : 88 % de la vapeur d'eau de l'atmosphère provient des océans, alors qu'ils occupent 71 % de la surface de la Terre (Parlement Européen, 1996). Les forêts humides jouent un rôle quantitatif important dans le cycle de l'eau. L'intensité et la durée des précipitations, le type de couverture végétal (forêt dense, savane, culture...), la topographie et les caractéristiques pédologiques du sol influencent chaque paramètre du bilan. Ces termes sont difficiles à quantifier, surtout en forêt tropicale. Le couvert végétal des forêts intercepte les grandes quantités d'eau des précipitations importantes sur les reliefs de Basse-Terre. Une partie de l'eau ruisselle jusqu'au cours d'eau du bassin versant. Une autre part plus importante s'infiltré dans le sol et alimente les nappes souterraines. Cette infiltration est rendue possible par le fait que le ruissellement est ralenti par la végétation et que le sol est suffisamment perméable grâce aux racines des végétaux pour permettre l'infiltration de l'eau jusqu'au sous-sol. Une part de cette eau est également absorbée par les végétaux qui la restituent sous forme gazeuse par évapotranspiration. Une partie enfin est évaporée directement du sol sous forme gazeuse.

Les forêts tropicales constituent ainsi un élément régulateur essentiel du cycle de l'eau. La couverture forestière réduit le ruissellement et atténue les fluctuations du débit des rivières. En facilitant l'infiltration de l'eau dans le sol, les forêts contribuent également à filtrer les polluants et à alimenter les nappes phréatiques en eau de qualité, minérale et organique, très stable. Les massifs forestiers peuvent être assimilés à des châteaux d'eau régulant la distribution de l'eau dans le temps. Mais les sols des forêts tropicales sont souvent fragiles, et la disparition de la couverture végétale conduit bien souvent à modifier l'ensemble du bilan hydrologique d'une région, entraînant des conséquences parfois catastrophiques.

En cas d'affectation à l'agriculture de sols forestiers tropicaux, leur exposition à la totalité des précipitations et leur dégradation progressive entraînent une augmentation considérable du ruissellement, qui peut ainsi passer de 25 % à 50 ou 60 % sur les terres de culture, ou même à 70 % sur sol nu (Parlement Européen, 1996). De ce fait, dans les zones sensibles, il peut en résulter un accroissement de la fréquence des inondations et de leurs effets dévastateurs. D'autre part, les grandes fluctuations du niveau d'eau ont des effets dramatiques sur la flore et la faune qui occupent les rives des cours d'eau. De plus, à la suite de l'érosion importante des sols, les cours d'eau se chargent de particules en suspension, qui peuvent venir se déposer dans les réservoirs naturels et artificiels, et jusqu'à la mer.

Les cours d'eau de Basse-Terre transportent ensuite les eaux de ruissellement de la forêt en aval du bassin versant où ces dernières pourront être captées pour l'approvisionnement en eau potable et en eau d'irrigation pour tout l'archipel. La majorité de l'eau douce pour l'approvisionnement des habitations est ainsi captée dans les rivières de Basse-Terre. Par exemple, l'eau de la Grande Rivière à Goyaves est envoyée par l'usine de Deshauteurs située à Sainte-Anne jusqu'à Saint-François et la Désirade.

4.2.1.1.3 Fonctions écologiques liées au maintien de l'équilibre du sol

L'importante diversité de la flore et de la faune des forêts tropicales pourrait faire croire qu'elles se développent sur un sol très fertile. En réalité, les sols de la Soufrière sont à l'origine assez pauvres en éléments minéraux et sont souvent de faible épaisseur. Ils sont généralement bien drainés et leur structure favorise une bonne aération. La matière organique joue un rôle bénéfique sur la stabilité de la structure des sols. Elle contribue à la formation d'une structure grumeleuse à forte cohésion. La présence d'un réseau racinaire dense et d'une couche d'humus augmente la capacité de rétention de l'eau. De même, un réseau de larges pores facilite la pénétration et la percolation des eaux de pluie. La litière est décomposée très rapidement ; le sol ne peut en retenir qu'une minime partie. La plus grande partie des réserves de substances nutritives se trouve dans la biomasse végétale vivante. L'extraordinaire luxuriance de ces forêts, mais aussi leur fragilité extrême, tient essentiellement à leur capacité de recycler instantanément les éléments nutritifs libérés par la décomposition des organismes morts.

La couverture végétale est souvent constituée de plusieurs strates qui agissent comme autant de couches protectrices du sol contre l'érosion. Les feuilles diminuent l'énergie cinétique des gouttes d'eau, tandis que l'ensemble du couvert réduit le ruissellement ; ce phénomène est particulièrement significatif en forêt tropicale où les précipitations sont souvent très violentes et ont un pouvoir érosif élevé (Parlement Européen, 1996).

Une déforestation a pour conséquence la minéralisation brutale d'une biomasse importante sans que le sol soit en mesure de retenir les éléments minéraux ; ils sont alors lessivés par les précipitations et perdus définitivement pour le site.

4.2.1.1.4 Fonctions écologiques liées au maintien de la biodiversité

Les forêts sont également un formidable support de biodiversité et particulièrement la forêt hygrophile. Arbres de très haute taille, racines aériennes, complexe de lianes, de fougères et de plantes épiphytes mêlées aux branches des plus grands arbres offrent un support de biodiversité bien supérieur à celui des forêts tempérées. En raison de son insularité, le nombre d'espèces endémiques est très élevé aussi bien pour les plantes (fougères, orchidées, etc.) que pour les animaux (mollusques, coléoptères, éphémères, amphibiens, chauves-souris, etc.)

Les cours d'eau jouent également un rôle important de support de biodiversité. Ils sont le support de la vie aquatique et particulièrement des espèces amphidromes, dont une partie du cycle de vie est en eau douce. Une douzaine d'espèces de poissons et de crevettes indigènes des rivières effectuent au cours de leur vie des migrations entre rivières et mer pour leur alimentation et leur reproduction. Ainsi la majorité des espèces sont amphidromes : elles se reproduisent en eau douce mais les juvéniles se développent en milieu marin. Elles reviennent ensuite en rivière (figure). D'autres espèces sont catadromes, comme l'anguille, qui se reproduit en mer et dont les juvéniles se développent en rivière.

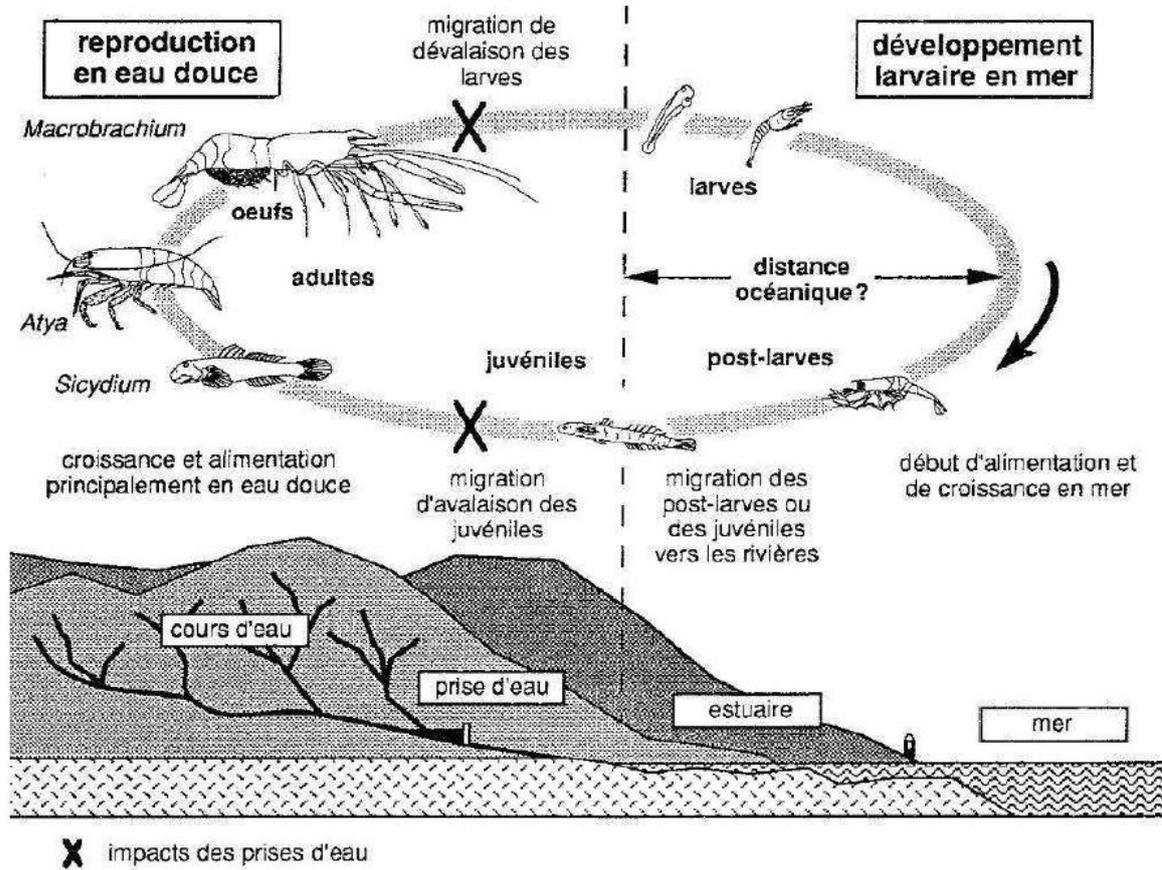


Figure 35: cycle de vie des crustacés et poissons amphidromes (Fievet et al., 2001)

Annexe 3 : évaluations des communautés coralliennes

- Station de la pente externe récifale de l'îlet Fajou(16°21,648' N ; 61°34,791' W)

Cette station est située sur la pente externe du récif barrière du Grand Cul-de-Sac Marin, au large de l'îlet Fajou entre 10 et 12 m de fond. Située au cœur de la Réserve Naturelle du Grand Cul-de-Sac Marin, ce récif bénéficie d'un statut de protection totale.

En 2006, cette station présente un taux de couverture en corail de 20% et près de 35 % d'algues brunes. Le taux de turf algal avoisine aussi 35%.

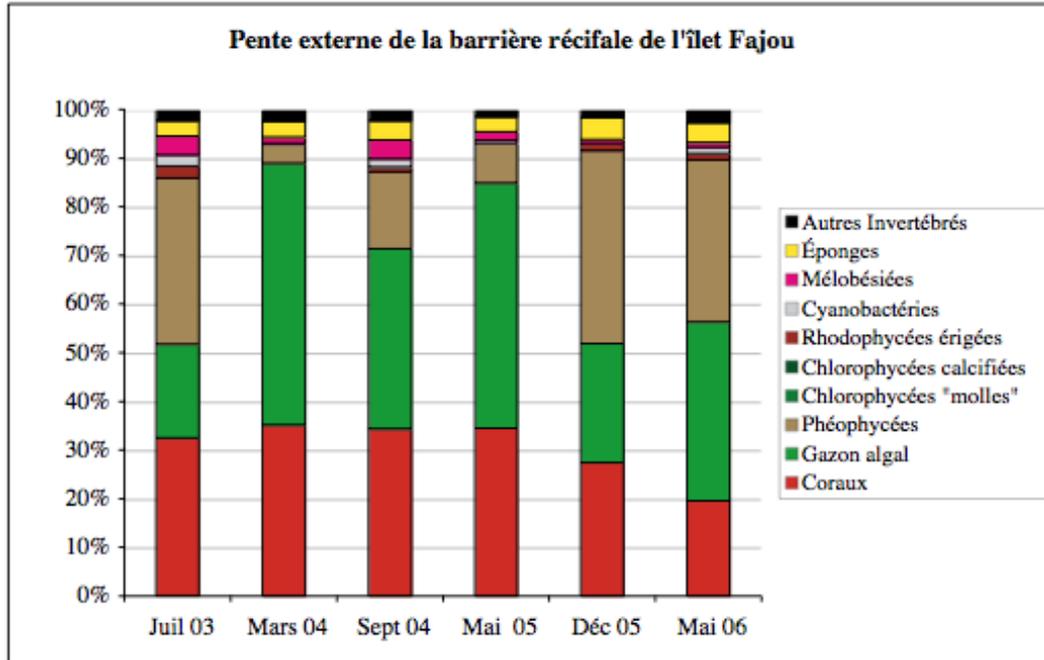


Figure 36 : Evolution du taux de recouvrement des composantes des communautés benthiques de la station de suivi « barrière récifale Ilet Fajou » entre 2003 et 2006 (Bouchon et al., 2006).

Les données PARETO entre 2007 et 2010 (PARETO 2007, 2008, 2009, 2010) montrent une tendance continue à la régression de la couverture corallienne et de forts taux de recouvrement en algues (toutes catégories confondues, macrolgues et turf).

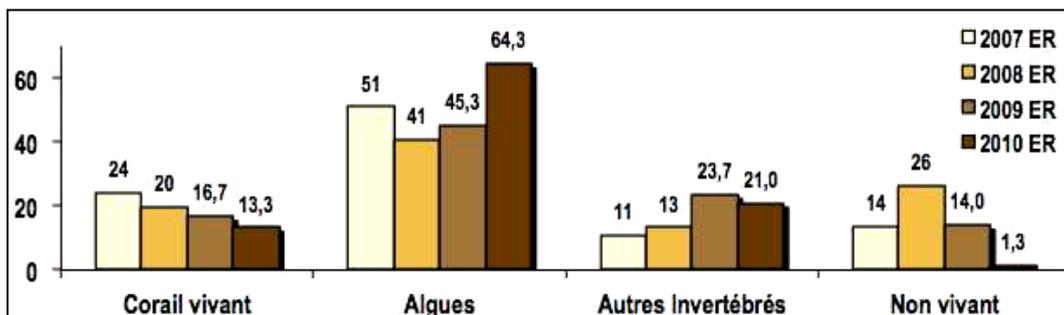


Figure 37 : Evolution du taux de recouvrement des composantes des communautés benthiques de la station de suivi « Ilet Fajou en réserve » entre 2007 et 2010 (PARETO 2010).

- Station du platier récifal de l'îlet Fajou(16°21,422' N ; 61°35,047' W)

Le transect est situé à -1m sur le platier du récif barrière, quelques mètres en arrière de la zone de déferlement des vagues. En période de pluie, ce site est également sous l'influence des eaux du lagon chargées en matière organique et en nutriments.

Cette station présente un taux de couverture en corail d'environ 15%. Les fonds sont essentiellement couverts de turf algal et algues vertes calcaires, qui comptent pour 80% de la couverture benthique. Les taux de recouvrement sont relativement stables et reflètent les conditions environnementales peu favorables au développement de construction récifales massives.

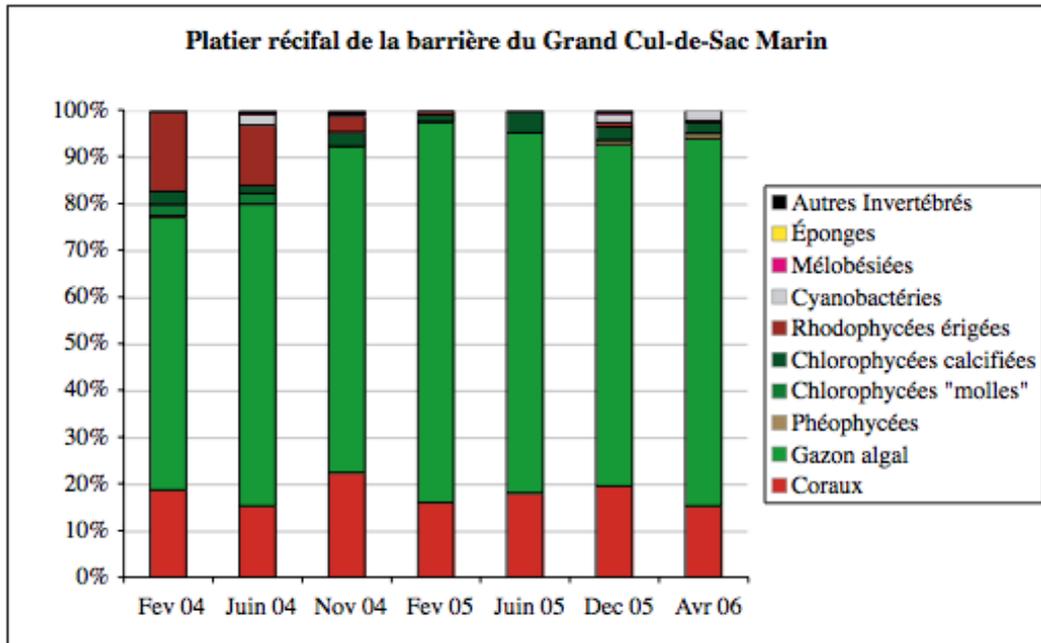


Figure 38 : Evolution du taux de recouvrement des composantes des communautés benthiques de la station de suivi « Platier récifal Ile Fajou » entre 2003 et 2006 (Bouchon et al., 2006).

- Station de la passe à Colas (16°21,576' N ; 61°34,415' W)

La station est localisée sur la rive gauche de la passe à Colas. Elle est située en bordure d'un tombant entre 10 et 12 mètres de profondeur. Les conditions hydrologiques sont très variables et fonction des courants de marée. Le site reçoit à la foi des eaux limpides en provenance du large, et des eaux turbides du lagon, lors de leur évacuation par la passe.

En 2005, le taux de couverture corallienne et d'environ 22%, très similaire à la « station de la pente externe récifale de l'île Fajou ». La couverture algale est proche de 75%, avec une proportion équivalente entre turf algal et algues brunes.

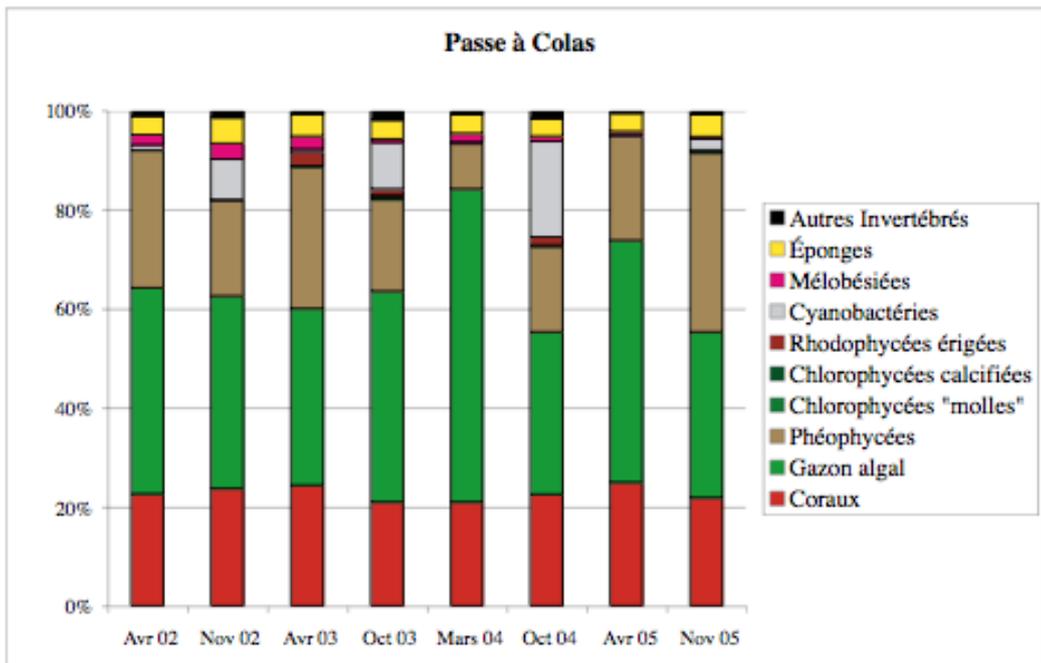


Figure 39 : Evolution du taux de recouvrement des composantes des communautés benthiques de la station de suivi « Passe à Colas » entre 2003 et 2006 (Bouchon et al., 2006).

- Station de Port-Louis (16°23,881' N ; 61°31,998' W)

Cette station est située entre 10 et 13 m, sur la partie supérieure de la pente corallienne qui borde la côte est du Grand Cul-de-Sac Marin entre Vieux-Bourg et Port-Louis. Contrairement aux sites précédents, celui de Port-Louis est soumis à une pression de pêche intense, à une sédimentation d'origine terrestre assez importante et à une pollution organique provenant de la ville de Port-Louis.

Le taux de couverture corallienne en 2006 était d'environ 12%. Près de la moitié des fonds sont couverts de turf algal.

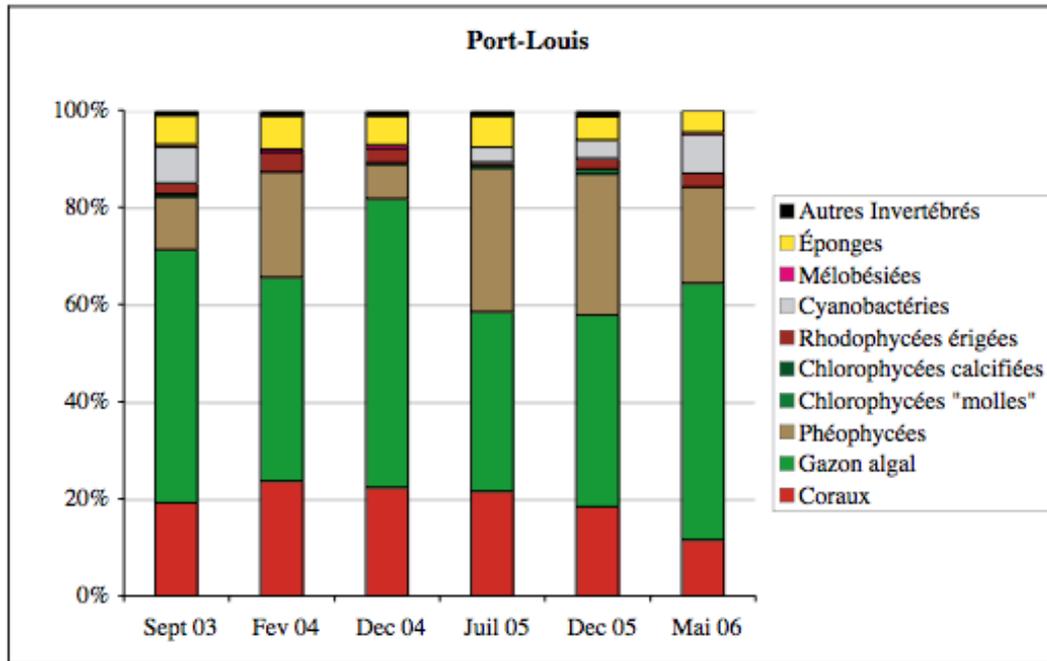


Figure 40 : Evolution du taux de recouvrement des composantes des communautés benthiques de la station de suivi « Port Louis » entre 2003 et 2006 (Bouchon et al., 2006).

- Station des îlets Pigeon (16°10,006' N ; 61°47,482' W)

La station est située sur la côte sud des îlets Pigeon. Le site bénéficie d'une protection partielle (interdiction de la pêche sous-marine), mais est soumis à une pression touristique importante (plongée sous-marine). Par ailleurs, les îlets sont affectés périodiquement par des apports de sédiments et de matière organique en provenance de la baie de Bouillante. La tendance évolutive des communautés benthiques sur ce site est équivalente à celle des stations précédentes, à savoir une diminution du taux de couverture corallienne (environ 18% en 2006) et une augmentation de la présence des macroalgues (environ 30% en 2006).

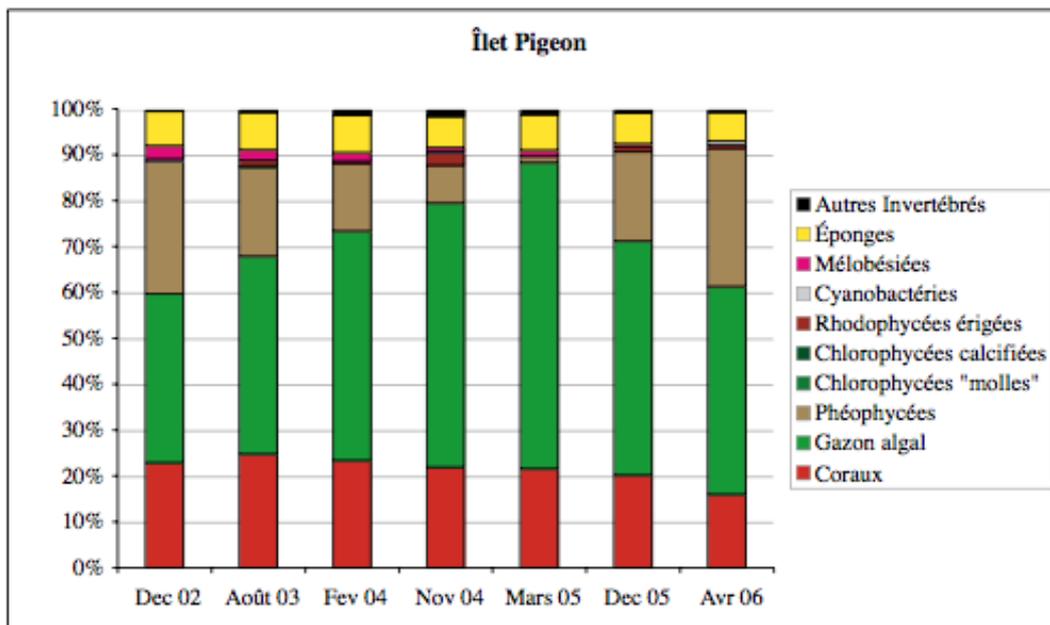


Figure 41 : Evolution du taux de recouvrement des composantes des communautés benthiques de la station de suivi « Îlet Pigeon » entre 2002 et 2006 (Bouchon et al., 2006).

Annexe 4 : Présentation synthétique des principales méthodes d'évaluation

Catégorie	Méthodes	Définition et avantages	Inconvénients
Préférences déclarées	Méthode d'évaluation contingente (MEC), <i>contingent valuation method</i> (CVM)	<ul style="list-style-type: none"> -utilise la reconstitution d'un marché fictif (contingent) pour inciter les individus à révéler la valeur qu'ils accordent à un bien ou un milieu naturel, à son amélioration ou aux dommages qui lui ont été causés. -réalisation d'enquêtes, au cours desquelles on soumet aux personnes interrogées différents scénarios fictifs. -permet d'évaluer des valeurs de non-usage et la valeur d'un projet avant sa mise en œuvre. souvent utiliser pour mesurer les avantages récréatifs liés à la fréquentation d'un espace naturel... -on définit le consentement à payer (dans le cas d'une amélioration du bien environnemental), ou à recevoir (dans le cas d'une dégradation du bien environnemental) -plusieurs variantes : réponse par un chiffre libre, carte des paiements, <i>choice modelling</i> où la personne choisit entre différentes options de management 	<ul style="list-style-type: none"> -scénario fictif -biais de réponse stratégique (si la personne pense que sa réponse aura une conséquence directe sur un prix d'accès futur par exemple, elle dit le prix le plus bas), -nécessité de traiter statistiquement les zéro de protestation
Préférences révélées	Effet sur la production (EP), <i>change in productivity or production function</i>	-après un changement (par exemple la protection d'une zone d'intérêt environnemental), effet observé sur la production d'un bien ou d'un service	-nécessité de pouvoir mesurer la production actuelle et après le changement, ou alors d'établir des scénarios probables
	Méthode des prix hédoniques (MPH) ou <i>hedonic pricing</i> (HP)	<ul style="list-style-type: none"> -repose sur l'idée que le prix d'un bien immobilier dépend de ses caractéristiques, parmi lesquelles certaines sont liées à la qualité de l'environnement. -appliqué surtout pour évaluer le bénéfice induit par une amélioration de la qualité de l'environnement ou la valeur attribuée à une réduction du risque dans les domaines de la pollution atmosphérique, du bruit ou de la qualité de l'eau. Mais elle peut également être utilisée pour estimer la valeur récréative d'un site (par exemple un parc), le prix des logements alentours étant influencé par la présence de ce dernier. 	-difficulté d'accès aux prix réels du marché, nécessité de localiser géographiquement les biens, pas tjrs d'effet net démontré entre un petit changement environnemental et le prix des biens immobiliers
	méthode des coûts de transport (MCT), <i>travel cost methods</i> (TCM)	La valeur accordée à un bien environnemental (par exemple, un site naturel remarquable) est révélée par le coût que les visiteurs supportent pour s'y rendre. la visite d'un site s'effectue si les bénéfices que l'on en retire compensent les coûts, en particulier les coûts de transport, subis pour s'y rendre.	<ul style="list-style-type: none"> -nécessite le calcul d'une fonction de demande, -pb de la substituabilité des biens, -pb de la détermination du lieu de départ, -pb des voyages à but multiple, -pb de la saisonnalité des touristes, -donne souvent des résultats plus élevés que la MEC
	Coût de remplacement (CR), <i>replacement cost</i>	-consiste à évaluer le coût d'un dommage par le coût nécessaire pour le réparer, par exemple l'établissement de digues pour lutter contre l'érosion de la côte	-le service apporté par la mesure compensatoire, n'est jamais vraiment identique
Autre	Transfert de bénéfice (TB), <i>benefits transfert</i>	-consiste à regarder les études déjà réalisées dans le même domaine ou les mêmes conditions	-il faut que des études similaires soient disponibles, biais quand extrapolation des conditions