



***Mise en œuvre de la
surveillance pour la
Directive Cadre
Européenne sur l'Eau
dans les départements
d'Outre-Mer***

Volet littoral

***Rémi Buchet
Dyneco – Vigies
Ifremer***

Octobre 2014

Contexte de programmation et de réalisation

Ce document s'inscrit dans l'action 5 « Coordination des actions DCE en eaux littorales », thème 1 « Appui à la conception et à la mise en œuvre de la politique de l'eau pour les eaux littorales » de la convention Onema – Ifremer 2013.

Les auteurs

Rémi Buchet
Ingénieur Environnement
Remi.Buchet@ifremer.fr
Dyneco/Vigies
Ifremer Centre Atlantique
Rue de l'Île d'Yeu, BP 21105
44311 Nantes Cedex

Les correspondants

Onema :
Olivier Monnier, Chargé de mission Fonctionnement des écosystèmes d'Outre-mer
ONEMA-DAST, olivier.monnier@onema.fr

Marie-Claude Ximénès, DAST, marie-claude.ximenes@onema.fr

Référence du document :

Mise en œuvre de la surveillance pour la Directive Cadre Européenne sur l'Eau dans les départements d'Outre-Mer. Volet littoral. Rémi Buchet, octobre 2014, 135 pages.

Droits d'usage :	<i>accès libre</i>
Couverture géographique :	Martinique, Guadeloupe, Guyane, La réunion et Mayotte
Niveau géographique	Départemental
Niveau de lecture [plusieurs choix possibles] :	Professionnels, experts
Nature de la ressource [plusieurs choix possibles] :	Document

TITRE MISE EN ŒUVRE DE LA SURVEILLANCE POUR LA DIRECTIVE CADRE EUROPEENNE SUR L'EAU
DANS LES DEPARTEMENTS D'OUTRE-MER. VOLET LITTORAL.

AUTEUR : REMI BUCHET – IFREMER DYNECO - VIGIES

SOMMAIRE

Résumé	4
Abstracts	5
Synthèse pour l'action opérationnelle	6
Corps du document	7

TITRE MISE EN ŒUVRE DE LA SURVEILLANCE POUR LA DIRECTIVE CADRE EUROPEENNE SUR L'EAU DANS LES DEPARTEMENTS D'OUTRE-MER. VOLET LITTORAL.

AUTEUR : REMI BUCHET – IFREMER DYNECO - VIGIES

Résumé

La mise en place de la DCE dans les départements d'outre-mer (DOM) tient compte des particularités locales, morphologiques et climatiques et socio-économiques, ainsi que des spécificités de leurs écosystèmes. Ce rapport fait un point actualisé sur les caractéristiques des masses d'eau littorales, sur le développement des indicateurs et sur le programme de surveillance DCE dans chacun des départements d'Outre-Mer : Martinique, Guadeloupe, Guyane, La réunion et Mayotte.

Mots clés (thématique et géographique)

Martinique, Guadeloupe, Guyane, La Réunion, Mayotte, indicateurs, programmes de surveillance

TITRE IMPLEMENTATION OF THE WATER FRAMEWORK MONITORING PROGRAMS IN FRENCH OVERSEAS DEPARTMENTS. COASTAL WATERS.

AUTHOR : RÉMI BUCHET – IFREMER DYNECO - VIGIES

ABSTRACT

The implementation of the WFD in the French overseas takes into account local, morphological, climatic and socioeconomic peculiarities, as well as specificities of their ecosystems. This document provide an up-to-date assessment of the state of characteristics of the coastal water bodies, of development of indicators and of WFD monitoring programs in each of the French overseas departments: Martinique, Guadeloupe, French Guyana, Reunion Island and Mayotte.

Key words (thematic and geographical area)

Martinique, Guadeloupe, French Guyana, Reunion Island and Mayotte, indicators, monitoring programs

TITRE MISE EN ŒUVRE DE LA SURVEILLANCE POUR LA DIRECTIVE CADRE EUROPEENNE SUR L'EAU DANS LES DEPARTEMENTS D'OUTRE-MER. VOLET LITTORAL.

AUTEUR : REMI BUCHET – IFREMER DYNECO - VIGIES

SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE

Ce rapport présente l'état de développement du volet littoral de la surveillance DCE dans les DOM en 2013. Il actualise les éléments présentés dans le rapport de Buchet (2010), en se basant principalement sur les différents documents produits depuis par les acteurs de la surveillance dans les DOM (rapports, conventions, cahiers des charges,...), mais également sur des échanges avec les agents des DEAL et Offices de l'Eau locaux, ainsi qu'avec des référents nationaux Ifremer pour la surveillance DCE (Catherine Belin, Anne Daniel, Laurence Miossec, Jean Louis Gonzalez...).

Sur le plan de la gouvernance, la maîtrise d'ouvrage de la surveillance était assurée par les DEAL de chaque DOM jusqu'à la fin 2012. A partir de 2013, cette tâche a été transférée aux Offices de l'Eau.

Pour sa mise en œuvre, les DEAL et Offices de l'Eau s'appuient en général sur des bureaux d'étude. L'Ifremer assure une assistance à maîtrise d'ouvrage depuis la métropole aux Antilles et en Guyane. A La Réunion, celle-ci est réalisée principalement par l'équipe Ifremer sur place. A Mayotte, c'est le Parc Marin (AAMP) qui a pris en charge cette tâche à partir de 2013. Une classification hydro- morphologique des masses d'eau par le BRGM est soit réalisée, soit en projet sur l'ensemble des DOM.

La mise en application de la DCE depuis 2007 a conduit à mettre en place un nouveau dispositif de surveillance adapté aux exigences réglementaires en métropole. La mise en œuvre de la DCE dans les DOM relève des mêmes contingences, soulève les mêmes questions et rencontre les mêmes problèmes de mise au point de protocoles méthodologiques et de stratégies de surveillance.

En revanche, les modalités d'avancement ne sont pas totalement identiques entre les départements concernés. Cette situation résulte des disparités entre DOM concernant les compétences scientifiques présentes localement, et de l'état des connaissances de l'environnement littoral sur place.

Buchet, R., 2010. Directive Cadre sur l'Eau : Etat des lieux des travaux DCE relatifs aux masses d'eau littorales dans les Départements d'Outre Mer - Convention 2009 - Action 17. Onema, Ref. Convention 2009 - action 17, 100p.

***TITRE MISE EN ŒUVRE DE LA SURVEILLANCE POUR LA DIRECTIVE CADRE EUROPEENNE SUR L'EAU
DANS LES DEPARTEMENTS D'OUTRE-MER. VOLET LITTORAL.***

AUTEUR : REMI BUCHET – IFREMER DYNECO - VIGIES

CORPS DU DOCUMENT

Sommaire

INTRODUCTION	3
A. MARTINIQUE	5
1. Aspects généraux concernant le littoral martiniquais	5
1.1. Spécificités géomorphologiques, climatologiques et hydrologiques	5
1.2. Pressions anthropiques sur le littoral	6
2. Le volet littoral de la surveillance DCE en Martinique	6
2.1. Caractéristiques des masses d'eau littorales	6
2.2. Réseau de référence	9
2.3. Surveillance des masses d'eau littorales au titre de la DCE	11
2.3.1. Masses d'eau côtières : surveillance des éléments de qualité biologiques et des paramètres physico-chimiques soutenant la biologie	14
2.3.2. Masses d'eau de transition : surveillance des éléments de qualité biologiques et des paramètres physico-chimiques soutenant la biologie	32
2.3.3. Surveillance chimique	36
2.3.4. Volet hydro-morphologie	38
B. GUADELOUPE	41
1. Aspects généraux concernant le littoral guadeloupéen	41
1.1. Spécificités géomorphologiques, climatologiques et hydrologiques	41
1.2. Pressions anthropiques sur le littoral	41
2. Le volet littoral de la surveillance DCE en Guadeloupe	42
2.1. Caractéristiques des masses d'eau littorales	42
2.2. Réseau de référence	44
2.3. Surveillance des masses d'eau littorales au titre de la DCE	45
2.3.1. Surveillance des éléments de qualité biologiques, des paramètres physico-chimiques soutenant la biologie, et des paramètres hydro-morphologiques	49
2.3.2. Contaminants chimiques	56
C. GUYANE	59
1. Aspects généraux concernant le littoral guyanais (d'après CREOCEAN <i>et al.</i> , 2006)	59
1.1. Spécificités géomorphologiques, climatologiques et hydrologiques	59
1.2. Pressions anthropiques sur le littoral	60
2. Le volet littoral de la DCE en Guyane	60
2.1. Caractéristiques des masses d'eau littorales	60
2.1.1. Masse d'eau côtière	60
2.1.2. Masses d'eau de transition	61
2.2. Surveillance des masses d'eau au titre de la DCE	64
2.2.1. Masse d'eau côtière (FRKCO01)	64
2.2.2. Masses d'eau de transition	69

D. RÉUNION	75
1. Aspects généraux concernant le littoral réunionnais	75
1.1. Spécificités géomorphologiques, climatologiques et hydrologiques du milieu littoral réunionnais (BCEOM <i>et al.</i> , 2005)	75
1.2. Pressions anthropiques sur le littoral	76
2. Le volet littoral de la DCE à la Réunion	76
2.1. Caractéristiques des masses d'eau littorales (Ropert <i>et al.</i> , 2012)	76
2.1.1. Projets menés depuis 2004	77
2.1.2. Typologie des masses d'eau (révisée en 2012)	77
2.1.3. Découpage des masses d'eau 2012	78
2.2. Surveillance des masses d'eau au titre de la DCE	84
2.2.1. Surveillance des éléments de qualité biologiques et des paramètres physico-chimiques soutenant la biologie	84
2.2.2. Surveillance chimique (d'après GT DCE Réunion "Contaminants Chimiques", 2012)	91
2.2.3. Positionnement des lieux de surveillance	95
2.2.4. Préconisations des groupes de travail « DCE » de la Réunion	96
2.2.5. Autres projets liés à la directive cadre sur l'eau	99
E. MAYOTTE	100
1. Aspects généraux concernant le littoral mahorais	100
1.1. Spécificités géomorphologiques, climatologiques et hydrologiques (<i>d'après</i> ASCONIT et ARVAM, 2006 et SDAGE 2010-2015)	100
1.2. Pressions anthropiques sur le littoral (<i>d'après</i> ASCONIT et ARVAM, 2006 et le projet de plan de gestion du PNMM Mayotte)	101
2. Le volet littoral de la DCE à Mayotte	102
2.1. Caractéristiques des masses d'eau littorales	102
2.2. Surveillance des masses d'eau au titre de la DCE	104
2.2.1. Surveillance des éléments de qualité biologiques et des paramètres physico-chimiques soutenant la biologie	105
2.2.2. Surveillance chimique	116
2.2.3. Volet hydromorphologie	120
CONCLUSION	123
RÉFÉRENCES	125
I. Martinique	125
II. Guadeloupe	127
III. Guyane	129
IV. Réunion	129
V. Mayotte	131
ANNEXE : Situation géographique des stations de surveillance dans les MET Guyanaises	133

INTRODUCTION

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE 2000/60/CE) du 23 octobre 2000 définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen. Elle fixe notamment un objectif de bon état écologique et chimique pour les masses d'eau superficielles.

Afin d'établir l'état global de ces masses d'eau, la DCE s'appuie sur l'évaluation d'un certain nombre d'éléments de qualité, qui peuvent différer selon la catégorie de masse d'eau superficielle considérée : rivières, lacs, eaux de transition ou eaux côtières.

Pour rappel, afin de caractériser l'état des masses d'eau de transition et des masses d'eau côtières, les éléments de qualité figurant dans le tableau ci-dessous doivent être évalués, conformément à l'annexe V de la DCE (points 1.1.3. et 1.1.4.).

Eaux de transition	Paramètres biologiques		Composition, abondance et biomasse du phytoplancton
			Composition et abondance de la flore aquatique (autre que le phytoplancton)
			Composition et abondance de la faune benthique invertébrée
			Composition, abondance et structure de l'âge de l'ichtyofaune
	Paramètres hydromorphologiques soutenant les paramètres biologiques	Conditions morphologiques	Variation de la profondeur
			Quantité, structure et substrat du lit
			Structure de la zone intertidale
		Régime des marées	Débit d'eau douce
			Exposition aux vagues
	Paramètres chimiques et physico-chimiques soutenant les paramètres biologiques	Paramètres généraux	Transparence
			Température
			Bilan d'oxygène
Salinité			
Concentration en nutriments			
Polluants spécifiques		Pollution par toutes substances prioritaires recensées comme étant déversées dans la masse d'eau	
		Pollution par d'autres substances recensées comme étant déversées en quantités significatives dans la masse d'eau	
Eaux côtières	Paramètres biologiques		Composition, abondance et biomasse du phytoplancton
			Composition et abondance de la flore aquatique (autre que le phytoplancton)
			Composition et abondance de la faune benthique invertébrée
	Paramètres hydromorphologiques soutenant les paramètres biologiques	Conditions morphologiques	Variation de la profondeur
			Structure et substrat de la côte
			Structure de la zone intertidale
		Régime des marées	Direction des courants dominants
			Exposition aux vagues
	Paramètres chimiques et physico-chimiques soutenant les paramètres biologiques	Paramètres généraux	Transparence
			Température
			Bilan d'oxygène
			Salinité
Concentration en nutriments			
Polluants spécifiques		Pollution par toutes substances prioritaires recensées comme étant déversées dans la masse d'eau	
		Pollution par d'autres substances recensées comme étant déversées en quantités significatives dans la masse d'eau	

Au niveau national, l'arrêté du 29 juillet 2011 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des masses d'eau littorales, représente le cadre réglementaire de la constitution et la mise en œuvre du programme de surveillance, pour les bassins hydrographiques métropolitains ainsi que ceux de la Martinique, de la Guadeloupe et de la Réunion.

Toutefois, dans le cas des départements d'outre-mer (DOM), des questions spécifiques se posent quant à la mise en œuvre de la DCE en raison de leur morphologie, de leur climat, de leurs écosystèmes mais aussi de leur histoire et des usages et pratiques développés sur ces territoires loin de la métropole.

Pour tenter d'apporter des réponses à certaines de ces questions, un séminaire s'est tenu les 9 et 10 juin 2009 au centre Ifremer de Nantes, afin de faire le bilan de l'existant dans les DOM (Guadeloupe, Martinique, Guyane, Réunion, Mayotte) sur la mise en œuvre de la DCE.

Suite à ce séminaire, en 2010, un premier rapport Ifremer (Buchet, 2010)¹ dressait un bilan de la mise en œuvre de la surveillance DCE littorale dans les différents DOM.

Ce document actualise les éléments présentés dans ce rapport 2010. Il s'appuie pour cela sur les différents documents produits, depuis lors et jusqu'à août 2013, par les acteurs de la surveillance dans les DOM (rapports, conventions, cahiers des charges,...), mais également sur des échanges avec les agents des DEAL et Offices de l'Eau locaux, en charge de la maîtrise d'ouvrage de cette surveillance, ainsi qu'avec des référents nationaux Ifremer pour la surveillance DCE (Catherine Belin, Anne Daniel, Laurence Miossec, Jean Louis Gonzalez...).

¹ Buchet, R., 2010. Directive Cadre sur l'Eau : Etat des lieux des travaux DCE relatifs aux masses d'eau littorales dans les Départements d'Outre Mer - Convention 2009 - Action 17. Onema, Ref. Convention 2009 - action 17, 100p. <https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00019/13012/9988.pdf>

A. MARTINIQUE

1. Aspects généraux concernant le littoral martiniquais

1.1. Spécificités géomorphologiques, climatologiques et hydrologiques

La Martinique est une île caribéenne qui présente certaines particularités, liées notamment à son milieu tropical et insulaire, dont il faut tenir compte (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2009) :

- L'île est volcanique et ses sols sont facilement érodables,
- Elle est soumise à un climat tropical humide, avec deux saisons séparées par deux intersaisons plus ou moins marquées :
 - une saison sèche : « le carême » (février-avril), durant laquelle les précipitations mensuelles sont de l'ordre de 50 à 100 mm, pour environ 17 jours de faibles pluies par mois,
 - une saison des pluies : « l'hivernage » (juillet-octobre), caractérisée par des pluies fréquentes et intenses. Cette saison reçoit 75 % du total annuel des pluies, avec des précipitations mensuelles variant de 220 mm à 260 mm.
- Le relief est marqué et culmine au niveau de la montagne Pelée (1397 mètres). Il favorise l'érosion des sols et, les pentes accentuant les débits de crue des rivières, est à l'origine de transports solides considérables,
- Le plateau insulaire est peu étendu et cantonné à la côte atlantique. Il se compose de nombreuses entités, ce qui lui confère un caractère très hétérogène,
- Le linéaire côtier de la Martinique s'étend sur 470 km et les constructions récifales sur environ 70 km, pour une surface de moins de 200 km². D'après Bouchon & Bouchon-Navarro (1998), 80 % de ces récifs sont dégradés ou en voie de dégradation du fait des activités anthropiques,
- Les récifs bio-construits (coralliens ou algo-coralliens) sont quasi inexistantes sur la côte ouest (excepté dans la baie de Fort-de-France et à Sainte Luce), et ce bien que des peuplements coralliens y soient bien développés en dessous d'une dizaine de mètres de profondeur. Les herbiers et mangroves sont par ailleurs peu développés sur la côte Caraïbe,
- Le récif frangeant bio-construit de la côte méridionale présente une richesse spécifique importante,
- Une barrière récifale d'origine algo-corallienne, entrecoupée par de nombreuses passes, s'étend sur près de 25 km sur la côte Sud-Est. À l'abri de cette barrière, des herbiers à *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* occupent les fonds de baie, mangroves et lagons,
- Les mangroves, écosystèmes littoraux de grand intérêt, ont été en grande partie détruites. Actuellement, on en retrouve essentiellement dans les principales baies (Fort-de-France, Marin, Robert, Galion), ainsi que sur les côtes méridionales et la moitié sud-est de l'île,
- La recherche scientifique sur le milieu aquatique martiniquais s'est développée récemment et peu d'études environnementales ont été menées jusqu'à présent, particulièrement dans le milieu marin. De ce fait, les connaissances fondamentales sur le fonctionnement des écosystèmes sont relativement limitées et très hétérogènes.

1.2. Pressions anthropiques sur le littoral

Les principales pressions anthropiques s'exerçant sur les masses d'eau littorales et identifiées à l'occasion de l'état des lieux du district hydrographique martiniquais sont les suivantes (ASCONIT Consultants et Impact-Mer, 2005) :

- La forte densité de population sur la frange littorale, d'autant que la mise en place de STEP est récente et l'évacuation des eaux usées se fait, en de nombreux endroits, sans traitement préalable suffisant. La population est concentrée entre Fort-de-France / Le Lamentin / Saint Joseph (50 % de la population) et sa répartition sur le reste du territoire est très inégale (bourgs et « quartiers » denses ou hameaux, habitat diffus).
- L'aggravation de l'érosion des sols par certaines activités humaines : imperméabilisation de grandes surfaces urbanisées, canalisation des eaux de ruissellement, remblaiement des zones d'expansion de crues, chenalisation des exutoires de rivières. Ce phénomène est à l'origine d'une hypersédimentation (envasement) ainsi que d'une augmentation de la turbidité, préjudiciables notamment aux herbiers et aux peuplements coralliens,
- L'artificialisation du littoral : aménagements portuaires et ouvrages de protection bouleversent particulièrement le fonctionnement hydro-morpho-sédimentaire des milieux littoraux,
- L'eutrophisation liée aux apports en azote, phosphore et matière organique en provenance des bassins versants. Ce phénomène est particulièrement marqué dans les baies, où certaines macroalgues prolifèrent aux dépens des formations coralliennes et herbiers,
- Les apports en micropolluants (métaux, hydrocarbures, phytosanitaires) qui ont tendance à rester stockés dans les sédiments fins. Une problématique particulière en Martinique est liée à l'utilisation pendant de longues années de la chlordécone, pesticide rémanent utilisé pour la culture de la banane et encore présent dans les milieux aquatiques plus de 10 ans après son interdiction. La culture de la canne à sucre utilise également de nombreux intrants et produits phytosanitaires,
- L'industrie polluante, relativement peu développée, qui compte plusieurs distilleries réparties sur l'île, une raffinerie de pétrole au Lamentin, des carrières dans le nord et deux centrales thermiques EDF,
- La navigation de commerce et de plaisance, qui altère certains sites privilégiés par le mouillage forain,
- La pêche, à l'origine d'une surexploitation des fonds côtiers, notamment ceux hébergeant des écosystèmes coralliens et des herbiers de phanérogames marines.

2. Le volet littoral de la surveillance DCE en Martinique

2.1. Caractéristiques des masses d'eau littorales

Lors de l'état des lieux du district hydrographique de la Martinique (ASCONIT Consultants & Impact-Mer, 2005), 23 masses d'eaux littorales (19 ME côtières et 4 ME de transition) ont été définies et associées à 8 types : 7 types pour les MEC et 1 type de MET (cf. figure 1 et tableau 1).

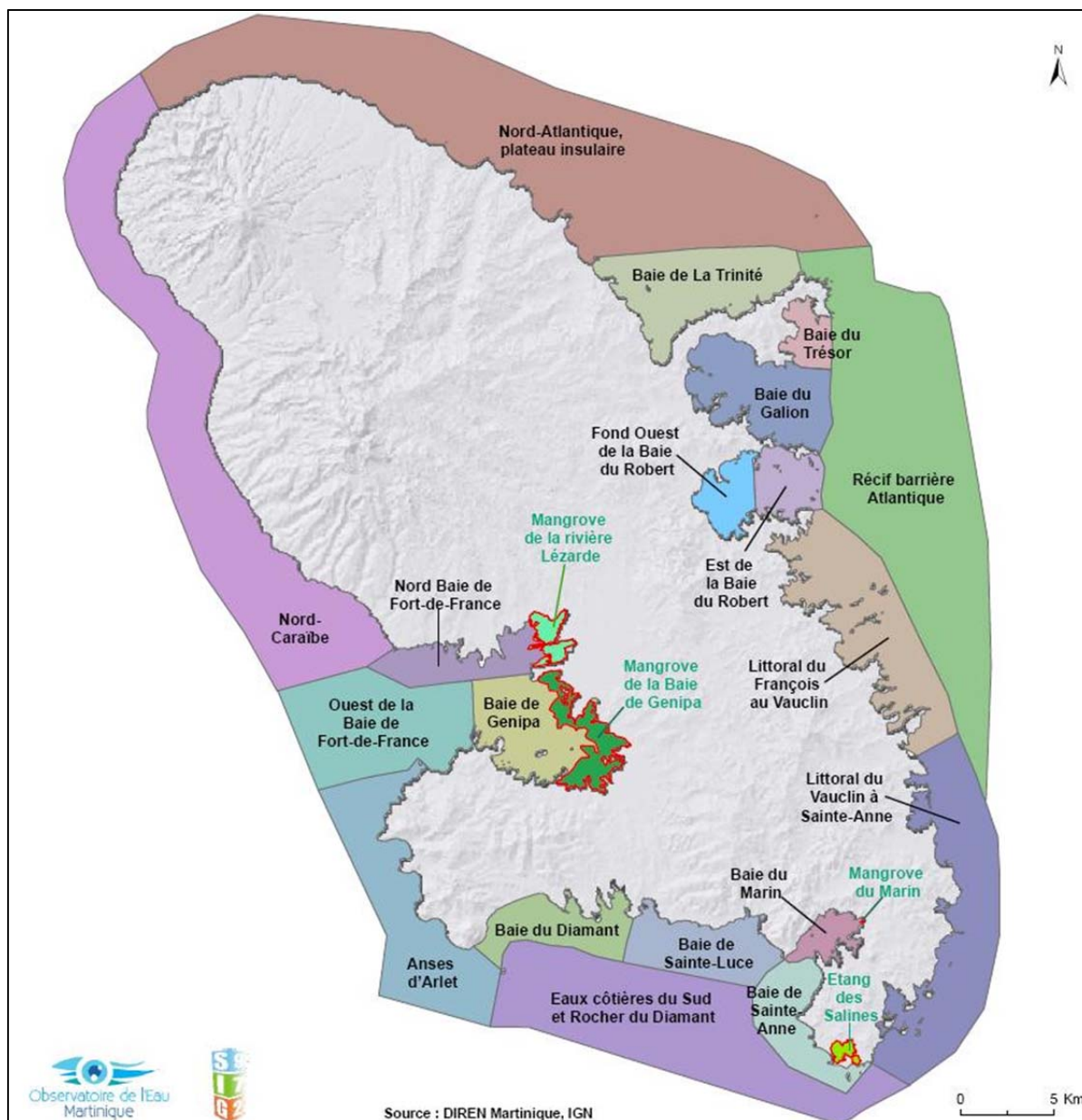


FIGURE 1: Masses d'eau littorales actuelles de la Martinique (source : Observatoire de l'Eau Martinique)

Cette caractérisation s'est appuyée sur les critères suivants : trait de côte, bathymétrie, variations de l'exposition aux vents, houle atlantique et courants, pressions littorales, bassin versant, diversité et sensibilité (à l'eutrophisation, l'hypersédimentation et l'écotoxicité plus particulièrement) des biocénoses littorales.

Des objectifs environnementaux ont été assignés à ces masses d'eau dans le **SDAGE établi pour la période 2009-2015**. Ce diagnostic s'est appuyé à la fois sur des données du contrôle de surveillance réalisé sur les MEC et MET martiniquaises en 2007-2008 (pas de prise en compte cependant de l'état chimique), mais aussi sur des « dires d'experts » formulés par les organismes spécialistes de ces milieux et chargés de leur suivi (association, bureaux d'études, chargés de mission des services de l'Etat ou de l'Office de l'Eau, etc...). Il a ainsi été estimé que la plupart des masses d'eau littorales (20 sur 23) ne pourront atteindre le bon état écologique à l'horizon 2015 (douze à l'horizon 2021, et huit pour 2027).

A l'occasion de la révision de l'état des lieux en 2013, une redéfinition du découpage initial des masses d'eau a été réalisée : les mangroves ont ainsi été intégrées aux masses d'eau côtières adjacentes de type 1 « baie » (cf. figure 2), ce qui ramène en définitive le nombre de masses d'eau littorales de la Martinique à 20 (19 MEC et 1 MET, l'étang des Salines).

La question de l'évaluation des mangroves est dès lors à l'étude : à l'heure actuelle, les paramètres qui y sont suivis sont la physico-chimie et l'hydromorphologie, tandis que le suivi du phytoplancton n'y est pas pertinent. Les développements menés sur les invertébrés de substrat meuble et sur les épibiontes (cf. §2.3.), n'ont pas permis à ce jour d'aboutir à un indicateur global. Une option envisagée pour l'évaluation de la qualité des mangroves est de considérer cette thématique au travers du volet hydro-morphologique de la DCE. Cependant, tant que cette question n'est pas tranchée, la station de référence MET (baie des requins, cf. § 2.2.) est maintenue.

A noter également qu'un projet de développement d'une plateforme hydrodynamique aux Antilles françaises est actuellement à l'étude, afin de répondre à des attentes fortes de la part des gestionnaires (DEALs et Offices de l'Eau), aussi bien en Martinique qu'en Guadeloupe. Dans ce cadre, un VSC « environnement » recruté en 2012 via une convention DEAL/Ifremer, a produit un document de synthèse (Becheler, 2013) recensant différentes études hydrodynamiques menées à l'échelle régionale. A terme, cet outil « plateforme hydrodynamique » pourrait permettre, à la manière de ce qui a été réalisé à la Réunion dans le cadre du projet HYDRORUN (cf. page 72) de préciser les limites des masses d'eau, mais également d'évaluer la pertinence du positionnement des stations des réseaux de surveillance et de référence.

TABLEAU 1: Typologie des masses d'eau littorales de la Martinique

N° Type	Intitulé type	Masses d'eau associées
1	Baie (type commun avec la Guadeloupe)	FRJC001 (Baie de Génipa), FRJC005 (Fond Ouest de la Baie du Robert), FRJC007 (Est de la Baie du Robert), FRJC010 (Baie du Marin), FRJC013 (Baie du Trésor), FRJC014 (Baie du Galion), FRJC015 (Nord Baie de Fort de France), FRJC016 (Ouest Baie de Fort de France)
2	Récifs frangeants et lagons atlantique (commun avec la Guadeloupe)	FRJC006 (Littoral du Vauclin à Sainte-Anne), FRJC008 (Littoral du François au Vauclin), FRJC012 (Baie de la Trinité)
3	Récif barrières atlantiques (commun avec la Guadeloupe)	FRJC011 (Récif barrière atlantique)
4	Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire atlantique (commun avec la Guadeloupe)	FRJC004 (Nord-Atlantique, plateau insulaire)
5	Côte rocheuse protégée caraïbe (commun avec la Guadeloupe)	FRJC002 (Nord Caraïbe), FRJC003 (Anses d'Arlet)
6	Côte abritée à plate-forme corallienne	FRJC009 (Baie de Ste Anne), FRJC017 (Baie de Ste Luce), FRJC018 (Baie du Diamant)
7	Eaux du large de la baie méridionale de Sainte-Luce au Diamant	FRJC019 (Eaux côtières du Sud et Rocher du Diamant)
8	ME de transition : mangroves et lagune côtière	FRJT001 (Etang des Salines), FRJT002 (Mangrove du Marin), FRJT003 (Mangrove de la rivière Lézarde), FRJT004 (Mangrove de la Baie de Génipa)

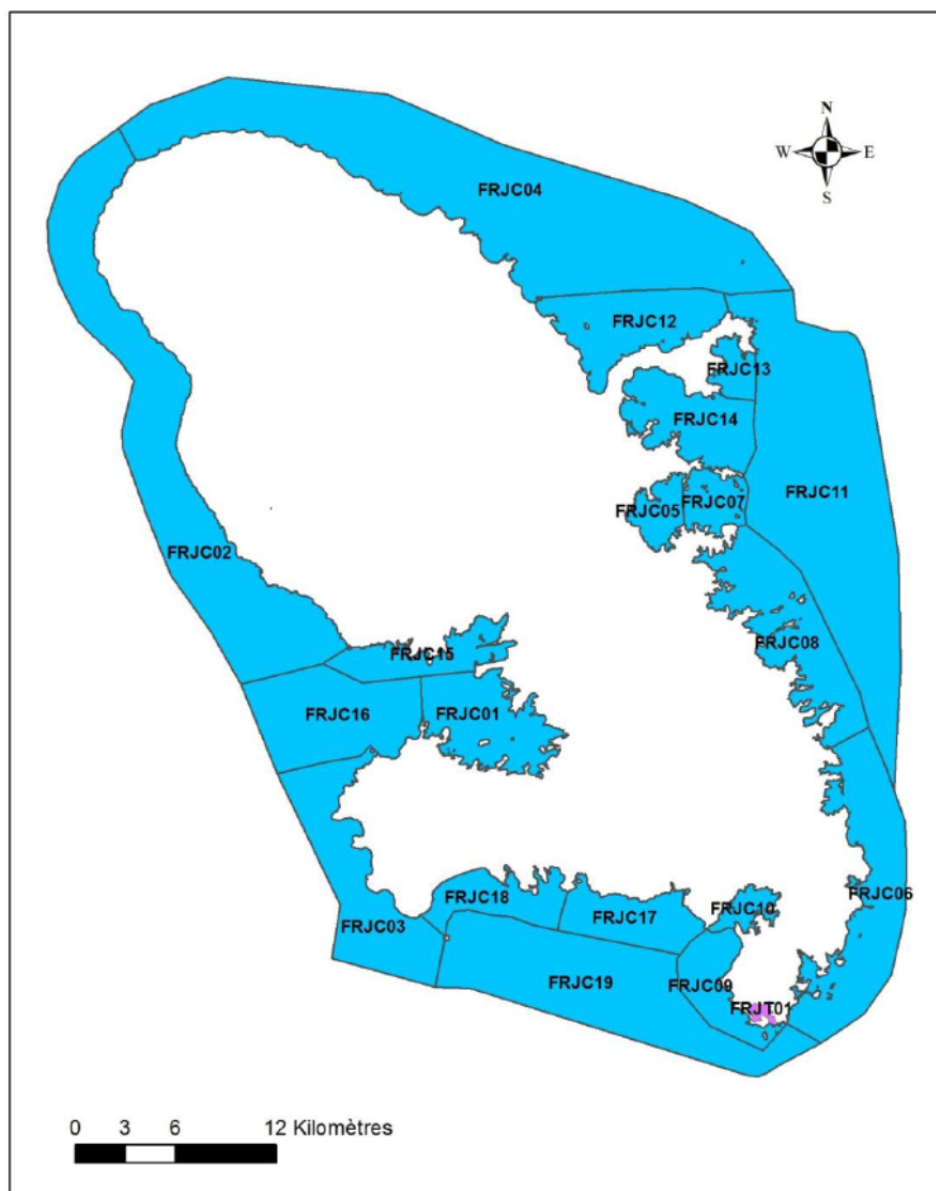


FIGURE 2 : Proposition de révision de la délimitation des masses d'eau littorales martiniquaise formulée en 2013 (Brivois et Fontaine, 2012)

2.2. Réseau de référence

En Martinique, 8 sites de référence **potentiels** ont été définis (cf. figure 3) pour chacune des différentes typologies de masses d'eaux (Impact-Mer, 2006). La finalité de ce suivi est de pouvoir préciser les situations de référence pour les éléments de qualité biologiques (conditions non ou peu perturbées), et de permettre ainsi l'interprétation de l'état écologique par calcul d'un ratio de qualité Ecologique ou RQE.

Le choix de ces sites de référence, tout comme celui des sites de surveillance (cf. § 2.3.), a été initialement réalisé selon plusieurs critères et s'est basé sur les connaissances et suivis existants jusqu'alors en Martinique. Il s'agit essentiellement d'études anciennes réalisées par l'Université Antilles-Guyane (Laborel *et al.*, 1998, 2003, 2004) et par le bureau d'études Impact-Mer depuis 1993 (études de rejet, études d'impact, cartographies des biocénoses...), des suivis biologiques IFRECOR réalisés par l'Observatoire du Milieu Marin Martiniquais (OMMM) et enfin, des suivis

physicochimiques du Réseau National d'Observation (RNO) réalisés par la Cellule Qualité de l'Environnement Littoral (CQEL).

Sur ces sites de référence, les différents indicateurs de l'état écologique (cf. tableau 2) ont fait l'objet de plusieurs campagnes entre 2007 et 2012 (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012). A noter qu'aucune des masses d'eau de transition initialement définies dans l'état des lieux ne pouvait servir pour définir l'état de référence d'une mangrove, du fait des pressions anthropiques non négligeables s'exerçant sur celles-ci. C'est pourquoi un point de suivi supposé en bon état (Baie des Requins) a été défini au sein d'une mangrove située en dehors de ces MET, afin de définir un état de référence pour cette catégorie de masse d'eau.

D'après les grilles servant actuellement à l'évaluation des masses d'eau, aucun de ces 8 sites de « référence » ne semble refléter un très bon état écologique, ces sites étant tous classés en état « moyen » voire « médiocre » (à l'exception de la baie des requins et de la Baie du Trésor). Ceci est confirmé par ailleurs par les observations terrain (avis d'experts), ce qui pose la question de la pertinence de ce réseau dit « de référence » car il ne semble pas possible d'en déduire des valeurs de référence de manière directe. Le projet de développement d'une plateforme hydrodynamique à l'échelle régionale (cf. §2.1.) pourrait à ce titre permettre d'affiner le positionnement de ces sites de référence.

TABLEAU 2 : Liste des 8 sites de référence et des différents éléments de qualité suivis sur ces sites en 2010 (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012)

(Police rouge = sites appartenant à la fois au réseau de référence et au réseau de surveillance)

Masse d'eau	Code ME	Type ME	Site	Physico-chimie	Phytoplancton	Herbiers	Communautés coralliennes	Endofaune
Baie du Trésor	FRJC013	1	Baie du Trésor	X	X	X	X	
Littoral du François au Vauclin	FRJC008	2	Pinsonnelle	X	X	X	X	
Récif Barrière Atlantique	FRJC011	3	Loup Garou	X	X		X	
Nord Atlantique, plateau insulaire	FRJC004	4	Loup Caravelle	X	X		X	
Anses d'Arlet	FRJC003	5	Cap Salomon	X	X	X	X	
Baie de Sainte Luce	FRJC17	6	Corps de Garde	X	X	X	X	
Eaux côtières du Sud et Rocher du Diamant	FRJC019	7	Rocher du Diamant	X	X		X	
Référence MET		8	Baie des Requins	X				X



Point Bleu = site de référence MEC uniquement / Point Jaune = référence + surveillance MEC / Rose = référence MET)

FIGURE 3 : Situation des sites de "référence" (paramètres physico-chimiques) en Martinique pour le suivi réalisé en 2010 (d'après Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012)

2.3. Surveillance des masses d'eau littorales au titre de la DCE

Actuellement, les modalités de la surveillance des masses d'eau littorales martiniquaises (fréquences et nombre de sites par élément de qualité) sont définies dans l'arrêté du 29 juillet 2011, modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux (cf. tableaux 3 et 4).

Lors d'une prochaine révision de cet arrêté (prévue pour 2014), une augmentation des fréquences de suivi devrait intervenir pour les éléments de qualité « macroalgues », « angiospermes » et « coraux » (fréquence portée à chaque année du plan de gestion). La question de l'évaluation de la masse d'eau de transition résiduelle suite à l'incorporation des mangroves aux MEC adjacentes de type baie (l'étang des salines) est toujours à l'étude. La question des paramètres dont le suivi sera pérennisé dans les mangroves (hydrologie ? invertébrés benthiques ? épibiontes des racines de palétuviers ? paramètres hydromorphologiques ?) n'est également pas tranchée.

TABLEAU 3 : Cadre réglementaire du suivi des MEC de la Martinique

Éléments suivis	Nombre d'années de suivi par SDAGE	Fréquence des contrôles par année	Sites concernés
BIOLOGIE			
Phytoplancton	6	4 (tous les trimestres)	Tous
Macroalgues et angiospermes	2	1	Tous
Invertébrés (Coraux)	2	1	Tous
PHYSICO-CHIMIE			
Physico-chimie (paramètres généraux)	6	4 (tous les trimestres)	Tous
HYDROMORPHOLOGIE			
Hydromorphologie	1	1	Tous

TABLEAU 4 : Cadre réglementaire du suivi des MET de la Martinique

Éléments suivis	Nombre d'années de suivi par SDAGE	Fréquence des contrôles par année	Sites concernés
BIOLOGIE			
Phytoplancton		Non pertinent	
Macroalgues et angiospermes		Non pertinent	
Invertébrés (Faune endogée du sédiment)	2	1	Tous
Poissons	1	1	30 à 50% des sites
PHYSICO-CHIMIE			
Physico-chimie (paramètres généraux)	6	4 (tous les trimestres)	Tous
HYDROMORPHOLOGIE			
Hydromorphologie	1	1	Tous

En Martinique, les paramètres et protocoles concernant les suivis biologiques ont été adaptés sur la base de données bibliographiques et de concertations avec différents acteurs du milieu marin antillais (DIREN, UAG, OMMM, bureaux d'études). La synthèse de ces éléments a été réalisée par Impact-Mer (2006) lors de la définition du réseau de surveillance des masses d'eau littorales de la Martinique.

Jusqu'en 2012, la surveillance DCE du milieu marin (ainsi que le rapportage associé) était assurée sous maîtrise d'ouvrage DEAL. Depuis 2013, elle est prise en charge par l'Office de l'Eau de la Martinique.

A partir de la campagne de surveillance de 2010, les coordonnées des stations de surveillance des différents éléments de qualité ont été modifiées de manière à les rapprocher géographiquement (cf. figures 6, 7 et 9).

Les figures 4 et 5 récapitulent par ailleurs les différents indices utilisés à titre provisoire en 2009 et 2010 pour l'évaluation de l'état des MEC et MET, ainsi que les méthodes d'agrégation de ces indices.

A noter que les mangroves initialement définies (§ 2.3.2) ont été, jusqu'à présent, uniquement évaluées à travers (i) l'analyse de la faune benthique endogée (un suivi en 2012) et (ii) un suivi des

paramètres physico-chimiques. Aussi, une étude a été commanditée par la DEAL Martinique afin d'étudier le potentiel de bio-indication des **épibiontes des racines de palétuvier (spongiaires et autres espèces)** pour les **mangroves** (Impact-Mer & Ginger Environnement, 2011).

La technique d'échantillonnage (non destructive) proposée dans le cadre de cette étude semble permettre de rendre compte de l'évolution quantitative des groupes d'épibiontes, et en particulier de l'évolution de leur couverture respective. Bien qu'aucune conclusion formelle relative à la bio-évaluation de la qualité écologique des mangroves de l'île n'ait pu être tirée de cette étude, cette première campagne exploratoire (2010) a permis de mieux appréhender la structure des peuplements épibiontes présents dans ces milieux, ce qui n'avait jamais été étudié jusqu'à présent.

En résumé, cette étude ponctuelle n'a pour l'heure pas abouti à la mise en place d'un indicateur biologique stabilisé, mais la DEAL semble avoir la volonté de pérenniser ce type de suivi (L. Miossec, *comm. pers.*). Il faut également garder à l'esprit que les prochaines campagnes de surveillance des mangroves devraient être modifiées à compter de 2015 en raison de leur intégration au sein des MEC adjacentes (cf. § 2.1.).

Dans le cas de la MET « résiduelle » (l'étang des Salines), cette lagune côtière est très mal connue (pas de suivi en phytoplancton et invertébrés benthiques). C'est un secteur azoïque, turbide et très pollué du fait des cultures réalisées en bordure de ce secteur. Actuellement, il y a une étude sur le fonctionnement hydraulique de cette lagune pour en comprendre le fonctionnement.

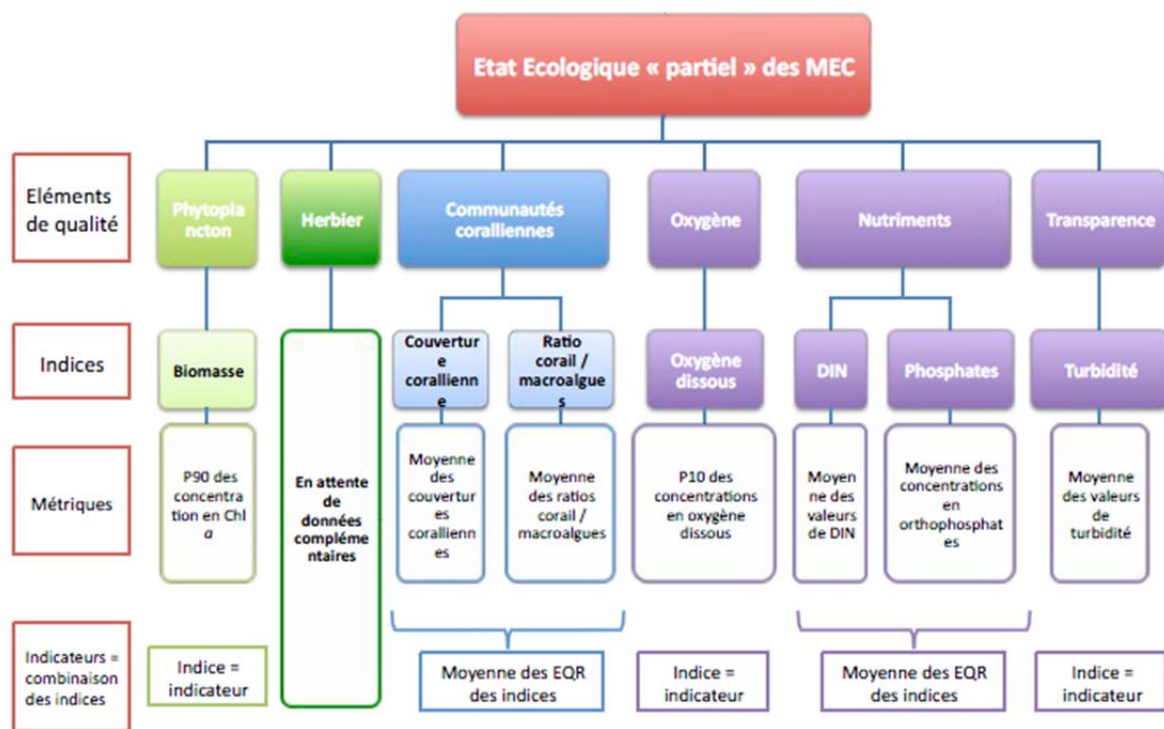


FIGURE 4 : Récapitulatif des éléments biologiques et des indices proposés² dans le cadre du suivi 2009 et 2010 pour les MEC (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2009)

² NB : pour le phytoplancton, l'indice abondance, mis de côté en 2010-2011, a désormais été ré-intégré à la procédure d'évaluation de l'état des masses d'eau côtière. L'indice composition, toujours à l'étude en métropole, n'est pour l'heure pas considéré en Martinique.

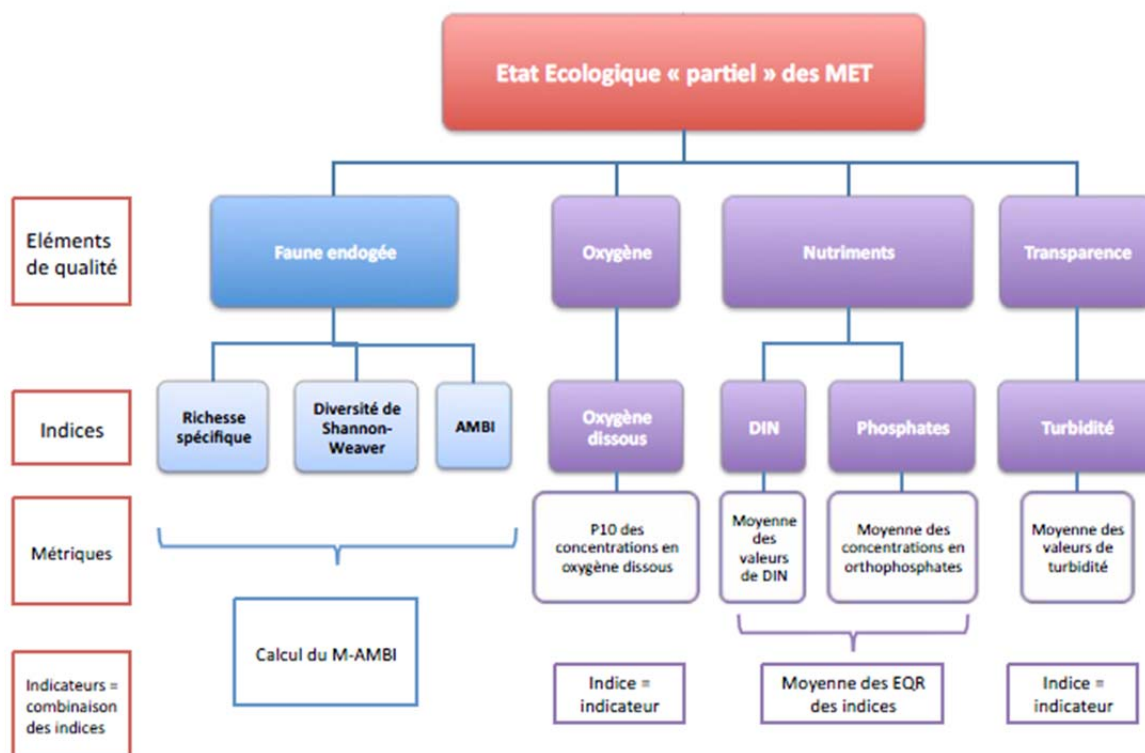


FIGURE 5 : Récapitulatif des éléments biologiques et des indices proposés dans le cadre du suivi 2009 et 2010 pour les MET (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2009)

2.3.1. Masses d'eau côtières : surveillance des éléments de qualité biologiques et des paramètres physico-chimiques soutenant la biologie

❖ **Phytoplancton et paramètres physico-chimiques associés**

• **Surveillance**

Le réseau de surveillance littorale DCE « phyto-hydro » martiniquais était constitué de 12 stations en 2012. Celles-ci sont présentées dans le tableau 5, ainsi que dans la figure 6³. Certaines de ces stations ont été repositionnées dernièrement par rapport à leur emplacement initial, de manière à être le plus proche possible des autres stations « biologiques » (ou à équidistance entre deux stations), et ainsi de mieux contribuer à l'interprétation des données issues de ce type de suivis (notion de « paramètres physico-chimique soutenant la biologie »).

Les éléments présentés ci-après sont majoritairement extraits de l'annexe 2 du cahier des charges « DCE Phyto-Hydro 2012 » de la DEAL Martinique. Pour rappel, ce document a largement été amendé par l'Ifremer en décembre 2011, suite au COPIL Ifremer-DEAL Martinique qui s'était tenu le 5 décembre 2011 en visio-conférence⁴, et auquel avaient participé à titre d'experts, Anne Daniel et Catherine Belin pour l'Ifremer, et Felipe Artigas de l'ULCO-CNRS Wimereux. L'appel d'offre correspondant a été lancé en 2013.

³ source : cahier des charges DEAL pour le suivi physico-chimie et phytoplancton des eaux littorales de Martinique au titre de la Directive Cadre sur l'Eau – Année 2012

⁴ pas de compte rendu disponible à ce jour



FIGURE 6 : Stations de surveillance "phyto-hydro" telles que définies pour l'année 2012
 (source : cahier des charges « DCE phyto-hydro 2012 » DEAL)

TABLEAU 5 : Stations du réseau de surveillance « phyto-hydro » MEC DCE 2012
 (Police rouge = sites de suivi appartenant à la fois au réseau de référence et au réseau de surveillance)

Code Masse d'eau	Masse d'eau	Type de masse d'eau	Station	Code SANDRE	X (WGS84 UTM20)	Y (WGS84 UTM20)
FRJC001	Baie de Génipa	1	Banc Gamelle	08999503	710994	1612847
FRJC002	Nord-Caraïbes	5	Fond Boucher	08999506	698864	1620848
FRJC003	Anses d'Arlet	5	Cap Salomon	08999504	704564	1604747
FRJC004	Nord-Atlantique, plateau insulaire	4	Cap Saint-Martin	08999516	692800	1643750
FRJC006	Littoral du Vauclin à Sainte-Anne	2	Caye Pariadis	08999505	736034	1608547
FRJC007	Est de la Baie du Robert	1	Ilets à rats	08999507	726045	1624367
FRJC009	Baie de Sainte-Anne	6	Pointe Borgnesse	08999512	726444	1597797
FRJC010	Baie du Marin	1	Baie du Marin	08999501	728294	1599307
FRJC011	Récif barrière atlantique	3	Loup Garou	08999508	731745	1624237
FRJC012	Baie de la Trinité	2	Loup Ministre	08999509	721795	1635198
FRJC013	Baie du Trésor	1	Baie du Trésor	08999502	727915	1632767
FRJC019	Eaux côtières du Sud et Rocher du Diamant	7	Rocher du Diamant	08999513	711600	1597777

Les amendements apportés par l'Ifremer étaient dans la droite ligne des recommandations synthétisées dans le compte-rendu d'une mission Ifremer, qui s'était déroulée courant mars 2011 (Belin *et al.*, 2011). Suite à ce COPIL, une note de réflexions sur la surveillance phytoplanctonique en Martinique a également été produite fin 2011 par Isabelle Gailhard-Rocher et Felipe Artigas, formulant des propositions concrètes sur le plan de surveillance en Martinique : cette note a été incluse dans le rapport Gailhard-Rocher *et al.* (2012b)⁵.

Les techniques de prélèvements d'eau mises en œuvre dans le cadre de ce réseau « phyto-hydro DCE » martiniquais sont tenues de se conformer aux documents méthodologiques de référence au sens de l'Ifremer, à savoir l'ouvrage d'Aminot et Kérouel (2004), détaillé dans le DVD traitant des techniques de prélèvement en milieu marin (Daniel, 2009⁶). L'ensemble des prélèvements est, si possible, réalisé en début de matinée et lorsque le vent est inférieur à 10 m/seconde le jour du prélèvement ainsi que le jour précédent.

La fréquence de suivi de ces différents paramètres sur les stations du réseau de surveillance correspond **a minima** à la fréquence réglementaire décrite dans le tableau 3. Cependant, pour 7 de ces stations (Banc Gamelle, Pinsonnelle, Loup Garou, Loup Caravelle, Fond Boucher, Pointe Borgnese et Rocher du Diamant) et pour le paramètre **chlorophylle a uniquement**, une fréquence de suivi **mensuelle** a été définie pour l'ensemble de l'année 2012. Pendant 5 mois (de septembre 2012 à janvier 2013) et sur deux stations (Banc Gamelle et Pinsonnelle), un dénombrement de la flore totale a également été réalisé : en effet pour le phytoplancton, l'indice d'abondance, un temps mis de côté en 2010-2011, a été ré-intégré à l'évaluation de l'état des masses d'eau côtières.

Les spécifications analytiques exigées pour la campagne 2011 par l'opérateur (Impact-Mer) de cette surveillance « phyto-hydro » sont résumées dans le tableau 6 (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012). Les mesures *in situ* sont effectuées par Impact-Mer, en sub-surface et sur la colonne d'eau. De même, les prélèvements destinés à l'analyse des nutriments et de la chlorophylle sont effectués en sub-surface, et réalisés en triplicats afin de fiabiliser les données.

En 2011, l'Ifremer a initié une collaboration avec le laboratoire départemental d'analyses de la Martinique (LDA 972) chargé, par Impact-Mer, des mesures de nutriments et de chlorophylle correspondantes. Ce laboratoire s'appuie sur les méthodes recommandées par l'Ifremer (Aminot et Kerouel, 2006), mais ne les applique pas strictement. Ces points concernent le flaconnage (plastique au lieu du verre) et la filtration des échantillons prélevés. Impact-mer souligne également les délais entre la réception des échantillons au laboratoire et la remise des résultats par celui-ci, délais qui peuvent atteindre 7 mois. Le LDA a surtout un marché portant sur les analyses en eau douce et semble peu motivé par le milieu marin. Dans ce contexte, Impact-mer souhaite être informé plus systématiquement des échanges entre l'Ifremer (Anne Daniel) et le LDA, portant sur l'optimisation de la méthodologie analytique.

Ce laboratoire n'est donc pas en mesure de présenter des limites de quantification (LQ) adaptées à la mesure de ces paramètres dans les eaux oligotrophes de la Martinique (d'où le côté « théorique » du

⁵ livrable de la convention Ifremer / ONEMA 2011

⁶ Ce DVD est téléchargeable sur le site de l'Ifremer :

<http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/dossiers/prelevementhydro/index.html>.

tableau 6), et un certain nombre de résultats analytiques sont rendus comme « inférieurs à la LQ »⁷. Ceci constitue un problème lors du traitement et de l'interprétation des données pour la DCE car, lorsque les résultats sont inférieurs aux LQ, c'est la valeur de la LQ qui est considérée pour le calcul des indicateurs.

Le soutien technique de l'Ifremer au LDA sur le volet analytique s'est donc traduit par (Daniel, 2012) :

- l'envoi de documents de référence (manuels d'analyse de référence, DVD d'apprentissage),
- une rencontre pour faire le point sur les méthodes analytiques à mettre en œuvre pour le milieu marin et sur les problèmes techniques rencontrés, lors de la mission d'Anne Daniel (Ifremer Brest) en mars 2011,
- la participation, à titre gratuit, du LDA 972 aux essais inter-laboratoire pour la mesure des nutriments en milieu marin (Daniel et Kérouel, 2008, 2009a, 2009b, 2010a, 2010b, 2011, 2012) organisés par l'Ifremer pour l'ensemble de la communauté océanographique française,
- une assistance téléphonique et des échanges de courriers électroniques : il a notamment été conseillé d'augmenter les volumes d'eau de mer filtrés, d'attendre une nuit avant d'effectuer l'analyse et d'augmenter la taille de la cuve de mesure,
- une formation d'une semaine en octobre 2012 au laboratoire DYNECO/PELAGOS du centre de Brest pour un agent du LDA 972 sur les analyses de nutriments par les techniques manuelles et de flux continu, et sur l'analyse de la chlorophylle a par spectrophotométrie.

TABLEAU 6 : Spécifications analytiques exigées par Impact-Mer pour les mesures effectuées avant 2011 (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012)

Paramètre	Lieu/opérateur analyse	Méthode d'analyse	Limite de quantification	Précision
Salinité	<i>In situ</i>	Sonde multiparamètres WTW Multi 350i	0 à 70 psu	+/- 0,2
Température	<i>In situ</i>		-5 à + 105°C	+/- 0,2
pH	<i>In situ</i>		-2 à +20	+/- 0,004
Oxygène	<i>In situ</i>		0 à 20 mg/L 0 à 200%	+/- 0,5% de la valeur mesurée
Nitrates	LDA Martinique	Méthode spectrophotométrique dite de Lorenzen (Aminot et Chaussepied, 1983) puis Aminot (2004) à partir du second trimestre 2011 ?	0,05 µmol/L	0,02
Nitrites	LDA Martinique		0,03 µmol/L	0,01
Ammonium	LDA Martinique		0,1 µmol/L	0,05
Orthophosphates	LDA Martinique		0,05 µmol/L	0,02
Turbidité	LDA Martinique	NF EN ISO 7027	0,1 et 40 FNU	0,03
Chlorophylle a	LDA Martinique	Spectrométrie d'absorption moléculaire (NF T 90-117 Scor Unesco)	0,01 µg/L ?	Non connue

Comme mentionné précédemment, un suivi complémentaire de la **flore phytoplanctonique totale (+ cytométrie en flux)** a été réalisé sur deux stations, l'une appartenant au réseau de surveillance (Banc

⁷ C'est pourquoi dans le cahier des charges de la surveillance « phyto-hydro DCE » il a désormais été envisagé d'avoir recours à la technique HPLC (méthode Jeffrey *et al.*, 1997), afin d'augmenter les performances analytiques et donc les limites de détection

Gamelle) et l'autre au réseau de référence (Pinsonnelle), à fréquence mensuelle sur 5 mois (de septembre 2012 à janvier 2013).

Ce suivi « renforcé » correspondait en effet à un besoin identifié suite à l'étude Créocéan (2011), qui avait conclu à la nécessité de poursuivre l'effort d'acquisition de données afin de caler des métriques et seuils pertinents pour l'élément de qualité « phytoplancton »⁸. En effet, le but initial de cette étude était de statuer sur la pertinence d'un suivi de l'élément de qualité phytoplancton dans le cadre de la DCE. Pour cela, elle s'était appuyée sur un suivi à fréquence élevée sur les sites de « Rocher du Diamant » et de la « Baie du Trésor » (à raison de 2 campagnes par mois entre juillet 2010 et juin 2011), qui n'avait toutefois pas permis de mettre en évidence de période préférentielle pour orienter l'organisation des suivis ultérieurs. Dans la note de fin décembre 2011 sur la surveillance en Martinique, rédigée par l'ULCO-CNRS Wimereux (et reprise dans Gailhard-Rocher *et al.*, 2012b), il était donc jugé indispensable de disposer de mesures à une plus haute fréquence temporelle (au minimum mensuelle), le choix d'un site par type de milieu étant considéré comme un compromis satisfaisant. Le choix des deux stations Banc Gamelle et Pinsonnelle pour un suivi « complet » était par ailleurs préconisé, du fait de leur « richesse » phytoplanctonique. Cette recommandation par la suite été reprise dans le cahier des charges « DCE Phyto-Hydro 2012 » de la DEAL Martinique.

Sur la base de ces données acquises à fréquence élevée sur les années 2011 et 2012 (et début 2013), une **acquisition fine de données complémentaires a été planifiée sur 2013-2014** qui, liée à l'exploitation des données déjà acquises (bancaisées dans Quadrige), doit permettre de finaliser les indices, métriques et seuils à utiliser pour établir un outil de bio-indication adapté au contexte Antillais basé sur le phytoplancton. Ce travail est formalisé dans le cadre d'une convention⁹ associant la DEAL, l'ODE, l'ONEMA, l'Ifremer et le CNRS (UMR-ULCO 8187 LOG) pour réaliser en 2013-2014 à la fois l'acquisition des données mais également l'expertise permettant de finaliser les seuils de qualité adaptés au contexte martiniquais.

L'acquisition de nouvelles données « haute fréquence » a démarré en 2013, et se poursuivra pendant 22 mois. Ce suivi mensuel concerne 4 stations pour les paramètres physico-chimiques et la flore phytoplanctonique (y compris nano et picophytoplancton), et 7 stations (1 par type) pour la biomasse phytoplanctonique (concentration en chlorophylle a).

La valorisation des données 2013 et précédentes, ainsi que l'expertise sur les indices et protocole à maintenir ou modifier seront réalisées entre janvier et mars 2015. Cette expertise sera mobilisée dans le cadre du groupe inter-DOM « phytoplancton et hydrologie » que l'IFREMER anime depuis 2013. Le comité de pilotage de l'étude sera présidé par Felipe Artigas du Laboratoire d'Océanographie et de Géosciences (LOG).

La convention précédemment mentionnée prévoit également d'explorer l'utilisation de données satellite à faible résolution pour la surveillance des eaux littorales en Martinique. En effet, des travaux de recherche menés notamment par le laboratoire ODE/Dyneco/Pelagos et Francis Gohin en particulier, ont conduit au développement et à l'utilisation opérationnelle de chaînes de traitements de ces données. Il est ainsi possible, à l'échelle d'une façade, d'avoir un suivi régulier des principaux paramètres environnementaux et notamment des épisodes de blooms par la détection de la

⁸ NB : les analyses réalisées dans le cadre de cette étude « Créocéan » avaient été confiées à un autre laboratoire martiniquais (MAP)

⁹ Convention SPEB/EMA/2013-001 du 3/12/2013

présence de chlorophylle a. Les résultats de ces traitements ont notamment été utilisés dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau et pour la future Stratégie pour le Milieu Marin pour la métropole.

L'élargissement de ces méthodologies aux eaux tropicales et donc aux DOMs a été plusieurs fois évoqué, mais l'échelle des données (plusieurs km de résolution) et la particularité de ces eaux très oligotrophes rendent incertaines une application directe de ces méthodologies. L'objet de cette étude prévue entre l'automne 2013 et la fin de l'année 2014 en Martinique sera donc de reprendre les développements opérationnels en métropole, et d'en estimer la réutilisabilité pour les eaux tropicales martiniquaises. Cette étude prospective pourrait alors ensuite, et suivant les conclusions établies, se décliner dans d'autres DOMs.

L'étude portera sur cinq paramètres (chlorophylle a, MES, turbidité, KPAR, température de surface de la mer), et se conclura fin 2014 par la remise d'un rapport comportant les conclusions sur la réutilisabilité de la méthodologie pour les eaux tropicales, ainsi qu'une analyse croisée avec les données phytoplancton acquises dans le cadre de cette même convention.

A noter que le laboratoire LDA 972, en charge de la partie analytique pour les nutriments et la chlorophylle a, est victime depuis quelques mois d'une panne de spectrophotomètre lui interdisant de réaliser ce type d'analyse (touchant les prélèvements de décembre 2012 et mars 2013). Après concertation entre Impact-Mer et l'Ifremer (Anne Daniel), il a été décidé de ne pas avoir recours à un changement de prestataire et de conserver les échantillons au LDA dans l'attente d'une réparation. Des filtres pour analyse de la chlorophylle ne sont d'ores et déjà plus exploitables.

- **Evaluation de l'élément de qualité phytoplancton**

En 2010-2011, la concentration en chlorophylle *a* constituait l'unique paramètre (biomasse) utilisé pour l'évaluation de l'élément de qualité phytoplancton en MEC (cf. figure 4). En effet, les différentes études conduites jusqu'alors dans le cadre de la DCE et relatives à l'abondance et la composition phytoplanctoniques en Martinique, n'avaient pas permis d'arrêter des seuils et/ou des métriques pertinents.

L'indice d'abondance a toutefois été réintégré en 2012 à l'évaluation de l'état des masses d'eau côtières, tandis que l'indice de composition n'est pas utilisé en Martinique, car la construction de celui-ci est toujours à l'étude en métropole.

Si le choix de la métrique du « **percentile 90 des concentrations en chlorophylle a** » semble acquis, plusieurs grilles d'évaluation pour cette métrique sont aujourd'hui proposées dans différents documents, sans qu'aucune ne soit clairement validée :

- Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2010 : l'analyse des mesures de concentrations en chlorophylle *a* mesurées dans le cadre du programme de référence de la DCE entre 2007 et 2009, a conduit à la révision des grilles initialement proposées par Impact-Mer en 2006. Ces grilles définissent des valeurs de référence et des seuils **spécifiques à chaque type** (cf. tableau 7).

TABLEAU 7 : Proposition de seuils pour le P90 des concentrations en chlorophylle a ($\mu\text{g/L}$) (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2010 ; cahier des charges « phyto-hydro DCE », 2012)

	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	EQR
Valeur de référence	0.18	0.13	0.2	0.07	0.11	0.13	0.1	1
Seuil Très bon / Bon	0.275	0.2	0.3	0.1	0.16	0.2	0.15	0.66
Seuil Bon / Moyen	0.55	0.4	0.6	0.2	0.32	0.4	0.3	0.33
Seuil Moyen / Médiocre	1.1	0.6	1.2	0.4	0.64	0.8	0.6	0.165
Seuil Médiocre / Mauvais	2.2	1.6	2.4	0.8	1.28	1.6	1.2	0.083

- Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011 & 2012 : l'intégration de nouvelles données acquises en 2010, ainsi qu'une revue bibliographique sur le sujet, ont conduit par la suite à une proposition de révision en deux grilles, distinguant le type « baie » des autres types côtiers (cf. tableau 8).

TABLEAU 8 : Proposition de seuils pour le P90 des concentrations en chlorophylle a ($\mu\text{g/L}$) (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011 & 2012)

	Type 1	EQR Type 1	Type 2 à 7	EQR Type 2 à 7
Valeur de référence	0.2	1	0.1	1
Seuil Très bon / Bon	0.25	0.8	0.15	0.667
Seuil Bon / Moyen	0.5	0.4	0.3	0.333
Seuil Moyen / Médiocre	0.9	0.222	0.5	0.200
Seuil Médiocre / Mauvais	1.8	0.111	0.9	0.111

- Gailhard-Rocher et al., 2012a : 4 grilles « biomasse » différentes (Corse, Guadeloupe, Martinique/type 3 et « intermédiaire ») ont été testées sur la base des données bancarisées dans Q² au 7 février 2012. La conclusion de cette étude était que la grille « **Martinique/type 3** » (cf. tableau 9) semblait la plus pertinente pour évaluer l'état écologique de l'ensemble des masses d'eau côtières. Cette proposition n'a, pour le moment, donné lieu à aucun retour de la part de la DEAL Martinique.

TABLEAU 9 : Proposition de seuils pour le P90 des concentrations en chlorophylle a ($\mu\text{g/L}$) (Gailhard-Rocher et al., 2012)

	Type 3 Martinique	EQR
Valeur de référence	0.2	1
Seuil Très bon / Bon	0.3	0.66
Seuil Bon / Moyen	0.6	0.33
Seuil Moyen / Médiocre	1.2	0.165
Seuil Médiocre / Mauvais	2.4	0.083

Il faut cependant noter que les valeurs proposées dans les différentes grilles ci-dessus pour la valeur de référence et le seuil TB/B (et parfois même B/M), sont inférieures au seuil de quantification des

méthodes classiques de mesure de la chlorophylle a (spectrophotométrie ou fluorimétrie), qui est peu ou prou égal à 0.5 µg/L. Ceci pose question de l'utilisation de ces méthodes pour calculer l'indice biomasse dans des milieux oligotrophes de la Martinique, et ce bien que le LDA Martinique travaille à l'amélioration de sa limite de quantification pour l'analyse de la chlorophylle comme cela est évoqué précédemment dans ce document.

L'indice d'abondance, réintégré en 2012 pour l'évaluation des MEC, est caractérisé dans le cahier des charges « phyto-hydro DCE 2012 » par le **nombre moyen de blooms annuels**, et évalué selon la grille (**provisoire**) présentée dans le tableau 10. Le seuil de définition d'un bloom phytoplanctonique, fixé en métropole à 100000 cellules/litre, doit cependant être revu à la baisse pour prendre en compte le caractère oligotrophe des eaux côtières de Martinique. La définition exacte d'un bloom phytoplanctonique en Martinique (nombre de cellules/litre) n'est à ce jour pas arrêtée et doit être précisée par la DEAL pour la suite de l'étude et l'interprétation des résultats obtenus. C'est pourquoi l'indice d'abondance et cette grille n'ont pas été considérés dans le rapport Impact-Mer et Pareto Ecoconsult de 2012.

TABLEAU 10 : Seuils de référence arbitraires concernant le nombre moyen de blooms annuels (source : cahier des charges « phyto-hydro DCE », 2012)

Etat Qualitatif	Seuils
Très bon état	< 2 blooms /an
Bon état	2 à 5 blooms /an
Etat moyen	6 à 10 blooms/an
Etat médiocre	11 à 20 blooms /an
Mauvais état	> 20 blooms /an

Les simulations effectuées sur les données disponibles par (Gailhard-Rocher *et al.*, 2012) n'ont pas suivi cette définition de l'indice abondance, trop dépendante de la fréquence d'échantillonnage. C'est la définition retenue en métropole (et en Europe par certains autres pays) qui a été utilisée, c'est à dire un **pourcentage d'échantillons avec blooms**, avec la grille suivante : 20%, 40%, 70%, 90%, et 16.7% pour la valeur de référence.

Pour prendre en compte le caractère oligotrophe des eaux côtières de Martinique, deux seuils de définition d'un bloom phytoplanctonique, beaucoup plus bas qu'en métropole, ont été testés dans ce dernier document : la conclusion est qu'un seuil de bloom égal à **10 000 cellules par litre** donne une évaluation qui semble pertinente au regard de la description réalisée au moment de l'état des lieux. Cette proposition devra être réévaluée à l'aune des travaux prévus par la convention 2013-2014.

- **Evaluation des paramètres physico-chimiques**

☞ **Température et salinité**

Les suivis de température et de salinité ne sont pas pris en compte dans l'évaluation, car il est estimé qu'il n'existe pas en Martinique de pressions anthropiques pouvant modifier, de manière substantielle, ces paramètres.

Néanmoins, la DEAL a précisé dans le cahier des charges de la surveillance « phyto-hydro » 2012 que toute mesure de température ou de salinité sortant des fourchettes précisées dans le tableau 11 doit

être soulignée (rôle de la température dans le phénomène de blanchissement des coraux), et les causes probables identifiées (naturelles ou anthropiques).

TABLEAU 11 : Proposition de fourchettes température et salinité par la DEAL Martinique (source : cahier des charges « phyto-hydro DCE », 2012)

Température (°C)	Minimum	26
	Maximum	30
Salinité	Minimum	30
	Maximum	36

☞ Oxygène dissous

La métrique retenue pour ce paramètre est le **percentile 10 des concentrations en oxygène dissous** mesurées au fond de la colonne d'eau. La grille proposée par Impact-Mer & Pareto Ecoconsult (2010) a été reprise dans les rapports DCE d'Impact-Mer rendus en 2011 et en 2012, ainsi qu'en 2012 dans le cahier des charges de la DEAL, bien que l'Ifremer ait proposé dès 2011 un calage sur des seuils identiques à ceux utilisés en métropole (cf. tableau 12).

TABLEAU 12 : Proposition de valeurs-seuils pour le P10 de l'oxygène dissous (mg/l) mesuré au fond de la colonne d'eau (source : cahier des charges « phyto-hydro DCE », 2012 et Daniel & Soudant, 2009)

	Tous types MEC Martinique	Seuils métropole conseillés par l'Ifremer
Valeur de référence	8.72	8.33
Seuil Très bon / Bon	6.0	5.0
Seuil Bon / Moyen	5.0	3.0
Seuil Moyen / Médiocre	4.0	2.0
Seuil Médiocre / Mauvais	3.0	1.0

☞ Nutriments

Les métriques proposées par Impact-Mer pour l'élément de qualité « nutriments » sont les **moyennes des concentrations mesurées** en azote inorganique dissous et en orthophosphates. Différentes grilles ont été proposées pour cet élément de qualité « nutriments », sans qu'aucune ne soit actuellement validée :

- celles proposées par Impact-Mer & Ecoconsult en 2010, qui sont reprises dans le cahier des charges 2012 de la DEAL (cf. tableaux 13, 14 et 15),

TABLEAU 13 : Proposition de grille de qualité pour la moyenne des concentrations en orthophosphates ($\mu\text{mol/L}$) (Impact-Mer & Ecoconsult, 2010 et cahier des charges « phyto-hydro DCE », 2012)

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
Tous types MEC	0.05	0.10	0.4	0.8	1.0
EQR	1	0.5	0.13	0.06	0.05

**TABLEAU 14 : Proposition de grille de qualité pour la moyenne des concentrations en NID ($\mu\text{mol/L}$)
(Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2010 et cahier des charges « phyto-hydro DCE », 2012)**

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
Tous types MEC	0.15	0.5	2.5	5.0	10.0
EQR	1	0.3	0.06	0.03	0.02

**TABLEAU 15 : Proposition de grille de qualité pour l'indicateur « nutriments » exprimé sous forme d'EQR
(Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2010 et cahier des charges « phyto-hydro DCE », 2012)**

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
EQR	1	0.4	0.09	0.05	0.03

- celles proposées par Impact-Mer & Pareto Ecoconsult (2011 & 2012) suite à l'intégration des données acquises en 2010, assortie d'une synthèse bibliographique¹⁰ (cf. tableaux 16, 17 et 18) :

**TABLEAU 16 : Proposition de grille de qualité pour la moyenne des concentrations en orthophosphates ($\mu\text{mol/L}$)
(Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011 & 2012)**

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
Tous types MEC	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80
EQR	1	0.5	0.250	0.125	0.063

**TABLEAU 17 : Proposition de grille de qualité pour la moyenne des concentrations en NID ($\mu\text{mol/L}$)
(Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011 & 2012)**

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
1	0.35	0.6	1.5	3.0	6.0
EQR	1	0.583	0.233	0.117	0.058
2 à 7	0.15	0.3	1	2.5	4.0
EQR	1	0.5	0.150	0.060	0.038

**TABLEAU 18 : Proposition de grille de qualité pour l'indicateur « nutriments » exprimé sous forme d'EQR
(Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011 & 2012)**

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
1	1	0.54	0.24	0.12	0.06
2 à 7	1	0.5	0.20	0.09	0.04

L'Ifremer (Anne Daniel) a indiqué, notamment lors de sa mission en Martinique de 2011, que ces grilles « nutriments » proposent des seuils TB/B parfois inférieurs aux LQ effectives du laboratoire d'analyse. Etant donné que si le résultat est inférieur à la LQ, c'est la valeur de la LQ qui est prise en compte pour l'évaluation DCE, les masses d'eau ne pourront de fait jamais être classées en très bon

¹⁰ D'après Belin *et al.* (2011), il serait intéressant de connaître l'historique exact (références bibliographiques ?) de la construction de ces grilles

état. De plus, la « guidance chimie » impose que le seuil TB/B soit supérieur à au moins 3 fois la LQ. L'Ifremer propose de revoir ces seuils lorsqu'un nombre suffisant de données aura été acquis avec des méthodes analytiques adaptées aux eaux oligotrophes.

L'Ifremer indique que le prestataire (DEAL, Impact-Mer) peut exiger dans son cahier des charges que le laboratoire d'analyse participe aux essais inter-laboratoires Ifremer et lui fournisse ses scores de performance pour valider les résultats rendus.

☞ Turbidité

La métrique retenue pour ce paramètre par Impact-Mer est la **moyenne des valeurs de turbidité** mesurées. La grille établie par Impact-Mer & Pareto Ecoconsult (2010) a été reprise en 2012 dans le cahier des charges de la DEAL pour la surveillance « phyto-hydro » (cf. tableau 19).

TABLEAU 19 : Proposition de grille de qualité pour la moyenne des valeurs de turbidité NTU (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2010 et cahier des charges « phyto-hydro DCE », 2012)

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
1	0.2	1	2	5	8
EQR	1	0.20	0.10	0.04	0.025
2 à 7	0.1	0.5	2	5	8
EQR	1	0.2	0.05	0.02	0.0125

D'autres grilles ont ultérieurement été établies par Impact-Mer & Pareto Ecoconsult (2011 & 2012) suite à l'intégration des données acquises en 2010 assortie d'une revue bibliographique¹¹ (cf. tableau 20).

TABLEAU 20 : Proposition de grille de qualité pour la moyenne des valeurs de turbidité NTU (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011 & 2012)

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
1	0.2	0.3	0.6	1.5	5
EQR	1	0.667	0.333	0.133	0.040
2 à 7	0.1	0.15	0.4	1	4
EQR	1	0.667	0.250	0.100	0.025

L'Ifremer a néanmoins émis certaines réserves concernant le niveau d'exigence de ces grilles, sachant que les mesures sont ponctuelles et qu'il n'est donc pas possible d'évaluer la durée et la fréquence des épisodes turbides. Il serait également nécessaire que l'organisme préleveur fournisse un suivi métrologique de ces sondes pour prouver qu'il mesure la turbidité avec une LQ inférieure à 1 NTU.

¹¹ D'après Belin *et al.* (2011), il serait intéressant de connaître l'historique exact (quelles références bibliographiques ?) de la construction de ces différentes grilles

❖ **Macrofaune benthique de substrats durs (récifs coralliens)**

• **Surveillance**

Les stations qui constituent le réseau de surveillance des communautés coralliennes sont présentées dans la figure 7. Ces stations sont échantillonnées tous les 3 ans depuis 2007, et la dernière campagne de suivi sur cet EQB s'est déroulée en 2011 (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012).

Il est désormais prévu de **recaler ce suivi à période fixe pour qu'il devienne annuel** (contre triennal dans les circulaires actuelles). Les méthodologies décrites ci-après sont également susceptibles d'évoluer, à la lumière des recommandations formulées par le groupe de travail *ad'hoc* MNHN/ONEMA.

Le suivi des communautés benthiques coralliennes, tel qu'il a été réalisé jusqu'alors dans le cadre de la DCE, consiste en :

- **une évaluation (visuelle) de l'état général de l'écosystème récifal** : réalisée sur 6 transects et adaptée de Bouchon *et al.* (2004),
- **un échantillonnage de la composition et de l'abondance relative des peuplements coralliens et des autres organismes benthiques susceptibles d'être en compétition avec les coraux (algues et invertébrés sessiles)** : le protocole correspondant est issu du manuel technique d'études des récifs coralliens de la région Caraïbe (Bouchon *et al.* 2001), et basé sur les descripteurs et la codification utilisés dans CoReMo 3. Il consiste en un relevé de type « **point intercept** » réalisé sur 6 transects d'une longueur de 10 mètres chacun (*cf.* figure 8),
- une étude complémentaire concernant la **couverture en macroalgues**. Pour ce faire, des quadrats sont disposés le long des transects (*cf.* figure 8) et pour chacun de ceux-ci est relevé :
 - le recouvrement en macroalgues (évalué visuellement selon 5 classes),
 - le genre ou l'espèce de macroalgue dominante,
 - la nature du substrat (substrat majoritaire présent dans le quadrat),
 - la couverture en cyanobactéries.

L'échantillonnage de ces paramètres se déroule en plongée sous-marine (scaphandre autonome) sur :

- un secteur comprenant une zone corallienne homogène d'environ 10 m de profondeur,
- une surface d'échantillonnage adaptée à la morphologie du récif :
 - si le site n'est pas pentu : la surface équivaut à un disque de 50 m de rayon autour d'un point GPS identifiant le site,
 - si le site est pentu : la surface d'échantillonnage correspond à une bande de 100 m de long et environ 2 mètres de large, parallèle aux isobathes (la variation de profondeur au sein de cette bande doit être de 2 m maximum).



Point Bleu = site de référence uniquement / Point Bleu clair = référence + surveillance / Jaune = Surveillance)

FIGURE 7 : Stations de surveillance « communautés coralliennes » (d'après Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012)

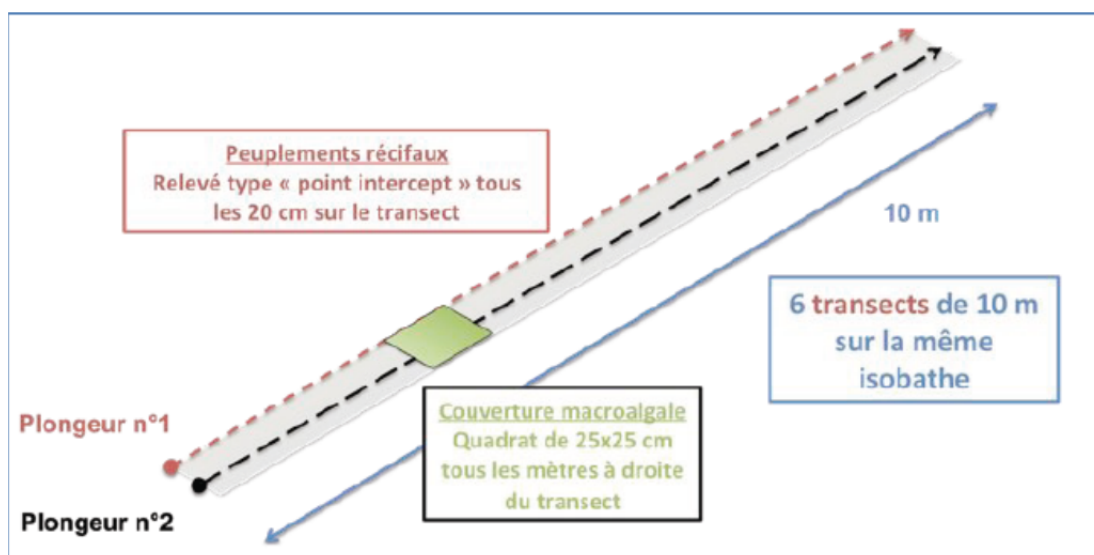


FIGURE 8 : Schéma de la mise en œuvre du suivi des peuplements récifaux et de la couverture macroalgale (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012)

La méthodologie est décrite de manière plus exhaustive, notamment dans le rapport Impact-Mer & Pareto Ecoconsult de 2012.

A noter le caractère initialement aléatoire des transects, générant une importante variabilité intra-site pouvant entraîner des comparaisons interannuelles quelquefois difficiles (cas notamment des stations où les repères visuels sont peu évidents). C'est pourquoi la mise en place de **transects pérennes** est apparue prioritaire, afin de s'assurer de la reproductibilité de l'échantillonnage d'une année sur l'autre, et ainsi de la fiabilité des données. Ceux-ci ont ainsi été initiés (15 sites équipés) à partir des suivis réalisés en 2011 (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012). Leur emplacement a été adapté afin d'obtenir, pour des sites appartenant au même type de masse d'eau, des profondeurs comparables. Dans ce cadre, trois stations biologiques (Ilet à Rat, Fond Boucher et Pointe Borgnesse) communes aux suivis IFRECOR et DCE ont été mutualisées afin de permettre une comparaison des données. Le fait d'utiliser les transects permanents déjà mis en place dans le cadre de l'IFRECOR permet également de réduire la dénaturation du paysage sous-marin.

- **Evaluation**

Pour cet élément de qualité, des indices et seuils ont été définis pour chaque type de masse d'eau en 2009/2010 (pour plus de détails voir : Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011), à partir d'une analyse de la littérature scientifique locale et régionale, et affinés sur la base de l'expérience en la matière détenue par Impact-Mer.

Cependant, en 2011/2012, l'analyse des nouvelles données acquises a orienté Impact-Mer vers une révision ainsi qu'une simplification de ces indices et grilles (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012). Ainsi, sont désormais évalués dans le cadre de la surveillance de cet EQB :

- **Un indice d'état de santé des récifs coralliens** : cet indice est calculé pour chacun des 6 transects de la station (grille correspondante présentée dans le tableau 21), puis moyenné pour obtenir l'indice global de la station corallienne. Cet indice n'est cependant pas considéré dans les critères d'évaluation des MEC présentés dans Impact-Mer & Pareto Ecoconsult (2012).

TABLEAU 21 : Grille de l'indice de santé général des récifs coralliens

Indice d'état de santé	Peuplement corallien
1 = Très bon état	Coraux non nécrosés avec gazon algal et absence de macroalgues
2 = Bon état	Coraux peu nécrosés ou quelques macroalgues ou sédimentation
3 = Etat moyen	Coraux avec nécroses, peuplement dominé par les macroalgues ou hypersédimentation
4 = Etat médiocre	Coraux nécrosés avec macroalgues et/ou hypersédimentation et envasement
5 = Mauvais état	Coraux morts ou envahis de macroalgues ou totalement envasés, aucune espèce sensible

- **Un indice de « couverture corallienne », exprimé en pourcentage** (utilisé pour l'évaluation de l'état global) : pour une année de suivi donnée, l'indice couverture corallienne est obtenu en moyennant les valeurs obtenues sur les 6 transects de la station. La métrique correspondante est la moyenne des couvertures coralliennes annuelles pendant la durée du plan de gestion, et la grille associée est présentée dans le tableau 22.

TABEAU 22 : Grille de l'indice "couverture corallienne, exprimé en % (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012)

	Type 1	Types 2, 3 et 5	Types 4, 6 et 7
Valeur de référence	50	60	60
Seuil Très bon / Bon	40	40	50
Seuil Bon / Moyen	20	20	25
Seuil Moyen / Médiocre	10	10	12
Seuil Médiocre / Mauvais	5	5	5

- **Un indice « couverture en macroalgues »¹²** (utilisé pour l'évaluation de l'état global), calculé pour une année donnée en moyennant les couvertures macroalgales relevées le long des 6 transects de 10 mètres. La métrique correspondante est la moyenne des couvertures macroalgales annuelles pendant la durée du plan de gestion, et la grille associée est présentée dans le tableau 23.

TABEAU 23 : Grille de l'indice "couverture en macroalgues", exprimé en % (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012)

	Type 1 à 7
Valeur de référence	5
Seuil Très bon / Bon	10
Seuil Bon / Moyen	20
Seuil Moyen / Médiocre	40
Seuil Médiocre / Mauvais	60

- **Un indice « sédimentation »** (utilisé pour le moment à dire d'expert pour l'évaluation de l'état global) : cet indice a été ajouté à la suite de la campagne 2011, afin de tenir compte au mieux des autres paramètres observés dans les baies. Dans le rapport Impact-Mer et Pareto Ecoconsult de 2012, il est conseillé de réaliser un échantillonnage avec un piège à sédiment ou une « autre technique », et de tester cet indice lors de campagnes ultérieures.
- sur le modèle des suivis réalisés en Guadeloupe, un « **indice oursins** » est testé depuis la campagne 2011 (non utilisé cependant pour l'évaluation de l'état global). Celui-ci correspond à la **moyenne du nombre d'individu mesuré sur tous les quadrats de la station (nombre d'individus / m²)**. Une grille de qualité définie *a priori*, sur la base des travaux de Mc Field & Kramer (2007), est présentée dans le tableau 24.

TABEAU 24 : Grille de l'indice "oursins" (Mc Field et Kramer, 2007)

Classes	Densité d'oursins diadèmes (nbre/m2)
Très Bon	> 2,5 mais < 7
Bon	1,1 – 2,5
Moyen	0,5 – 1,0
Médiocre	0,25 – 0,49
Mauvais	< 0,25

¹² Cet indice a supplanté un précédent indice « ratio couverture corail / macroalgues » utilisé avant 2011 pour l'évaluation de cet EQB

La métrique proposée par Impact-Mer et Pareto Ecoconsult suite à la campagne 2011 est donc la moyenne de chaque paramètre/métrique sur la durée d'un plan de gestion, avec une préconisation d'évoluer vers un échantillonnage annuel afin de relier les pressions naturelles et anthropiques aux changements observés dans les communautés coralliennes.

Pour réaliser l'évaluation de cet EQB sur la base des indices réellement « stabilisés », Impact-Mer et Pareto Ecoconsult (2012) ont proposé d'opérer la classification des sites en 2011 sur la base d'un arbre de décision présenté en figure 9.

La réflexion sur les indices coralliens est cependant toujours en cours, et le groupe de travail MNHN/ONEMA lancé en 2011 pourra apporter des éclairages, en complément des recommandations formulées pour l'échantillonnage des paramètres DCE de l'élément de qualité « récifs coralliens » (MNHN & ONEMA, 2012), pour la plupart déjà mises en œuvre à l'occasion de la campagne 2011 (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012).

En conclusion, si la mise au point d'un indicateur « récif corallien », même simplifié, paraît incontournable, il reste à examiner si cela est pertinent pour tous les types de masses d'eau contenant des récifs coralliens. Il conviendrait dès lors d'examiner si, dans certains cas, le développement d'autres indicateurs ne serait pas plus pertinent.

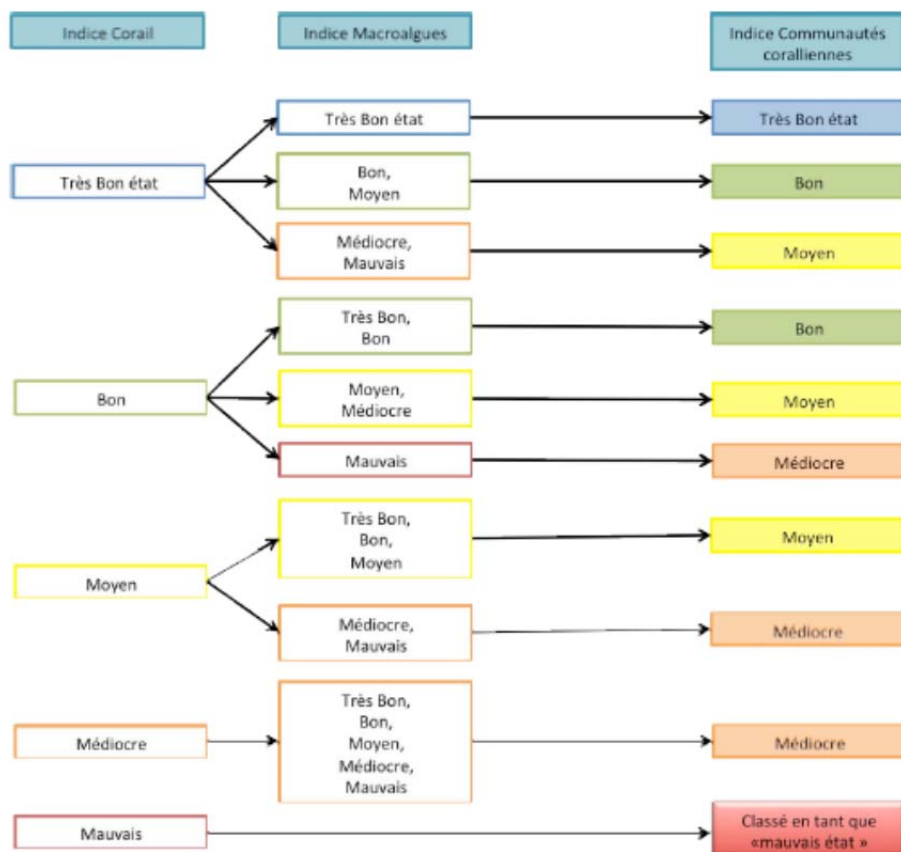


FIGURE 9 : Arbre de décision pour la classification des communautés coralliennes. Les sédiments ne figurent pas sur cet arbre et ne sont pris en compte que dans le cas des baies (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012)

❖ **Macrophytes (herbiers)**

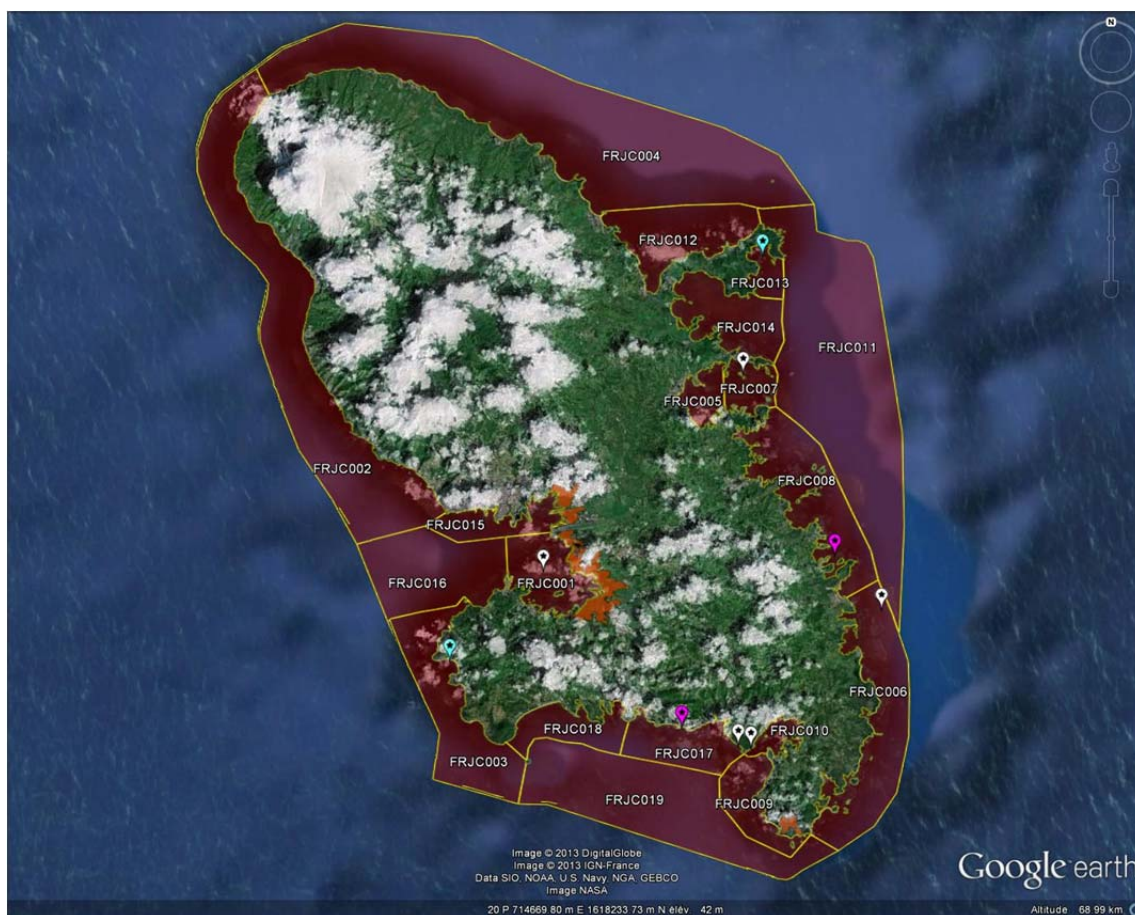
Les stations qui constituent le réseau de surveillance des herbiers de phanérogames sont présentées en figure 10. Certaines de ces stations appartenant au réseau de référence ont fait l'objet d'un suivi a

une fréquence plus soutenue depuis 2007 mais, dans l'attente de l'expertise du MNHN et de la mise en cohérence avec le suivi qui sera proposé dans le cadre de l'Observatoire des Herbiers (IFRECOR)¹³, **aucun suivi des herbiers n'a été réalisé ni en 2011, ni en 2012.**

Des recommandations ont toutefois été formulées en 2012 pour l'échantillonnage des paramètres DCE de l'élément de qualité « herbiers de phanérogames » (MNHN & ONEMA, 2012). Sous réserve des budgets disponibles, le suivi de cet EQB devrait donc reprendre en 2013, l'idée étant de le recaler à période fixe de sorte qu'il devienne **annuel** (contre triennal dans les circulaires actuelles). Les méthodologies, de même que les propositions d'indices et de grilles d'interprétation décrites ci-après, sont donc résumés pour mémoire et à titre indicatif.

L'échantillonnage effectué jusqu'à présent en Martinique pour cet EQB se déroule en plongée sous-marine (scaphandre autonome) sur :

- un secteur comprenant une zone d'herbier homogène (*Thalassia testudinum* pur ou mixte c'est-à-dire avec du *Syringodium filiforme*),
- une surface d'échantillonnage équivalente à la totalité de l'herbier, en évitant la périphérie de l'herbier (conditions écologiques différentes).



Point Rose = site de référence uniquement / Point Bleu clair = référence + surveillance / Blanc = Surveillance)

FIGURE 10 : Stations de surveillance « herbiers » (source : Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011)

¹³ Une étude sur la typologie des herbiers de Martinique est prévue en 2013 (mission MNHN) et devrait permettre le développement d'indicateurs pertinents pour cet élément.

Les indices suivants sont considérés pour cet EQB :

- **Etat de santé global de l'herbier : estimation visuelle** (utilisé dans l'évaluation de l'état global des MEC). L'état de santé de l'herbier est estimé visuellement, grâce à une typologie établie par C. Bouchon (UAG) qui a été adaptée par Impact-Mer dans le cadre de la DCE. Celle-ci est présentée dans le tableau 25.

TABLEAU 25 : Classification de l'état de santé de l'herbier de phanérogames (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011)

Classification de l'état de santé	Caractéristiques de l'herbier de phanérogames
1 = Très bon état	Herbier de <i>Thalassia testudinum</i> pur
2 = Bon état	Herbier mixte à <i>Thalassia</i> et <i>Syringodium</i> ou Herbier à <i>Syringodium</i> pur
3 = Etat moyen	Signe d'eutrophisation ou de sédimentation
4 = Etat médiocre	Herbier avec macroalgues ou envasé. Eutrophisation ou hypersédimentation marquée
5 = Mauvais état	Herbier envahi par les macroalgues ou envasé

- **Densité/biométrie foliaire des plants de phanérogames** (non utilisé pour l'évaluation de l'état global) : Bouchon *et al.* (2003) ont établi un protocole de suivi ainsi qu'une classification de l'état de santé des herbiers, qui ont été repris puis adaptés aux exigences de la DCE. Ce protocole s'appuie sur une disposition aléatoire de 30 quadrats au sein d'une zone d'herbier homogène, dans lesquels sont relevés certaines caractéristiques des plants de phanérogames afin de :
 - caractériser la canopée et renseigner un indice de densité des plants / hauteur de la canopée (*cf.* tableau 26 pour la grille correspondante, sachant que cet indice n'a pas encore été utilisé pour la classification de l'état écologique),

TABLEAU 26 : Grille de classification de l'indice de densité /hauteur de la canopée (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011)

Classification de l'état de santé	Caractéristiques des plants
1 = Très bon état	Herbier dense et haut
2 = Bon état	Herbier dense et court
3 = Etat moyen	Herbier peu dense et haut
4 = Etat médiocre	Herbier peu dense et court
5 = Mauvais état	Herbier clairsemé et très court

- et de calculer l'abondance relative des 2 espèces de phanérogames considérées.

Des métriques relatives à ce suivi sont identifiées, mais aucun indice correspondant n'a été construit :

- Longueur moyenne des plus grandes feuilles de *Thalassia* (en cm) = hauteur de la canopée
- Densité moyenne des plants de *Thalassia* (en nombre de plants /m²)
- Densité moyenne des plants de *Syringodium* (en nombre de plants /m²)

- **Etude complémentaire de la couverture macroalgale au sein de l'herbier** (non utilisé pour l'évaluation de l'état global) : un suivi des macroalgues au sein des herbiers a été ajouté en 2009 et poursuivi en 2010. L'indice correspondant (moyenne des classes de couverture sur tous les quadrats de la station) n'est cependant pas utilisé pour l'évaluation de l'état global de l'herbier. Ce suivi est réalisé sous la forme de 10 quadrats posés aléatoirement au sein de l'herbier, dans lesquels sont relevés :
 - le recouvrement en macroalgues, évalué visuellement selon les 5 classes du tableau 25,
 - le genre ou l'espèce de macroalgue dominante,
 - la nature du substrat (substrat majoritaire présent dans le quadrat).

2.3.2. Masses d'eau de transition : surveillance des éléments de qualité biologiques et des paramètres physico-chimiques soutenant la biologie

Ce paragraphe concerne plus particulièrement la surveillance DCE des masses d'eau de transition (MET) telle qu'elle a été effectuée en 2011 et est présentée dans le document Impact-Mer & Pareto Ecoconsult (2012). Il convient de rappeler que cette surveillance des MET est susceptible d'évoluer du fait de leur intégration récente (sauf FRJT001 « étang des salines » qui restera en catégorie MET) aux MEC adjacentes de type baie (cf. § 2.1.).

Ainsi en 2011, les suivis des **paramètres physico-chimiques** et de **l'endofaune** ont été réalisés sur 5 stations (hors site de référence de la Baie des Requins). Il s'agit de 2 stations appartenant au réseau de surveillance DCE, et de 3 nouvelles stations hors réseau DCE ajoutées afin de compenser la diminution du nombre de répliqués (Baie de Massy-Massy, Baie du Trésor-Endof et Baie du Galion). A ces 5 stations, s'ajoute le site de l'étang des salines, échantillonné en 2011 uniquement pour le **suivi des paramètres physico-chimiques** (cf. tableau 27).

TABEAU 27 : Stations du réseau de surveillance « phyto-hydro » MET DCE 2012

Code Masse d'eau	Masse d'eau	Type de masse d'eau	Station	Code SANDRE	X (WGS84 UTM20)	Y (WGS84 UTM20)
FRJT001	Etang des Salines	8	Etang des Salines	08999402	729064	1593727
FRJT002	Mangrove du Marin	8	Trou Manuel	08999403	728834	1600497
FRJT003	Mangrove de la Rivière Lézarde	8	Baie du Lamentin	08999401	713080	1615427
		Site complémentaire	Baie du Trésor	-	727218	1633540
		Site complémentaire	Baie du Galion	-	722521	1627952
		Site complémentaire	Baie de Massy Massy	-	733859	1608059

❖ Paramètres physico-chimiques

Trois stations constituaient le réseau de **surveillance DCE** « phyto-hydro MET » martiniquais lors de la campagne de 2011 (cf. tableau 27). Trois nouveaux sites situés en MET (Massy-Massy, Baie du Trésor-Endof et Baie du Galion) ont également été prospectés en complément de ces 3 stations.

La fréquence de suivi de ces différents paramètres sur les stations du réseau de surveillance correspond *a minima* à la fréquence réglementaire décrite dans le tableau 5.

Les techniques de prélèvements d'eau et d'analyses mises en œuvre dans le cadre de cette surveillance sont identiques à celles décrites précédemment pour les eaux côtières.

Pour certains paramètres physico-chimiques, des grilles d'évaluation avaient été proposées par Impact-Mer & Pareto Ecoconsult en 2010, puis elles ont été reconsidérées suite à la campagne de 2011 pour certains paramètres (cf. tableaux 28 à 36). Les réserves de l'Ifremer concernant les grilles d'évaluation proposées pour les nutriments et la turbidité en MEC, sont transposables au cas des MET.

TABLEAU 28 : Proposition de fourchettes température et salinité par la DEAL Martinique (source : Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2010)

Température (°C)	Minimum	25
	Maximum	31
Salinité (psu)	Minimum	28
	Maximum	38

TABLEAU 29 : Proposition de valeurs-seuils pour le P10 de l'oxygène dissous (mg/l) mesuré au fond de la colonne d'eau (source : cahier des charges « phyto-hydro DCE » 2012, et Daniel & Soudant, 2009)

	Tous types MET	Seuils métropole conseillés suite mission Anne Daniel 2011
Valeur de référence	8.40	8.33
Seuil Très bon / Bon	5.0	5.0
Seuil Bon / Moyen	4.0	3.0
Seuil Moyen / Médiocre	3.0	2.0
Seuil Médiocre / Mauvais	2.0	1.0

TABLEAU 30 : Proposition de grille de qualité pour la moyenne des concentrations en orthophosphates ($\mu\text{mol/L}$) (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2010)

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
Tous types MET	0.05	0.10	0.4	0.8	1.0
EQR	1	0.5	0.13	0.06	0.05

TABLEAU 31 : Proposition de grille de qualité pour la moyenne des concentrations en orthophosphates ($\mu\text{mol/L}$) (Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011 & 2012)

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
Tous types MET	0.05	0.10	0.2	0.4	0.8
EQR	1	0.5	0.250	0.125	0.063

**TABLEAU 32 : Proposition de grille de qualité pour la moyenne des concentrations en NID ($\mu\text{mol/L}$)
(Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2010)**

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
Tous types MET	0.15	0.5	2.5	5.0	10.0
EQR	1	0.3	0.06	0.03	0.02

**TABLEAU 33 : Proposition de grille de qualité pour la moyenne des concentrations en NID ($\mu\text{mol/L}$)
(Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011 & 2012)**

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
8	0.35	0.6	1.5	3.0	6.0
EQR	1	0.583	0.233	0.117	0.058

**TABLEAU 34 : Proposition de grille de qualité pour l'indicateur « nutriments » (moyenne des EQR NID et PO4)
(Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011 & 2012)**

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
EQR	1	0.542	0.242	0.121	0.061

**TABLEAU 35 : Proposition de grille de qualité pour la moyenne des valeurs de turbidité NTU
(Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2010)**

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
8	0.5	1.5	5	10	20
EQR	1	0.33	0.10	0.05	0.025

**TABLEAU 36 : Proposition de grille de qualité pour la moyenne des valeurs de turbidité NTU
(Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011 & 2012)**

Type de ME	Valeur de référence	Limite très bon / bon état	Limite bon / état moyen	Limite moyen / état médiocre	Limite médiocre / mauvais état
1	1	1.5	3	5	10
EQR	1	0.667	0.333	0.200	0.100

❖ Invertébrés benthiques de substrats meubles

Les stations présentées dans le tableau 27, hormis le site de l'étang des salines, ont été échantillonnées lors de la campagne 2011 (Impact-Mer et Pareto Ecoconsult, 2012). Au total, 4 campagnes ont été réalisées en eaux de transition en 2008, 2009, 2010 et 2011.

Le protocole d'échantillonnage pour cet élément de qualité est conforme à la norme ISO/FDIS 16665¹⁴. Les spécifications techniques relatives à l'échantillonnage de cet EQB sont décrites de manière exhaustive dans les différents rapports rédigés par Impact-Mer & Pareto Ecoconsult dans le cadre de la surveillance DCE des masses d'eau littorales. L'échantillonnage se déroule de préférence en matinée en l'absence de vent > 10 m/s (jour de l'échantillonnage et les 3 jours précédents). Trois réplicats par station sont effectués.

¹⁴ « Qualité de l'eau – Lignes directrices pour l'échantillonnage quantitatif et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine des fonds meubles » - AFNOR 2005

Le traitement des échantillons est effectué par Lionel Bigot au laboratoire ECOMAR (la Réunion) : après une phase de pré tri et de tri de la macrofaune, les principaux organismes sont identifiés et classés. Cette analyse se décompose en plusieurs étapes :

- analyse de la répartition taxonomique (Annélides, Crustacés, Mollusques, etc...),
- analyse de la richesse spécifique (S),
- analyse de l'abondance relative par espèce (N),
- analyse de la biomasse taxonomique (séchage et calcination à 450°C permettant d'obtenir des poids secs AFDW).

Par la suite, les données ainsi obtenues sont traitées afin de caractériser la structure des communautés benthiques et leur évolution spatio-temporelle, au travers de divers outils d'analyses statistiques : univariés (moyennes, Indices de diversité, AMBI) et multivariés (nMDS, Classifications Hiérarchiques).

En complément, les paramètres suivants sont analysés sur le sédiment brut (Laboratoire de Rouen) :

- Carbonates (NF ISO 10693 mod.),
- Analyse du carbone organique (NF ISO 14235),
- Matières sèches (105°C, NF ISO 11465),
- Granulométrie laser (NF ISO 13320-1).

L'indicateur retenu pour l'évaluation des MET sur cet élément de qualité est le **M-AMBI**, indicateur multimétrique et multivarié combinant les métriques suivantes : richesse spécifique, diversité de Shannon-Weaver et AMBI.

Pour le calcul de l'AMBI, l'assignation des espèces tropicales à des groupes fonctionnels est effectuée (i) sur la base des données faunistiques disponibles pour l'Amérique du Sud (site AZTI ; Muniz *et al.* 2005) et (ii) sur l'expérience des auteurs (Bigot *et al.*, 2008). Cette approche fonctionnelle s'appuie notamment sur la répartition des différentes espèces au sein de 5 groupes trophiques correspondant à des niveaux de perturbations environnementales croissantes (Borja *et al.* 2000).

Des grilles d'évaluation (**provisoires**) pour ces métriques et indicateurs ont été proposées par Impact-Mer & Pareto Ecoconsult en 2012 (*cf.* tableau 37).

TABLEAU 37 : Grilles de qualité provisoires retenues pour les différents indices et indicateurs impliqués dans l'évaluation DCE de l'élément de qualité « invertébrés benthiques » dans les MET de Martinique (issues de Borja *et al.*, 2000 * et des données 2008/2010) – (Impact-Mer et Pareto Ecoconsult, 2012)

Indices et indicateurs	Valeur de référence	Limite très bon état/ bon état	Limite bon état/ état moyen	Limite état moyen/ état médiocre	Limite état médiocre/ mauvais état	Limite supérieure du mauvais état
AMBI	1.15	1.2*	3.3*	4.3*	5.5*	6
Diversité	4.86	ND	ND	ND	ND	0
Richesse spécifique	59	ND	ND	ND	ND	0
M-AMBI = EQR	1	0.85	0.55	0.39	0.20	0

L'approche basée sur le calcul d'indices biotiques (H', S, AMBI, M-AMBI) adaptés à la Martinique est pertinente et satisfaisante sur les environnements qui restent comparables. Elle est cohérente avec

les autres résultats obtenus (abondance, biomasse, physico-chimie), et devrait donc être intégrée dans le cadre des futurs suivis de la qualité des milieux littoraux pour la Martinique.

La station de l'étang des Salines constitue cependant une exception typologique (milieu azoïque, nécessité de mettre en place une étude spécifique) et il n'apparaît pas pertinent de poursuivre l'acquisition de ce type de données sur cette station.

2.3.3. Surveillance chimique

Une première campagne de recherche de micropolluants (organiques et métalliques) a été réalisée sur 21 stations (MEC + MET) en octobre 2006. L'échantillonnage avait été effectué à l'époque par la DIREN Martinique, Impact-Mer et la DDE Martinique, et les analyses par le laboratoire de Rouen. La mauvaise qualité des prélèvements et les difficultés analytiques rencontrées lors de cette campagne, réalisée avant tout dans un but exploratoire et préalablement à la mise en place du réseau de surveillance, ne permettait cependant pas de tirer des conclusions robustes quant à la pollution des milieux littoraux en Martinique (C. Figueras, *comm. pers.*).

Depuis lors, des recommandations concernant la surveillance chimique DCE des masses d'eau littorales de Martinique ont été effectuées par Bocquéne *et al.* (2011). Ces travaux listent notamment des substances pertinentes à considérer pour l'évaluation de l'état des masses d'eau littorales, ainsi que les matrices préférentielles à utiliser pour leur quantification. La chlordécone, mentionnée dans l'arrêté du 25 janvier 2010¹⁵ comme un polluant spécifique de l'état écologique (PSEE) à suivre dans les Antilles, fait naturellement partie intégrante de cette liste.

Une liste réglementaire de PSEE devrait à ce titre être validée au premier semestre 2013 par le comité de bassin de la Martinique. Cette liste sera établie sur la base des travaux de Bocquéne *et al.*, du Comité (national) d'Experts Priorisation (CEP), et tiendra également compte des résultats de l'étude prospective nationale sur les micropolluants, des travaux menés dans le cadre de l'état des lieux, de l'inventaire des émissions et éventuellement des études d'impact produites localement.

Une première campagne « chimie DCE » s'est déroulée en mai-juillet 2012 au niveau de 36 stations situées dans les masses d'eau littorales, au moyen d'échantillonneurs passifs (DGT, POCIS, SBSE)¹⁶. Elle a été réalisée dans le cadre d'une convention entre la DEAL, l'OdE et l'Ifremer de Toulon (Jean-Louis Gonzalez), qui incluait d'une part la mise en place d'une formation technique des acteurs locaux¹⁷, et d'autre part la réalisation des prélèvements par les échantillonneurs passifs, les analyses et l'interprétation des résultats obtenus (masses d'eau continentales incluses).

Le rapport correspondant était prévu pour avril 2013, mais un retard de plusieurs mois dans la livraison du méthanol pour les SBSE a reporté les extractions en laboratoire sur place. Une version provisoire du rapport final est disponible (Gonzalez *et al.*, 2014). Il est par la suite prévu un transfert de la maîtrise d'ouvrage de ce suivi, de la DEAL vers l'OdE, à partir de 2014.

De manière simultanée avec cette campagne de surveillance DCE « chimie », des échantillonneurs passifs ont été disposés en mai-juin 2012 dans 4 masses d'eau martiniquaises (2 MEC : FRJC001,

¹⁵ Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface.

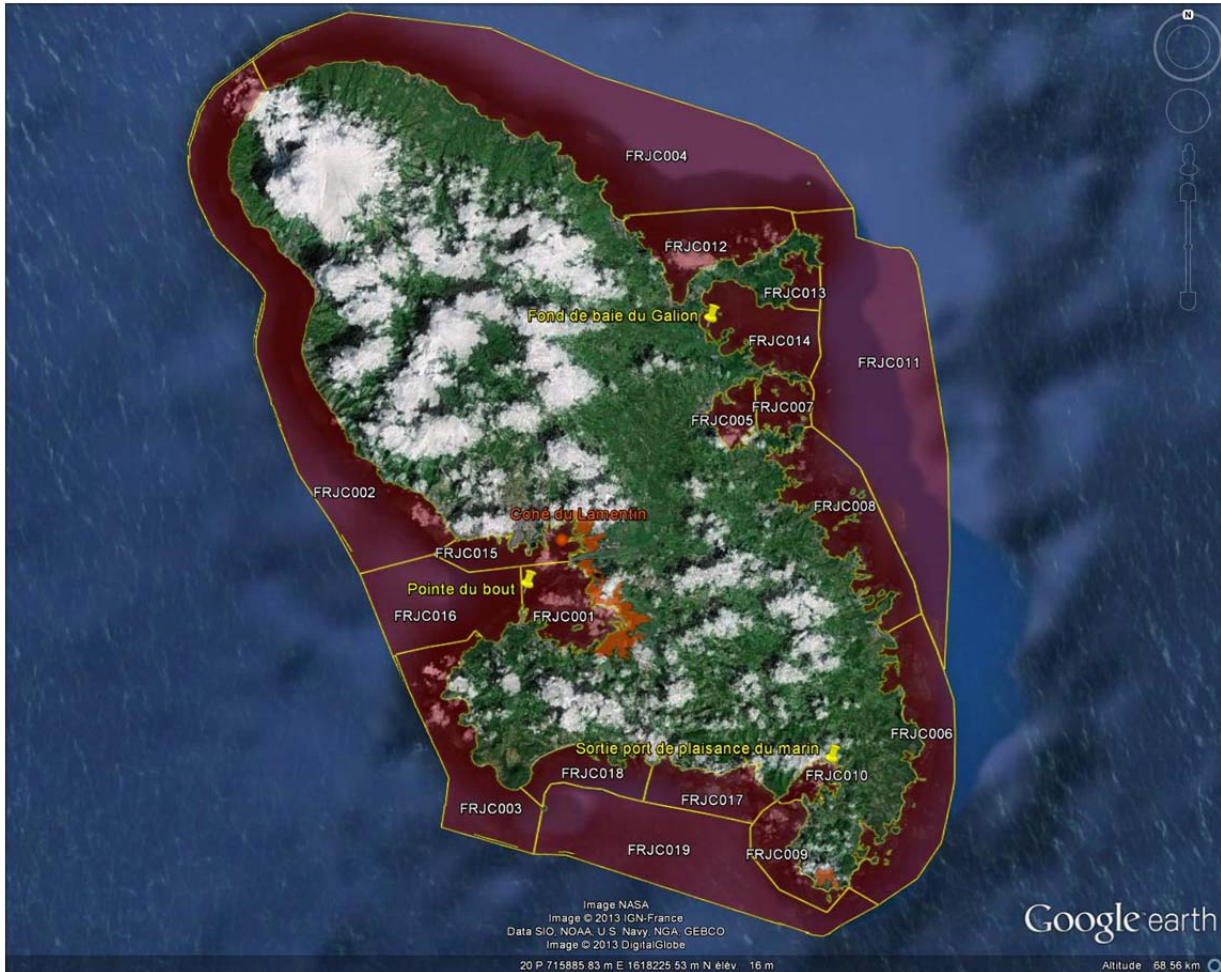
¹⁶ Pour une information exhaustive concernant l'intérêt de ces techniques et les substances qu'elles permettent de suivre, se référer à **Gonzalez, 2011**

¹⁷ Une formation plus théorique sur les techniques d'échantillonnage passif avait déjà été réalisée en Martinique et en Guadeloupe en 2011. Un rapport (Gonzalez, 2012) fait le bilan de l'ensemble des formations réalisées (La Réunion, Mayotte, Antilles, Guyane, métropole) dans le cadre de la convention avec l'ONEMA.

FRJC014 et 2 MET : FRJT002 et FRJT003 : cf. figure 10), dans le cadre de **l'étude prospective nationale sur les micropolluants commanditée par le Ministère de l'Ecologie**. Pour chacune des stations suivies, des systèmes passifs SBSE et POCIS ont été installés puis relevés par Impact-Mer. En complément, un échantillon de sédiment a également été prélevé au niveau de la station « Cohé du Lamentin ».

Les analystes impliqués dans le traitement de ces différentes matrices sont :

- le LPTC de Bordeaux : POCIS
- le CEDRE : SBSE
- l'INERIS : sédiment



(NB : point orange = échantillonneurs passifs SBSE et POCIS + prélèvement de sédiment / Points jaunes = échantillonneurs passifs SBSE et POCIS uniquement)

FIGURE 9 : Localisation des 4 stations échantillonnées lors de la campagne prospective micropolluants menée en 2012

La caractérisation des flux polluants s'intégrant dans le programme de surveillance de la Baie de Fort de France au regard de la DCE, la CACEM, dans le cadre du Contrat de baie a souhaité la mise en œuvre d'un programme préliminaire à partir de 2012 du suivi de la contamination chimique des eaux de transition de la baie de Fort de France grâce aux techniques d'échantillonnage passif. Ce programme a été initié simultanément à la campagne « DCE chimie » de mai 2012 sur six stations choisies dans la baie et se poursuivra jusqu'en 2013, par 3 campagnes supplémentaires (une campagne environ tous les trimestres) sur les mêmes 6 stations (Gonzalez, *comm. pers.*).

Par ailleurs, la problématique de la contamination des milieux aquatiques martiniquais par la

chlordécone est très prégnante. Dans le cadre de la convention DEAL/ODE/Ifremer Toulon, sont donc également prévus des tests destinés à évaluer le potentiel des techniques d'échantillonnage passif pour le suivi de cette molécule dans l'eau.

A noter également que le Réseau National d'Observation (RNO), avant qu'il ne disparaisse fin 2007 et qu'il ne soit remplacé par le ROCCH, assurait depuis 2002 une surveillance en routine (4 prélèvements annuels) des contaminants chimiques (métaux, organochlorés, HAP) bio-accumulés par les huîtres de l'espèce *Isognomon alatus*. A la différence de la Guadeloupe, en 2008, la DIREN puis l'ODE de Martinique ont fait connaître leur intérêt pour la reprise d'une surveillance de type RNO sur le littoral Martiniquais. Ce suivi des contaminants chimiques dans la matière vivante a donc pu redémarrer en 2009, et fait désormais l'objet d'une convention annuelle entre l'ODE et l'Ifremer. Il est réalisé actuellement par Impact-Mer et porte sur 4 points échantillonnés 2 fois par an (février et novembre +/- une semaine) : Pointe Larose-Baie de Saintpée, Rivière Lézarde, Baie de Génipa et Le Marin-Pointe Marin (Claisse, 2012).

Les résultats acquis en 2011 confirment dans une très large mesure ceux acquis de 2002 à 2010. En particulier, les très fortes teneurs en argent de la baie du Marin ont à nouveau été observées, de même que celles en DDT, DDD, DDE au même endroit, et les teneurs en PCB de la rivière Lézarde.

2.3.4. Volet hydro-morphologie

Un classement de l'état hydro-morphologique de l'ensemble des masses d'eau littorales de Martinique, anticipant le rattachement des MET-mangroves au MEC adjacentes (cf. figure 2), a été réalisé récemment (Brivois et Fontaine, 2012). Pour ce faire, une méthodologie similaire à celle utilisée en métropole (Delattre et Vinchon, 2009) a été appliquée : les masses d'eau candidates à la classification en très bon état hydro-morphologique ont été identifiées au regard des pressions anthropiques qui s'y exercent, et qui sont susceptibles d'y engendrer une modification de contexte hydro-morphologique.

Une notation de l'intensité et de l'étendue des perturbations induites par chacune des pressions listée pour une masse d'eau donnée a été réalisée à dire d'expert, et assortie d'une note de fiabilité qui reflète si ce dire d'expert est consolidé par des données existantes. Ces notations ont par la suite été agglomérées selon une grille de classement qui combine les notes d'étendue et d'intensité des perturbations induites par les pressions, permettant d'identifier si la masse d'eau considérée est candidate à la classification en très bon état hydro-morphologique ou non.

En Martinique, sur les 19 masses d'eau côtières de la nouvelle classification, 13 masses d'eau ont été classées en « très bon état hydro-morphologique », et 6 masses d'eau en « non très bon état hydro-morphologique ». La masse d'eau de transition de l'étang des Salines (FRJT001) a pour sa part été classée en « très bon état hydro-morphologique » (cf. tableau 38).

TABLEAU 38: Résultats du classement hydro-morphologique des masses d'eau littorales (version actualisée) de Martinique (Brivois et Fontaine, 2012)

Code ME	Nom	Etat HM	Fiabilité
FRJC001	Baie de Génipa	Non TBE	C
FRJC002	Nord Caraïbe	TBE	C
FRJC003	Anses d'Arlet	TBE	C
FRJC004	Nord Atlantique, plateau insulaire	TBE	C
FRJC005	Fond Ouest de la Baie du Robert	Non TBE	C
FRJC006	Littoral du Vauclin à Ste Anne	TBE	C
FRJC007	Est de la Baie du Robert	TBE	B/C
FRJC008	Littoral du François au Vauclin	TBE	B/C
FRJC009	Baie de Ste Anne	TBE	C
FRJC010	Baie du Marin	Non TBE	C
FRJC011	Récif Barrière Atlantique	TBE	C
FRJC012	Baie de la Trinité	TBE	C
FRJC013	Baie du Trésor	Non TBE	C
FRJC014	Baie du Galion	Non TBE	C
FRJC015	Nord Baie de Fort-de-France	Non TBE	B/C
FRJC016	Ouest Baie de Fort-de-France	TBE	C
FRJC017	Baie de Ste Luce	TBE	C
FRJC018	Baie du Diamant	TBE	C
FRJC019	Eaux côtières du Sud et Rocher du Diamant	TBE	C
FRJT001	Etang des Salines	TBE	C

Les pressions responsables du classement en « non TBE HM » sont listées dans le Tableau 39. Dans ce tableau, « oui » signifie qu'à elle seule la pression décline la masse d'eau ; « en partie » signifie qu'il est nécessaire d'avoir au moins deux pressions significatives pour la déclassement.

TABLEAU 39 : Pressions responsables du classement en « non très bon état hydromorphologique » des masses d'eau côtières de Martinique (Brivois et Fontaine, 2012)

Code ME	Aménagement du territoire et terres gagnées sur la mer	Modification des échanges terre/mer (diverses activités induisant l'hypersédimentation des baies)
FRJC001	En partie	Oui
FRJC005	Oui (2 fois)	Oui
FRJC010	En partie	En partie
FRJC013		Oui
FRJC014		Oui
FRJC015	Oui	Oui

B. GUADELOUPE

1. Aspects généraux concernant le littoral guadeloupéen

1.1. Spécificités géomorphologiques, climatologiques et hydrologiques

La Guadeloupe présente certaines spécificités géomorphologiques, climatologiques et hydrologiques, en partie communes avec l'île de la Martinique. On retiendra particulièrement (PARETO *et al.*, 2012a) que :

- la Guadeloupe est soumise à un climat tropical humide. L'incidence de l'océan et des événements météorologiques violents (cyclones) est particulièrement marquée, favorisant l'érosion des sols et ainsi l'arrivée sur la frange littorale de volumes importants de matériaux terrigènes,
- une partie de l'île (Basse Terre) est d'origine volcanique et possède un relief marqué (volcan de la Soufrière : 1467 m), tandis qu'une autre partie (Grande Terre) est d'origine corallienne et présente des sols facilement érodables. Les îles annexes, de faible altitude, résultent de l'activité sismique intra-plaques (subduction),
- le plateau insulaire guadeloupéen, développé essentiellement à l'Est et au Sud-Est de l'île, est peu étendu,
- la Guadeloupe et ses îles annexes sont entourées par des récifs frangeants sur les côtes au vent, et par des formations non bio-construites sur les côtes abritées. La seule barrière récifale s'étend sur une longueur de 29 km au large du Grand Cul de Sac Marin (GCSM). Les herbiers de phanérogames (9726 ha) et les mangroves (3000 ha) sont particulièrement bien représentés en Guadeloupe, notamment dans le GCSM.

1.2. Pressions anthropiques sur le littoral

Les principales sources de perturbation de la qualité écologique du milieu littoral, identifiées lors de l'état des lieux du district hydrographique de la Guadeloupe (DIREN 971 & SCE-Créocéan, 2005), sont les suivantes :

- la densité de population hétérogène en fonction des îles, mais qui se concentre fortement sur la frange littorale et notamment entre les communes de Lamentin/Pointe à Pitre/Baie Mahault/Les Abymes d'une part, et de Basse Terre d'autre part. Cette forte densité (moyenne de 238 habitants/km²) engendre une pression élevée sur l'environnement marin, notamment du fait des rejets d'assainissement qui lui sont associés. Sur les autres îles, la densité peut varier de 80 habitants/km² sur Marie Galante, jusqu'à 547 habitants/km² à Saint-Martin,
- l'activité agricole, qui se concentre essentiellement au Nord et sur la côte au vent de Basse-Terre, sur Grande-Terre au Nord et Sud-Est de l'île et au niveau des Grands-Fonds et sur les Hauts de Marie-Galante. Les cultures principales sont la canne à sucre et la banane, le reste de la S.A.U se partage entre les cultures légumières, fruitières et florales. Les pressions sur les eaux superficielles induites par ces activités agricoles sont liées à des pratiques intensives, en particulier pour les cultures de banane et les cultures légumières, qui ont massivement recours à l'utilisation de fertilisants et de pesticides (ex : chlordécone),

- l'industrie polluante, relativement peu développée mais concentrée sur la frange littorale. On dénombre sur l'île : deux sucreries et une dizaine de distilleries (rejets majoritairement organiques), deux centrales thermiques (rejets organiques, de MES et d'hydrocarbures), ainsi que des sites d'extraction implantés dans le lit majeur de certains cours d'eau (rejets de matières fines),
- de nombreuses décharges présentes sur le littoral. Elles sont à l'origine de lixiviats chargés en micropolluants notamment, qui constituent des sources de pollution importantes pour les écosystèmes côtiers,
- la pêche, majoritairement de type artisanal (petite pêche côtière). En raison de la surexploitation des zones côtières, cette activité se déploie vers le large grâce aux DCP (dispositifs de concentration de poissons).

A noter que les recherches ou travaux scientifiques menés sur le milieu marin à ce jour en Guadeloupe (notamment sur l'impact des activités humaines) sont relativement peu abondants et spatialement hétérogènes.

2. Le volet littoral de la surveillance DCE en Guadeloupe

2.1. Caractéristiques des masses d'eau littorales

Lors de l'état des lieux du district hydrographique de Guadeloupe (DIREN 971 & SCE-Créocéan, 2005), le littoral Guadeloupéen a été découpé en onze¹⁸ masses d'eau côtières (MEC), sur la base notamment de critères (cf. tableau 40) :

- Hydrodynamiques : marnage, mélange de la colonne d'eau, courantologie à une échelle de temps supérieure à celle la marée, vents (*NB* : les alizés de secteur Est soufflent presque toute l'année et induisent des courants pérennes fortement impliqués dans le renouvellement des eaux côtières),
- Géomorphologiques : nature des fonds marins, nature du trait de côte, bathymétrie.

Six typologies de MEC (cf. tableau 40 et figure 10) ont également été définies : pour certaines, celles-ci sont communes avec celles des MEC martiniquaises. Aucune autre catégorie de masse d'eau n'a été identifiée (ME de transition, fortement modifiées ou artificielles).

Une nécessité de révision de la typologie actuelle est identifiée (Miossec et Huguet, 2013) : en effet, pour un même type de masse d'eau, les seuils en cours de construction peuvent être différents d'une masse d'eau à l'autre. Toutefois, il est probablement trop tôt actuellement pour entreprendre une révision de la typologie car les données sont encore insuffisantes et les seuils ont un statut provisoire.

De plus, la question du traitement des mangroves dans le cadre de la surveillance DCE est toujours posée. En Martinique, elles avaient initialement été identifiées comme masses d'eau de transition puis ont été intégrées dans les masses d'eau côtières avec une typologie spécifique (cf. chapitre précédent). En Guadeloupe, les mangroves ont été dès le début intégrées dans les eaux côtières,

¹⁸ Saint-Barthélémy, contrairement à ce qui est figuré dans le tableau 1, ne fait plus partie du SDAGE de Guadeloupe et élabore désormais son propre SDAGE depuis le 31 mars 2008

mais sans typologie particulière toutefois. Il est donc important de disposer d'éléments permettant de les caractériser et d'indicateurs spécifiques.

Par ailleurs, le projet de plateforme hydrodynamique aux Antilles françaises, actuellement à l'étude et évoqué dans le chapitre relatif à la Martinique, pourrait permettre d'améliorer la pertinence des limites actuelles des masses d'eau ainsi que du réseau de référence (cf. 2.2).

Enfin, l'état des lieux de 2005 a été actualisé dans le cadre de l'élaboration du SDAGE 2010-2015. Deux scénarios ont alors été envisagés pour définir le risque de non atteinte du bon état écologique (RNABE) des masses d'eau côtières à l'horizon 2015 :

- avec considération de la pollution par la chlordécone dans l'évaluation de l'état chimique : dans ce cas 4 masses d'eau sont définies en RNABE et 3 en « doute »,
- sans considération de la pollution par la chlordécone dans l'évaluation de l'état chimique : 2 masses d'eau sont ainsi classées en RNABE et 5 en « doute ».

TABLEAU 40 : Typologie et principales caractéristiques des masses d'eau côtières de Guadeloupe (d'après SCE/CREOCEAN, 2005)

(* St Barthélémy ne fait plus partie du SDAGE de la Guadeloupe)

Code ME	Nom ME	Mélange	Renouvellement	Houle	Nature des fonds	Type ME
FRIC001	Côte Ouest Basse Terre	Faible	Fort	Moyenne	Sables fins et coraux	Type 5 : côte rocheuse protégée
FRIC002	Pointe du Vieux Fort Sainte Marie	Moyen	Fort	Moyenne	Sables grossiers et coraux	Type 2 : côte rocheuse peu exposée
FRIC003	Petit Cul de Sac Marin	Moyen	Moyen	Faible	Argile à sable moyen et coraux	Type 1 : Fond de baie
FRIC004	Pointe Canot Pointe des Châteaux	Moyen	Fort	Moyenne	Sables grossiers et coraux	Type 2 : côte rocheuse peu exposée
FRIC005	Pointe des Châteaux Pointe de la Grande Vigie	Fort	Fort	Forte	---	Type 4 : côte rocheuse très exposée
FRIC006	Grande Vigie – Port Louis	Fort	Fort	Moyenne	Sables grossiers et coraux	Type 6 : côte exposée à récifs frangeants
FRIC007A	Grand Cul de Sac Marin Sud	Faible	Faible	Faible	Vase, sables grossiers et coraux	Type 1 : fond de baie
FRIC007B	Grand Cul de Sac Marin Nord	Faible	Faible	Faible	Vase, sables grossiers et coraux	Type 3 : récif barrière
FRIC008	Pointe Madame Pointe du Gros Morne	Moyen	Moyen	Moyenne	Sables grossiers et coraux	Type 6 : côte exposée à récifs frangeants
FRIC009*	Saint Barthélémy*	Fort	Fort	Forte	---	Type 2 : côte rocheuse peu exposée
FRIC010	Saint Martin (partie française)	Fort	Moyen	Moyenne	Sables fins et grossiers	Type 2 : côte rocheuse peu exposée
FRIC011	Les Saintes	Moyen	Fort	Moyenne	Sables grossiers et coraux	Type 2 : côte rocheuse peu exposée

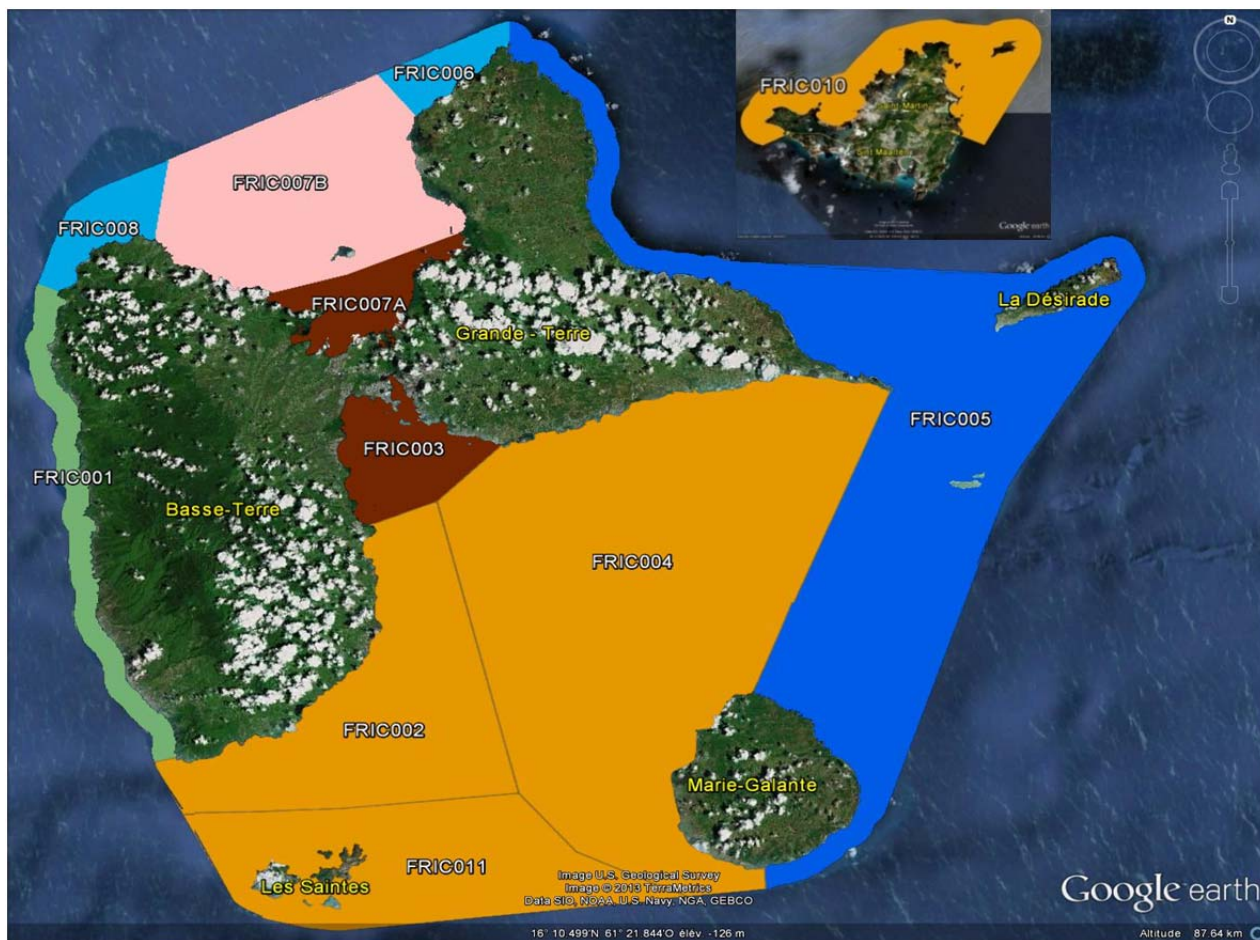


FIGURE 100 : Typologie des masses d'eau côtières de Guadeloupe (source : Sandre, 2010)

2.2. Réseau de référence

Une consultation lancée fin 2007 par la DDE a abouti à la proposition par PARETO *et al.* (2007), sur la base d'une analyse multicritères, de 13 **sites de référence** des masses d'eau littorales guadeloupéennes (cf. figure 11) :

- 6 sites pour les communautés benthiques coralliennes, les paramètres hydrologiques (dont la chlorophylle a) et les paramètres hydro-morphologiques : Rocroy-Val de l'Orge, Gros Cap, Caye à Dupont, Pointe des Colibris, Ilet à Fajou, Ilet Kahouane,
- 6 sites pour les herbiers : Anse Thomas, Ilet à Cabrit, Pointe Lambis, Passe à Colas, Ilet Kahouane, Grande Anse (Désirade),
- 1 site « phyto-hydro » situé plus au large, qui n'a toutefois été échantillonné qu'une seule fois (septembre 2008).

Ces différents sites ont fait l'objet, dans une seconde phase de l'étude conduite entre 2007 à 2009, d'un suivi destiné à définir l'état de référence sur la base des méthodes préalablement définies : 8 campagnes de prélèvements hydrologiques (décembre 2007, mars, juin, septembre et décembre 2008, mars, juin et septembre 2009), ainsi que 2 campagnes d'étude des peuplements benthiques (juin 2008 et juin 2009) ont été réalisées.



*Point Bleu = site de référence communautés benthiques coralliennes + phyto-hydro /
Blanc = herbier / Jaune = phyto-hydro large)*

FIGURE 11 : Réseau de référence tel que défini dans PARETO et al. (2007)

Afin d'être validé en tant que site de référence, les résultats des mesures effectuées sur ces stations devaient être meilleurs que les valeurs-seuils provisoires définies pour chaque paramètre. Ces seuils avaient été arrêtés au préalable en fonction de données issues de la littérature scientifique, et dans une moindre mesure à « dire d'experts », notamment des équipes universitaires guadeloupéennes (PARETO et al., 2007).

Cependant, lors de la restitution au comité de pilotage réalisé par le bureau d'étude en 2010, l'une des conclusions de cette étude était qu'aucun site initialement identifié ne pouvait être considéré en « très bon état écologique » selon les grilles prédéfinies (biologiques et physico-chimiques), et ce même sans prendre en compte les paramètres hydro-morphologiques et les polluants spécifiques : ces sites ne peuvent en conséquence pas objectivement être qualifiés de « sites de référence » au sens de la DCE. Par ailleurs, il s'est avéré que les indicateurs, seuils et classifications provisoires fixés préalablement à l'étude nécessitaient des adaptations. Ces suivis sur les sites de « référence » n'ont par la suite pas continué au-delà de l'année 2009.

2.3. Surveillance des masses d'eau littorales au titre de la DCE

Conformément aux nouvelles directives de la DEB, à partir 2013, il est préconisé que la maîtrise d'ouvrage de la surveillance soit assurée par l'Office de l'Eau 971 (avec un soutien DEAL), avec des

financements émanant de l'ONEMA. En pratique, l'Office de l'Eau (OE 971) a pris en charge ce dossier à la mi-2013, à la fin des marchés engagés par la DEAL.

Les modalités de la surveillance des masses d'eau côtières de Guadeloupe (fréquences et nombre de sites par élément de qualité : cf. tableau 41), sont définies dans l'arrêté du 29 juillet 2011 qui a modifié le précédent arrêté du 25 janvier 2010.

TABLEAU 41 : Cadre réglementaire du suivi des MEC de la Martinique

Éléments suivis	Nombre d'années de suivi par SDAGE	Fréquence des contrôles par année	Sites concernés
BIOLOGIE			
Phytoplancton	6	4 (tous les trimestres)	Tous
Macroalgues et angiospermes	2	1	Tous
Invertébrés (Coraux)	2	1	Tous
PHYSICO-CHIMIE			
Physico-chimie (paramètres généraux)	6	4 (tous les trimestres)	Tous
HYDROMORPHOLOGIE			
Hydromorphologie	1	1	Tous

Fin 2007, une première phase d'étude (PARETO *et al.*, 2007) a fait l'objet d'une proposition de sites de surveillance (et de référence) des MEC guadeloupéennes : sur la base d'une analyse multicritères, des sites de suivi ont été identifiés pour chacune des masses d'eau puis validés par le groupe de travail DCE composé à l'époque de représentants de l'UAG, de la DDE, de la DIREN Guadeloupe et du bureau d'études Pareto.

Tout comme dans les autres départements d'Outre-Mer, il a été nécessaire d'adapter aux spécificités de la Guadeloupe les paramètres et protocoles DCE concernant les éléments de qualité biologiques jugés pertinents. Ce travail a été établi sur la base de données bibliographiques et de concertations avec différents acteurs du milieu marin antillais. Notamment et dans un souci de cohérence, **les méthodologies de suivi retenues en Guadeloupe sont similaires à celles appliquées en Martinique.**

L'année suivante, en septembre 2008, la DDE a lancé une nouvelle consultation pour la mise en œuvre du réseau de surveillance de l'état écologique **partiel** (paramètres biologiques et physico-chimiques uniquement) de toutes les masses d'eau de Guadeloupe, entre 2008 et 2013. Ce réseau de surveillance (cf. tableau 42), **qui ne concerne donc pas la surveillance chimique**, se compose de :

- 10 stations benthos (communautés coralliennes) : cf. figure 12,
- 11 stations herbiers : cf. figure 13,

- 11 stations « phyto-hydro » (correspondant également aux stations de suivi des paramètres hydro-morphologiques) : cf. figure 12.

A noter (cf. tableau 42 et figure 12) que les stations benthos, « phyto-hydro » se confondent, sauf dans le cas de la masse d'eau FRIC007A où le suivi « phyto-hydro » est réalisé au niveau de la station herbier du fait de l'absence de formations coralliennes.

TABLEAU 42 : Sites de surveillance par masse d'eau et EQB (PARETO et al., 2012a)

Code Masse d'eau	Masse d'eau	Type de masse d'eau	Station « phyto-hydro » et « hydro-morphologie »	Station communautés coralliennes	Station herbiers
FRIC001	Côte Ouest Basse Terre	5	Sec points à Lézard	Sec points à Lézard	Deshaies
FRIC002	Pointe du Vieux Fort Sainte Marie	2	Capesterre	Capesterre	Capesterre
FRIC003	Petit Cul de Sac Marin	1	Ilet Gosier	Ilet Gosier	Ilet Fortune
FRIC004	Pointe Canot Pointe des Châteaux	2	Main Jaune	Main Jaune	Petit Havre
FRIC005	Pointe des Châteaux Pointe de la Grande Vigie	4	Le Moule	Le Moule	Le Moule
FRIC006	Grande Vigie – Port Louis	6	Anse Bertrand	Anse Bertrand	Anse Bertrand
FRIC007A	Grand Cul de Sac Marin Sud	1	Ilet à Christophe	-	Ilet à Christophe
FRIC007B	Grand Cul de Sac Marin Nord	3	Pointe des Mangles	Pointe des Mangles	Pointe d'Antigues
FRIC008	Pointe Madame Pointe du Gros Morne	6	Tête à l'Anglais	Tête à l'Anglais	Tête à l'Anglais
FRIC010	Saint Martin (partie française)	2	Chicot	Chicot	Rocher Créole
FRIC011	Les Saintes	2	Ti Pâté	Ti Pâté	Ti Pâté (Grande Anse)

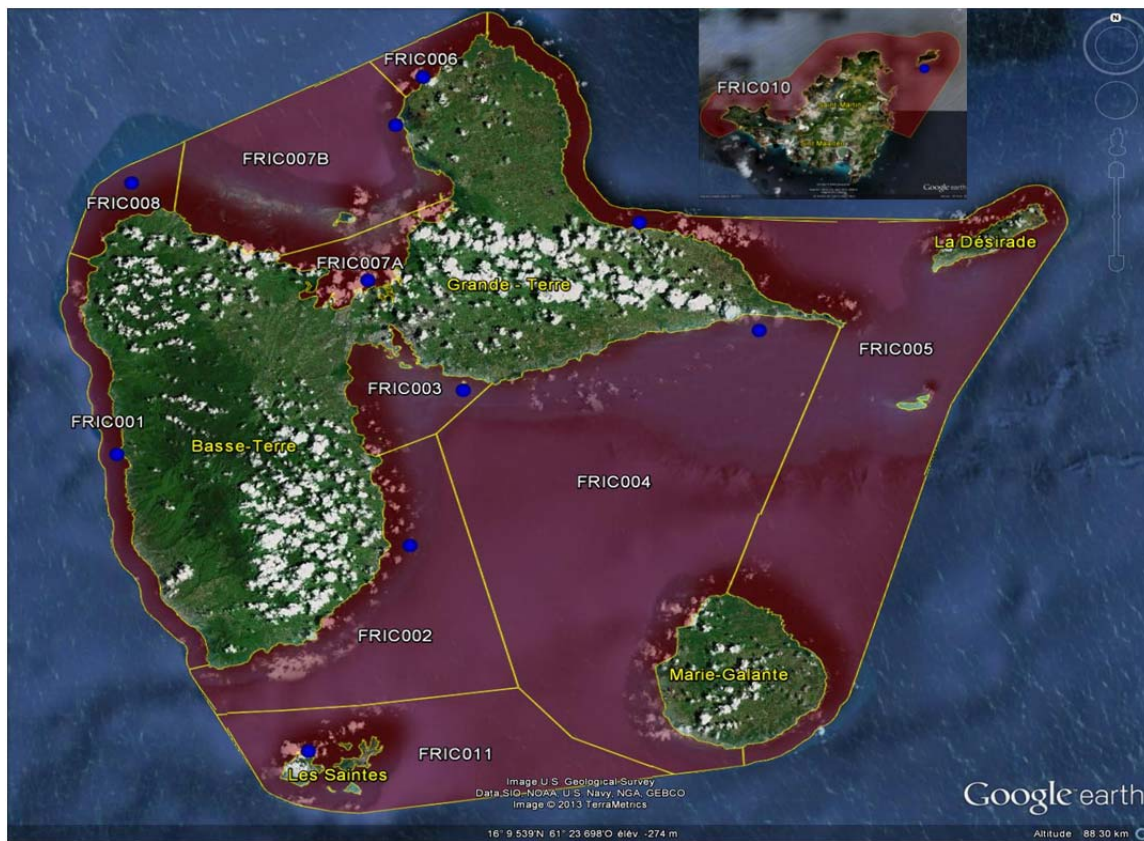


FIGURE 12 : Stations du réseau de surveillance « phyto-hydro » et « benthos » (sauf FRIC007A : « phyto-hydro » uniquement car absence de formations coralliennes) définies pour 2008-2013 (source PARETO et al., 2012a)

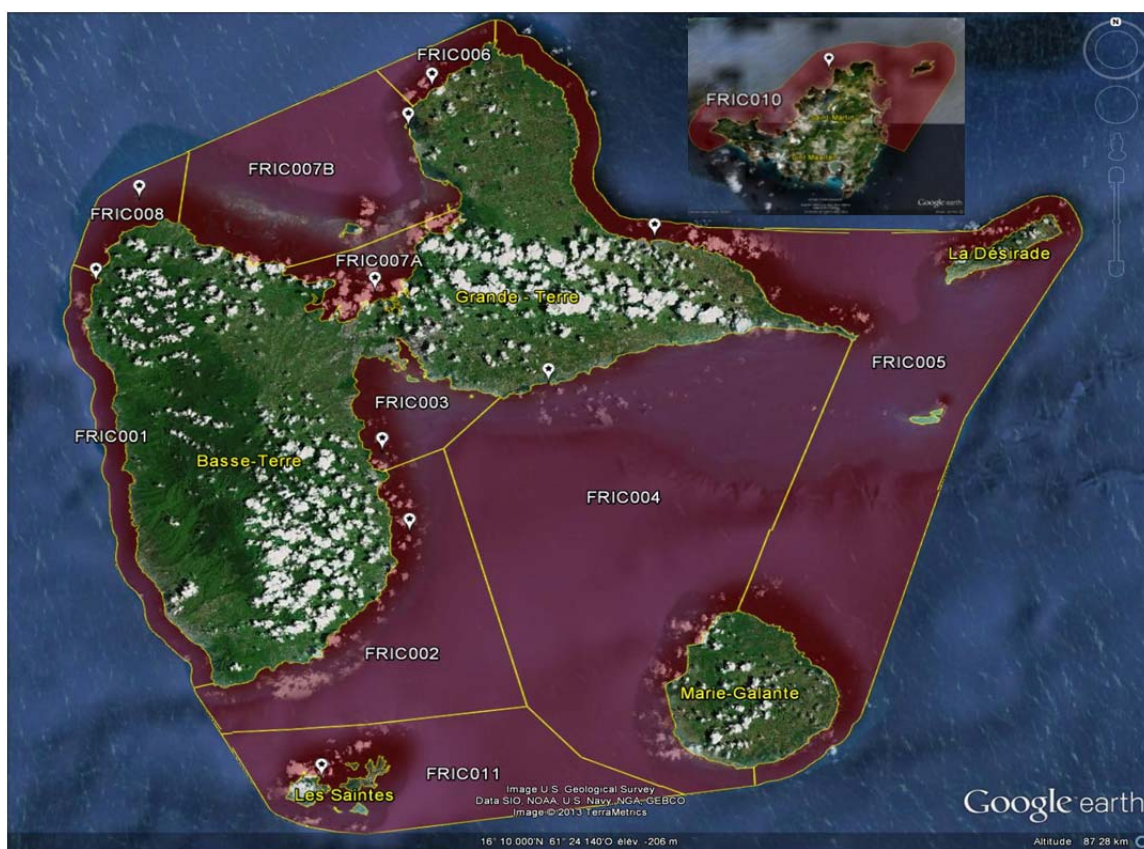


FIGURE 13 : Stations du réseau de surveillance « herbiers » définies pour 2008-2013 (source PARETO et al., 2012a)

2.3.1. Surveillance des éléments de qualité biologiques, des paramètres physico-chimiques soutenant la biologie, et des paramètres hydro-morphologiques

La DEAL, jusqu'ici maître d'ouvrage de la surveillance DCE¹⁹, a chargé le groupement PARETO/Impact-Mer de la surveillance de ces paramètres pour une période de 5 années (1 tranche ferme + 4 tranches conditionnelles) entre 2008 et 2013 (cf. tableau 43 pour la fréquence des campagnes en fonction de l'élément de qualité concerné). **Ce paragraphe ne traite pas des suivis réalisés avant 2008.**

TABLEAU 403 : Paramètres et fréquences retenues pour la surveillance des MEC guadeloupéennes pour la période 2008-2013, hors surveillance des contaminants chimiques (source : PARETO et al., 2012a)

Compartment	« Sous-compartment »	Paramètre	Fréquence d'échantillonnage	Période de campagnes	2	2	2	2	2
					0	0	0	0	0
					8	9	0	1	2
					-	-	-	-	-
					2	2	2	2	2
					0	0	0	0	0
					0	1	1	1	1
					9	0	1	2	3
Faune et flore benthique	Phytoplancton	Biomasse	4 fois/an	Mars, juin, septembre, décembre					
		Structure							
	Flore et faune benthique invertébrée	Couverture algale							
		Recrutement corallien	1 fois/an	Saison sèche (février à juin)					
		Etat de santé général							
		« Informations complémentaires »							
		Oursins diadèmes							
	Densité								
	Phanérogames	Longueur des plus longues feuilles	1 fois/an	Saison sèche (février à juin)					
		Etat de santé général							
Physico-chimie	Mesures <i>in situ</i>	Température, salinité, [O ₂ dissous] et % sat O ₂	4 fois/an	Mars, juin, septembre décembre					
	Prélèvements pour analyses en laboratoire (IPG ²⁰)	Turbidité							
		[NO ₂], [NO ₃], [NH ₄], [PO ₄]							
Hydro-morphologie	Géomorphologie	Variation de la profondeur, type et structure du substrat, signes de sédimentation	1 fois/an	Saison sèche (février à juin)					
	Hydrodynamisme	Direction des courants dominants, Exposition aux vagues, Estimation du renouvellement des eaux							

❖ Phytoplancton et paramètres physico-chimiques associés

¹⁹ Pour rappel, conformément aux nouvelles directives de la DEB, à partir de septembre 2013, il est préconisé que la maîtrise d'ouvrage de la surveillance soit assurée par l'Office de l'Eau 971 (avec un soutien DEAL), avec des financements ONEMA

²⁰ IPG = Institut Pasteur Guadeloupe

Le suivi « phyto-hydro » a démarré en septembre 2008 sur les onze points (un par masse d'eau) présentés dans la figure 12. A noter dans le cas de l'EQB « phytoplancton » que seul le paramètre de biomasse (concentration en chlorophylle a) a jusqu'ici été mesuré. Il est cependant prévu à partir de 2014 de recueillir des informations relatives à l'abondance phytoplanctonique, au travers de l'identification et du dénombrement des taxons au niveau de six sites appartenant à six typologies de masses d'eau différentes et ce, à fréquence mensuelle. L'emploi de la technique de cytométrie de flux est également envisagé sur ces 6 mêmes sites, mais tributaire cependant des budgets alloués.

Des spécifications analytiques relatives aux paramètres suivis sont mentionnées dans les différents rapports relatifs à l'étude (PARETO *et al.*, 2009, 2010, 2012a), et sont synthétisées dans le tableau 44 ci-dessous. A noter que le laboratoire IPG est accrédité depuis 2011 pour les paramètres physico-chimiques sur la matrice eaux salines - eaux saumâtres.

L'Ifremer a toutefois initié en 2011 une collaboration avec ce laboratoire, destinée à améliorer ses limites de quantification non satisfaisantes pour la chlorophylle et les nutriments (Daniel, 2012). En effet, ces performances analytiques actuelles sont problématiques par rapport à la représentativité statistique des données (beaucoup de résultats d'analyses, notamment pour le paramètre chlorophylle, se situent au-dessous des limites de quantification). A ce titre, le tableau 44 n'est présenté qu'à titre informatif et ne présume pas des performances analytiques effectives du laboratoire sous-traitant de PARETO.

Ce soutien technique, tant sur le volet « prélèvement /mesures *in-situ*» (assuré par PARETO) qu'« analyses chimiques » s'est traduit par (Daniel, 2012) :

- une mission en Guadeloupe d'Anne Daniel (Ifremer Brest), réalisée en mars 2011,
- l'envoi de documents de référence (manuels d'analyse de référence, DVD d'apprentissage),
- la participation de l'IPG à un essai inter-laboratoire impliquant plusieurs laboratoires d'analyses intervenant dans le cadre des suivis « phyto-hydro » DCE dans les DOM,
- une assistance téléphonique et des échanges de courriers électroniques : il a notamment été conseillé d'augmenter les volumes d'eau de mer filtrés, d'attendre une nuit avant d'effectuer l'analyse, et d'augmenter la taille de la cuve de mesure.

A noter que lors du traitement et de l'interprétation des données obtenues dans le cadre de la DCE, lorsque les mesures obtenues sont inférieures aux seuils de quantification du laboratoire, la valeur du paramètre est considérée comme étant égale à la valeur du seuil de quantification pour le paramètre considéré.

Il est envisagé, à partir de 2014, d'étudier l'intérêt potentiel de l'utilisation de la technique HPLC (en complément de dosages spectro-UV), au niveau de 6 sites d'échantillonnage appartenant à 6 typologies de masses d'eau différentes. En effet, cette technique pourrait constituer une option permettant de contourner les difficultés liées à la quantification de la chlorophylle-a en milieu oligotrophe.

TABLEAU 44 : Spécifications analytiques relatives aux différents paramètres du suivi « phyto-hydro » en Guadeloupe, relatées dans PARETO et al., 2012a

Paramètre	Lieu/opérateur analyse	Méthode d'analyse	Limite de « détermination »	Précision
Température	<i>In situ</i>	Sonde WTW	-	+/- 0,1°C
Salinité	<i>In situ</i>	Sonde WTW	-	+/- 0,1 psu
Oxygène dissous/ % sat.	<i>In situ</i>	Sonde WTW	0,5 mg/L	+/- 0,1 mg/L
Turbidité	Laboratoire (IPG)	NF EN ISO 7027	0,3 FNU	+/- 5 %
Azote ammoniacal	Laboratoire (IPG)	Aminot, 2004	0,1 µM	+/- 0,01 µM
Nitrates	Laboratoire (IPG)	Aminot, 2004	0,05 µmol/L	+/- 0,01 µM
Nitrites	Laboratoire (IPG)	Aminot, 2004	0,05 µmol/L	+/- 0,01 µM
Orthophosphates	Laboratoire (IPG)	Aminot, 2004	0,05 µmol/L	+/- 0,01 µM
Chlorophylle a	Laboratoire (IPG)	Méthode spectrophotométrique dite de Lorenzen (Aminot et Chaussepied, 1983)	Entre LQ = 1 µg/L (Belin <i>et al.</i> , 2011 : annexe 2) et 0,5 µg/L (Daniel, 2012)	?

Les résultats obtenus dans le cadre du suivi DCE, ainsi que les grilles d'évaluation associées, sont décrits dans les différents rapports rédigés par le bureau d'études PARETO : ces grilles (cf. tableaux 45 et 46) ont été définies sur la base de données bibliographiques²¹ et d'avis d'experts universitaires locaux (UAG notamment). Cependant, en l'absence de connaissances suffisantes sur le milieu marin de Guadeloupe, il est considéré que ces éléments d'évaluation restent **provisoires** et devront être **redéfinis et affinés** au cours des années.

Les seuils actuellement retenus pour la chlorophylle (et les paramètres hydrologiques) sont en effet très stricts. Il paraît cependant plausible que ces seuils soient inférieurs à ceux proposés en Martinique, car l'influence des courants amazoniens se dilue dans les Caraïbes en remontant vers le nord (Miossec & Huguet, 2013).

Plusieurs remarques ont à ce titre été émises par rapport à la grille « biomasse », particulièrement à l'issue de la mission d'experts Ifremer de mars 2011 (cf. Belin *et al.*, 2011) :

- les seuils indiqués sont beaucoup plus faibles que ceux actuellement utilisés dans les autres zones oligotrophes françaises, par exemple celles utilisées en Méditerranée dans les masses d'eau non influencées par des apports en eau douce (type 3W) ou en Corse,
- le seuil TB/Bon est 10 fois inférieur au seuil Bon/Moyen, alors que ce rapport n'est plus que de 5 puis de 2 pour les seuils suivants : pour quelle raison ?
- en l'état actuel des procédures analytiques et du matériel utilisé par le laboratoire IPG, la limite de quantification ne permet pas d'atteindre la limite de classe TB/B et à peine de caractériser le bon état pour ce paramètre : est-il donc pertinent d'être aussi sévère pour la classe TB/B ?

²¹ D'après Belin *et al.* (2011), il serait intéressant de connaître l'historique exact (références bibliographiques ?) de la construction de ces grilles

TABLEAU 45 : Grille provisoire proposée pour la métrique de biomasse chlorophyllienne : percentile 90 de la concentration en chlorophylle a (PARETO et al., 2012a, testés par Gailhard-Rocher et al., 2012)

Etat Qualitatif	Seuils
1 = Très bon état	[chl-a] ≤ 0,1 µg/L
2 = Bon état	0,1 µg/L < [chl-a] ≤ 1 µg/L
3 = Etat moyen	1 µg/L < [chl-a] ≤ 5 µg/L
4 = Etat médiocre	5 µg/L < [chl-a] ≤ 10 µg/L
5 = Mauvais état	[chl-a] > 10 µg/L

TABLEAU 46 : Seuils provisoires proposés (limites inférieures du bon état) pour l'interprétation des mesures sur les paramètres physico-chimiques dans les MEC de Guadeloupe (PARETO et al., 2012a)

Paramètres	Seuils
Température (°C)	30 (valeur max)
Salinité (psu)	25 en période d'hivernage (valeur min)
	27 en période de carême (valeur min)
Oxygène dissous (mg/L) : métrique = percentile 90	2 (valeur min)
Saturation en oxygène (%)	85 (valeur min)
Turbidité (FNU)	0,8 (valeur max)
Phosphore (µM)	0,1 (valeur max)
Azote minéral (µmol/L)	1 (valeur max)

A noter qu'à compter de 2014, l'Ifremer a proposé de fournir au prestataire de la surveillance des évaluations fondées sur la grille « biomasse » proposée par Gaillard-Rocher *et al.* (2012) pour l'évaluation des masses d'eau côtières de la Martinique (cf. tableau 47).

TABLEAU 47 : Proposition de seuils pour le P90 des concentrations en chlorophylle a (µg/L) (Gailhard-Rocher et al., 2012)

	Type 3 Martinique	EQR
Valeur de référence	0.2	1
Seuil Très bon / Bon	0.3	0.66
Seuil Bon / Moyen	0.6	0.33
Seuil Moyen / Médiocre	1.2	0.165
Seuil Médiocre / Mauvais	2.4	0.083

❖ Macrofaune benthique de substrats durs (récifs coralliens)

Le suivi des communautés benthiques coralliennes, tel qu'il a été réalisé jusqu'alors dans le cadre de la DCE (PARETO *et al.*, 2009, 2010, 2011, 2012a), consiste en :

- une évaluation visuelle de l'état général de l'écosystème récifal : celle-ci est réalisée le long de 6 transects de 10 mètres ou 3 transects de 20 mètres, et résulte d'une déclinaison de la méthode de Bouchon *et al.* (2004) en 5 classes (cf. tableau 48). L'indice général est obtenu en moyennant les 6 valeurs obtenues sur chacun des transects.

TABLEAU 48 : Grille de l'indice de santé général des récifs coralliens pour un transect donné (PARETO et al., 2012a)

Etat Qualitatif	Seuils
1 = Très bon état	Coraux non nécrosés avec gazon algal et absence de macroalgues
2 = Bon état	Coraux peu nécrosés ou quelques macroalgues ou sédimentation
3 = Etat moyen	Coraux avec nécroses, peuplement dominé par les macroalgues ou hypersédimentation
4 = Etat médiocre	Coraux nécrosés avec macroalgues et/ou hypersédimentation et envasement
5 = Mauvais état	Coraux morts ou envahis de macroalgues ou totalement envasés, aucune espèce sensible

- un relevé de la composition et de l'abondance relative des peuplements coralliens et des autres organismes benthiques susceptibles d'être en compétition avec les coraux (algues et invertébrés sessiles). Le protocole correspondant est issu du manuel de Bouchon *et al.* (2001), et est basé sur les descripteurs et la codification utilisés dans CoReMo 3. Il consiste en un relevé de type « point-intercept » (cf. figure 14) réalisé le long de 6 transects de 10 mètres ou 3 transects de 20 mètres. Le blanchissement corallien est également évalué sur chacun de ces points « intercepts », selon une grille divisée en 5 classes (cf. tableau 49),

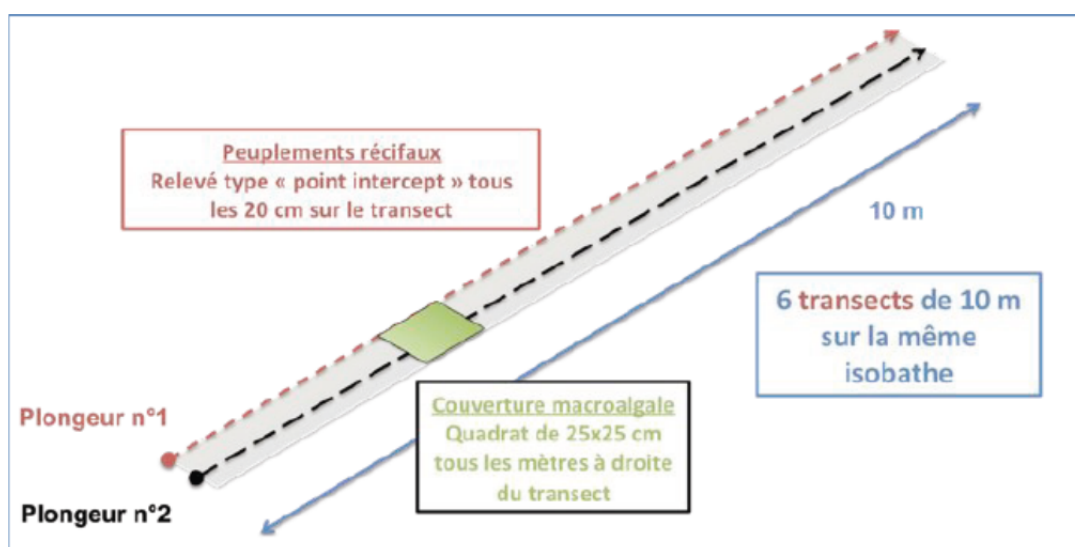


FIGURE 14 : Schéma de la mise en œuvre du suivi des peuplements récifaux et de la couverture macroalgale (PARETO et al., 2012a)

TABLEAU 49 : Classification du niveau de blanchissement d'une colonie corallienne (PARETO et al., 2012a)

Classes	La colonie corallienne est blanchie à :	Type de blanchissement
0	0%	Pas de blanchissement
1	1 – 10%	Partiel ou tâche
2	11 – 50%	Blanchi
3	51 – 90%	Blanchi et partiellement mort
4	91 – 100%	Mort récemment

- une étude complémentaire concernant la couverture en macroalgues et le recrutement corallien. Pour ce faire, des quadrats sont disposés le long des transects (cf. figure 5), et pour chacun de ceux-ci le recouvrement en macroalgues est évalué visuellement selon 5 classes (cf. tableau 50). Des comptages des recrues coralliennes (coraux juvéniles < 2cm) sont également effectués sur une largeur de 0,5 mètres à gauche du transect, à raison d'un quadrat de 50 cm*1m par mètre linéaire de transect,

TABLEAU 50 : Grille d'estimation de la couverture en macroalgues (PARETO et al., 2012a)

Classes	Type de présence	% recouvrement
0	Pas de macroalgues	0%
1	Présence éparse	1 – 10%
2	Présence nettement visible	11 – 50%
3	Présence et couverture forte	51 – 90%
4	Couverture totale	91 – 100%

- une étude complémentaire concernant la densité des oursins diadèmes, évalué à raison de 10 quadrats de 25 cm*25 cm par transect de 10 mètres,
- un relevé d'informations complémentaires, destinées à apporter un éclairage lors de la phase d'interprétation des résultats : date et heure de la plongée, nom des observateurs, point GPS de la station, conditions climatiques lors de l'observation, température de l'eau...

Le protocole utilisé est donc en tous points identique à celui appliqué dans le cadre de la surveillance DCE en Martinique, avec en complément des relevés destinés à estimer la capacité de renouvellement des peuplements coralliens.

La réflexion sur les indices coralliens est cependant toujours en cours : elle pourra s'appuyer utilement sur les réflexions du groupe de travail MNHN/ONEMA lancé en 2011, en complément des recommandations formulées pour l'échantillonnage des paramètres DCE de l'élément de qualité « récifs coralliens » (MNHN & ONEMA, 2012).

A noter notamment qu'il est désormais envisagé d'adopter des transects pérennes (déjà réalisé en Martinique depuis 2011), et d'adapter la fréquence de surveillance au déficit de connaissance sur les récifs coralliens (fréquence annuelle à compter de 2014, suivi immédiat suite à un épisode climatique extrême ?).

❖ **Macrophytes (herbiers de phanérogames)**

La méthodologie utilisée en Guadeloupe pour caractériser les herbiers de phanérogames est issue d'une adaptation, pour la surveillance DCE, du manuel de Bouchon *et al.* (2003).

Trois paramètres sont évalués :

- la densité de l'herbier : 30 quadrats de 10cm x 20cm sont positionnés de manière aléatoire dans la zone d'herbier (en évitant la périphérie). Le nombre de plants est comptabilisé dans chacun des quadrats,
- la longueur des feuilles : la longueur de 100 feuilles les plus longues de plants pris au hasard (mais non « broutés ») et appartenant à des plants différents (1 feuille par plant) est mesurée depuis leur base jusqu'à leur extrémité. Ces mesures sont réalisées dans les quadrats, à

raison de 10 plants par quadrat, et complétées si nécessaire par des mesures supplémentaires,

- l'état de santé de l'herbier : cette évaluation est basée sur un indicateur de composition et sur l'observation de signes d'eutrophisation et de sédimentation (cf. tableau 51).

TABLEAU 51 : Classification de l'état de santé d'un herbier de phanérogames (PARETO et al., 2012a adapté de Bouchon et al., 2003)

Classification de l'état de santé	Caractéristiques de l'herbier de phanérogames
1 = Très bon état	Herbier de <i>Thalassia testudinum</i> pur
2 = Bon état	Herbier mixte à <i>Thalassia</i> et <i>Syringodium filiforme</i> , avec présence ou non de macroalgues typiques de l'herbier (en faible abondance)
3 = Etat moyen	Signe d'eutrophisation ou de sédimentation
4 = Etat médiocre	Herbier avec macroalgues (typiques abondantes ou autres macroalgues) ou envasé. Eutrophisation ou hypersédimentation marquée
5 = Mauvais état	Herbier envahi par les macroalgues ou envasé

La réflexion sur les indices « herbiers de phanérogames » est toujours en cours : comme précédemment elle bénéficiera des réflexions du groupe de travail MNHN/ONEMA lancé en 2011, et du suivi qui sera proposé dans le cadre de l'Observatoire des Herbiers (IFRECOR), en complément des recommandations formulées pour l'échantillonnage des paramètres DCE de l'élément de qualité « récifs coralliens » (MNHN & ONEMA, 2012).

❖ **Caractéristiques hydro-morphologiques**

Deux groupes de paramètres hydro-morphologiques font l'objet d'un suivi dans le cadre de l'étude DEAL 2008-2013 :

- **Profondeur, substrat et sédimentation** (1 campagne/an) : les observations sont réalisées *in situ* pendant les suivis biologiques, et éventuellement complétées à l'aide de données cartographiques existantes dans certaines zones concernant ces biocénoses,
- **Courants, exposition et renouvellement des eaux** (1 campagne/an) : les courants dominants et l'exposition aux vagues sont déterminés sur la base des données du SHOM puis validés par des observations sur le terrain. Le renouvellement des eaux est estimé à partir de données issues de la bibliographie, des données morphologiques, de l'exposition aux vents dominants et des connaissances locales sur les courants. *In fine*, les résultats concernant ce renouvellement sont exprimés selon une grille allant de « très fort » à « très faible ».

Les paramètres hydro-morphologiques ont été relevés *in situ* sur chaque station (benthos et herbier), simultanément au suivi des paramètres biologiques effectué en juin 2009. Actuellement, aucune grille de classification n'a été mise en place pour ces paramètres.

En 2013, il est également prévu que le BRGM réalise un classement de l'état hydro-morphologique de l'ensemble des masses d'eau littorales de Guadeloupe. Pour ce faire, une méthodologie similaire à celle utilisée en métropole (Delattre et Vinchon, 2009) sera appliquée : les masses d'eau candidates à la classification en « très bon état hydro-morphologique » seront ainsi identifiées au regard des

pressions anthropiques qui s'y exercent et susceptibles d'entraîner une modification du contexte hydro-morphologique.

2.3.2. Contaminants chimiques

Aucune campagne de « surveillance DCE » proprement dite, à savoir des 41 substances de l'état chimique et des polluants spécifiques de l'état écologique (PSEE), n'a été réalisée jusqu'à présent en Guadeloupe.

Des recommandations concernant la surveillance chimique des masses d'eau littorales de Guadeloupe ont cependant été proposées par Bocquéné *et al.* (2011). Ces travaux dressent notamment une liste des molécules à considérer pour l'évaluation des masses d'eau littorales, ainsi que les matrices préférentielles à utiliser pour leur quantification. La chlordécone, mentionnée dans l'arrêté du 25 janvier 2010²² comme un polluant spécifique de l'état écologique à suivre dans les Antilles, fait naturellement partie intégrante de cette liste de substances dont le suivi est recommandé.

Une liste réglementaire de PSEE devrait être validée en 2013 par le comité de bassin. Elle sera établie sur la base des travaux du Comité (national) d'Experts Priorisation (CEP), mais tiendra également compte des résultats de l'étude prospective nationale sur les micropolluants, des travaux menés dans le cadre de l'état des lieux, de l'inventaire des émissions et éventuellement des études d'impact au niveau local.

A noter qu'à l'occasion de l'étude prospective nationale sur les micropolluants commanditée par le Ministère de l'Ecologie, des échantillonneurs passifs ont été disposés en juin-juillet 2012 (PARETO *et al.*, 2012b) dans 2 masses d'eau côtières guadeloupéennes (FRIC007A et FRIC003). Un prélèvement de sédiment a également été réalisé au niveau de la rivière salée, à proximité de la décharge de la Gabarre (*cf.* figure 15).

L'Office de l'Eau de la Guadeloupe a pris en charge la mise en œuvre de cette campagne : pour chacune des stations suivies, des systèmes passifs SBSE et POCIS ont été installés puis relevés par Impact-Mer. En complément, un échantillon de sédiment a également été prélevé au niveau de la station « Rivière salée – décharge de la Gabarre ».

Les différents analystes impliqués sont :

- le LPTC de Bordeaux : POCIS
- le CEDRE : SBSE
- l'INERIS : sédiment

En outre, le Réseau National d'Observation (RNO), avant qu'il ne disparaisse fin 2007 et qu'il ne soit remplacé par le ROCCH, exerçait depuis 2002 une surveillance en routine (4 prélèvements annuels) des contaminants chimiques (métalliques et organiques) bio-accumulés par les huîtres de l'espèce *Isognomon alatus*. Cinq points de suivis existaient alors : Pointe j'ai Fouillé, Pointe de la Grande Rivière, Pointe Noire – Anse Caraïbe, Petit Canal et Ilet à Cochon (Ifremer, 2006).

²² Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface.



(NB : point orange = échantillonneurs passifs SBSE et POCIS + prélèvement de sédiment / Points jaunes = échantillonneurs passifs SBSE et POCIS uniquement)

FIGURE 15 : Localisation des 4 stations échantillonnées lors de la campagne prospective micropolluants menée en 2012 (d'après PARETO et al., 2012b)

C. GUYANE

1. Aspects généraux concernant le littoral guyanais (d'après CREOCEAN et al., 2006)

1.1. Spécificités géomorphologiques, climatologiques et hydrologiques

Le relief de la Guyane est issu de l'altération des roches d'un vaste ensemble de plus de 1,5 millions de km² : le Bouclier (ou Craton) guyanais. Celui-ci s'est mis en place il y a plus de deux milliards d'années et depuis, des événements de type « mouvements tectoniques » liés à l'ouverture de l'Atlantique sud (Jurassique supérieur), ainsi qu'une très longue érosion conjuguée à des mouvements eustatiques récents (période Quaternaire) ont contribué à façonner ce relief. Ces éléments ont structuré la topographie de la Guyane sous forme de bandes sub-homogènes, de largeurs variables et parallèles à la côte. L'altitude moyenne de la Guyane est comprise entre 100 et 200 mètres, les secteurs culminants à plus de 500 étant considérés comme des « montagnes » dominant le relief collinaire.

Le climat de la Guyane est de type intertropical humide, avec des précipitations annuelles comprises en moyenne entre 2000 mm et 4000 mm : celles-ci sont très importantes dans le secteur de Kaw-Roura-Cacao, et moindre en direction du Sud ainsi qu'à l'extrême Nord-Ouest du district. Le passage de la zone intertropicale de convergence (ZIC), caractérisée par de nombreuses cellules convectives et génératrice de fortes précipitations, est à l'origine de l'alternance des saisons sèche et humide au cours de l'année :

- entre mi-novembre et mi-février (en règle générale), lors de sa descente vers le Sud, la ZIC aborde les côtes de la Guyane et génère une petite saison des pluies,
- de mi-février à fin-mars, la ZIC atteint sa position la plus au Sud : cette période, encore appelée « petit été de mars », est caractérisée par des précipitations relativement faibles,
- entre les mois d'avril et de juillet, en remontant vers le nord, la ZIC génère de fortes précipitations sur toute la Guyane : c'est la grande saison des pluies,
- d'août à mi-novembre en général, lorsqu'elle dépasse le 10^{ème} Degré Nord, la ZIC ne contribue plus à générer de fortes précipitations sur la Guyane : on entre alors dans la saison sèche.

Le district hydrographique guyanais présente la particularité de ne pas être un bassin versant hydrographique car ses frontières à l'Est et à l'Ouest sont respectivement constituées par les fleuves Oyapock et Maroni, qui assurent également le rôle de frontière avec le Brésil et le Surinam. Les eaux s'écoulant dans ces 2 grands fleuves sont donc, pour partie, issues du ruissellement sur des bassins versants situés hors des limites de l'Union Européenne. Comme toutes les régions de type équatorial, le district de la Guyane présente un réseau hydrographique très dense. Ces fleuves se jettent tous dans l'océan Atlantique et sont caractérisés par une période de hautes eaux en fin de saison des pluies (mai-juin), et un étiage marqué en fin de saison sèche (octobre-novembre). Une légère baisse des débits est également constatée durant la période climatique du « petit été de mars ».

Le linéaire côtier guyanais s'étend sur une distance de 378 km entre les estuaires du Maroni et de l'Oyapock, et est couvert à près de 80 % par des mangroves. Ce littoral est marqué par une morphologie, un hydrodynamisme et une dynamique sédimentaire très prononcés, notamment du fait des apports sédimentaires hérités de l'estuaire de l'Amazone. Comparativement, les principaux

fleuves guyanais (Maroni, Oyapock, Mana, Approuague, Sinnamary, Mahury/Comté) n'exportent que peu de sédiments, avec toutefois des quantités non négligeables de matière organique dissoute. Cette dynamique hydrosédimentaire particulière entraîne notamment d'importantes fluctuations du trait de côte, et est à l'origine de la forte turbidité des eaux littorales.

1.2. Pressions anthropiques sur le littoral

Les principales pressions anthropiques s'exerçant sur les masses d'eau littorales et recensées lors de l'état des lieux en 2006 sont les suivantes :

- Les fortes pressions issues de la concentration, sur la frange littorale du district, d'environ 90% de la population guyanaise ainsi que des activités économiques. La Guyane poursuit en outre un rythme exceptionnel d'augmentation de la population, qui est passée de 33 500 habitants en 1961 à presque 200 000 habitants en 2005 (DIREN Guyane, 2009),
- Le très faible taux de raccordement à des réseaux de collectes et de traitement des eaux usées, qui génère des rejets directs dans les milieux aquatiques,
- L'agriculture, qui représente une source d'apports polluants pour les masses d'eau du fait du lessivage des produits phytosanitaires et des fertilisants lors des épisodes pluvieux,
- Le dragage, qui participe à la remise en suspension de particules fines augmentant la turbidité, et favorise la remise en suspension de polluants adsorbés aux sédiments,
- Les rejets d'ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement), qui constituent une pression méconnue en termes de nature des substances impliquées et de quantités rejetées,
- Les pressions induites par la pêche, par exemple les chalutages²³ réalisés dans le cadre de l'exploitation de la crevette, ou encore les rejets de prises accessoires. Les impacts associés sont encore à quantifier et nécessitent une amélioration de la connaissance sur leurs enjeux,
- Les pressions liées aux exploitations aurifères et forestières, qui induisent une contamination des eaux par le mercure à partir de deux sources : l'une naturelle (présence naturelle du mercure dans les sols), et la seconde anthropique (orpaillage, terrassements).

2. Le volet littoral de la DCE en Guyane

2.1. Caractéristiques des masses d'eau littorales

2.1.1. Masse d'eau côtière

Lors de l'état des lieux DCE réalisé en 2006, une unique masse d'eau côtière (FRKC001) a été définie au large des côtes guyanaises, avec une extension géographique exceptionnelle²⁴ en certains endroits à plus de 10 milles nautiques des côtes du fait de la présence de nombreuses îles et îlets (figure 16).

²³ Le chalutage est cependant pratiqué au-delà de 30 mètres de profondeur, donc le plus souvent en dehors de la zone d'étude

²⁴ Le champ d'action de la DCE s'étend à un mille nautique au large de la ligne de base

D'un point de vue typologique, cette masse d'eau appartient au type national C15 caractérisé par un renouvellement rapide, une forte exposition à la houle et des fonds marins essentiellement constitués de sables et de vases. Elle est soumise aux grands courants côtiers orientés en général du Sud-Est vers le Nord-Ouest, qui entraînent parallèlement à la côte les eaux et sédiments issus de l'Amazone. Des travaux menés par l'IRD en 2009 dans le cadre d'une convention avec la DIREN Guyane ont souligné une différenciation d'est en ouest de cette masse d'eau, entre l'îlet La Mère (zone de Cayenne) et les îles du Salut (zone de Kourou). Ces résultats ont été confirmés ultérieurement par des travaux réalisés en 2010, qui ont montré que l'on pouvait éventuellement différencier trois types de masses d'eau côtières lors de la saison des pluies, lorsque l'influence de l'Amazone est la plus forte. Cependant, les différenciations observées entre les sites d'études sont essentiellement basées sur des critères biologiques (phytoplancton), ce qui ne constitue pas un argument en faveur d'un redécoupage en plusieurs masses d'eau : en effet, la typologie DCE repose sur des critères physiques et non biologiques. Il a ainsi été retenu de privilégier une surveillance en saison sèche (septembre à décembre) plutôt qu'en saison des pluies, la masse d'eau présentant à cette période une meilleure homogénéité spatiale (cf. tableau 52) mais des apports anthropiques moindres.

TABLEAU 52 : Comparaison saison sèche et saison des pluies (valeurs moyennes campagne IRD – 2010)

Intitulé stations de suivi	Salinité (‰)		MES (mg/L)	
	Saison sèche	Saison des pluies	Saison sèche	Saison des pluies
Pointe Behague	30,2	20,5	100	8
Ilet la Mère	34,2	23,7	21	17
Iles du Salut	34,7	25,9	10	6
Maroni	34,6	34,4	9	2

Dans l'état actuel des connaissances disponibles, il n'y a donc pas lieu d'identifier plusieurs masses d'eau pour les eaux côtières en Guyane, mais il ne semble pas exclu de reconsidérer cet aspect au vu des résultats ultérieurs issus de la mise en œuvre de la surveillance.

Dans le cadre du rapportage effectué auprès de la Commission Européenne en 2010, la masse d'eau FRKCO01 a été évaluée en « bon état » sur la base des données « pressions » disponibles (pêche²⁵ et dragages) et du « dire d'expert », avec un objectif d'atteinte du bon état écologique à l'horizon 2015.

2.1.2. Masses d'eau de transition

L'état des lieux de 2006 avait initialement défini 8 masses d'eau de transition dans le district de Guyane, correspondantes aux estuaires des différents fleuves guyanais plus ou moins soumis aux courants de marée (Maroni-Mana, Iracoubo, Sinnamary, Kourou, Rivière de Cayenne, Mahury, Approuague et Oyapock – figure 16).

Les caractéristiques hydromorphologiques et les paramètres physico-chimiques de ces MET sont très variables du fait de la variabilité des apports d'eau continentale (variations intra-annuelles) et des courants bi-directionnels (flots et jusants) dus aux cycles de marées. Les temps de résidence d'éventuels polluants y sont probablement très variables selon le régime hydrologique des fleuves et l'extension de leur bassin versant.

²⁵ il n'y a pas de chalutage dans cette zone mais de la pêche au filet dérivant (Lampert, *comm. pers.*)

A noter que depuis 2006, la dynamique hydrosédimentaire est telle que la rivière Mana n'est plus associée au fleuve Maroni, ce qui rend les deux estuaires distincts l'un de l'autre et a motivé récemment la séparation de cette MET en 2 entités : FRKT 001 « A » et FRKT 001 « B ».

La limite amont des MET a été définie **initialement** sur la base de deux critères écologiques : la limite amont de la mangrove et la répartition des poissons, dont certaines familles sont caractéristiques des eaux douces tandis que d'autres se retrouvent plus spécifiquement dans les eaux salées.



FIGURE 16 : Carte de situation des masses d'eau littorales du district de Guyane (SDAGE 2010-2015)

Trois typologies de MET ont été arrêtées lors de l'état des lieux, en fonction d'une combinaison de critères hydro-dynamiques, géologiques et physico-chimiques (cf. tableau 53). Cependant, les travaux réalisés en 2009 et 2010 par l'IRD sur 4 estuaires guyanais (Mana, Kourou, rivière de Cayenne et Mahury), à différents moments journaliers (étales de basse mer et de haute mer en période de vive eau), et saisonniers (fin de saison des pluies et fin de saison sèche) ont montré que chaque estuaire semble avoir son propre mode de fonctionnement. Les bancs de vase y jouent un rôle clé pour masquer ou non l'influence de l'Amazone. Sur cette base, la typologie telle qu'elle avait initialement été arrêtée (rôle des éperons rocheux) ne semble plus vraiment pertinente.

Les principales conclusions relatives à la typologie, formulées à l'issue de travaux réalisés par l'IRD²⁶, sont les suivantes :

- La typologie initiale des masses d'eau de transition doit être révisée, et se baser uniquement sur les débits (estuaires à fort débit/à faible débit) ;

²⁶ Convention DIREN Guyane/IRD

- Il faut abandonner la distinction des types T15 et T16 destinée à prendre en compte le rôle supposé, pour les fleuves à faible débit, des éperons rocheux censés masquer l'influence de l'Amazone ;
- Le Sinnamary devrait faire l'objet d'une classification en masse d'eau fortement modifiée (MEFM) étant donnée la présence en amont de ce fleuve du barrage de Petit Saut ;
- Les limites des MET devraient remonter plus en amont dans les estuaires, et prendre en considération la présence de *Rhizophora* qui est une plante caractéristique des zones de mangroves salines.

Une étude a depuis été confiée au bureau d'études NBC pour proposer un **redécoupage des MET guyanaises**. Pour définir ces nouvelles limites, deux critères ont été considérés : les caractéristiques de salinité (mesure de conductivité), et la présence de mangrove (*Rhizophora*). En définitive, pour certaines MET, c'est le second critère qui a prévalu pour déterminer la limite amont (cf. annexe 1), dans la mesure où dans certaines zones où les remontées de sel n'ont pas été constatées, des peuplements de *Rhizophora* ont été observés en quantités importantes. A noter qu'à l'issue de ce redécoupage, certaines stations qui faisaient l'objet d'un suivi « cours d'eau » sont désormais incluses dans des masses d'eau de transition, ce qui permet de disposer de données « supplémentaires » en MET.

TABLEAU 53 : Masses d'eau de transition du district guyanais et leur typologie initiale définie en 2006

Code ME	Nom ME	Code typologie 2006	Intitulé typologie 2006
T001 (A)	Maroni	T14	Estuaires à très forts débits, ne subissant pas l'influence amazonienne
T001 (B)	Mana	T14	Estuaires à très forts débits, ne subissant pas l'influence amazonienne
T002	Iracoubo	T16	Estuaires à faibles débits, soumis à l'influence des apports amazoniens (estuaires orientés à l'ouest)
T003	Sinnamary	T16	Estuaires à faibles débits, soumis à l'influence des apports amazoniens (estuaires orientés à l'ouest)
T004	Kourou	T15	Estuaires à faibles débits, protégés du transit des apports Amazoniens par un éperon rocheux
T005	Rivière de Cayenne	T15	Estuaires à faibles débits, protégés du transit des apports amazoniens par un éperon rocheux
T006	Mahury	T15	Estuaires à faibles débits, protégés du transit des apports amazoniens par un éperon rocheux
T007	Approuague	T16	Estuaires à faibles débits, soumis à l'influence des apports amazoniens (estuaires orientés à l'ouest)
T008	Oyapock	T14	Estuaires à très forts débits, ne subissant pas l'influence amazonienne

A l'occasion du rapportage à la Commission Européenne réalisé en 2010, 6 des 8 masses d'eau de transition identifiées à l'époque ont été évaluées à dire d'experts dans un « état médiocre », ainsi qu'une autre en état « moyen », sur la base d'une estimation de l'intensité des pressions (cf. tableau 54).

Ce classement est actuellement en cours de révision à l'occasion de la révision de l'état des lieux DCE (2013). Compte tenu du nombre réduit de données disponibles et de l'absence de définition d'indicateurs de l'état écologique, le « dire d'expert » pourra s'appuyer en complément sur : les données relatives à l'état des masses d'eau « cours d'eau » situées en amont des MET, les données sur les EQB collectées sur des stations cours d'eau nouvellement incluses aux MET suite à la révision récente de leurs limites amont, et des données relatives aux pressions recensées (étude ASCONIT en cours).

TABLEAU 54 : Etat des masses d'eau littorales rapporté à la CE en 2010

ME	Nom	Etat	Objectif ME	Echéance pour atteindre le bon état	Motivation des choix (pressions)
FRKT001	Maroni-Mana	Médiocre	Bon état	2027	Agriculture, Eaux usées, Orpaillage (Hg), Dragage
FRKT002	Iracoubo	Bon	Bon état	2015	Eaux usées
FRKT003	Sinnamary	Médiocre	Bon état	2027	Agriculture, Eaux usées, (Hg)
FRKT004	Kourou	Médiocre	Bon état	2015	Agriculture, Eaux usées, Industries, Dragage
FRKT005	Rivière de Cayenne	Médiocre	Bon état	2015	Eaux usées, industries, Dragage
FRKT006	Mahury	Médiocre	Bon état	2021	Eaux usées, industries, Dragage
FRKT007	Approuague	Médiocre	Bon état	2027	Eaux usées, Orpaillage (Hg)
FRKT008	Oyapock	Moyen	Bon état	2021	Eaux usées, Orpaillage (Hg)

2.2. Surveillance des masses d'eau au titre de la DCE

Un groupe de travail (GT « Eaux littorale Guyane ») a été mis en place au début 2011 avec comme objectif d'évaluer la pertinence des éléments de qualité dans le contexte particulier de la Guyane et de définir la stratégie à adopter dans la mise en œuvre, à long terme et à partir de 2012, du réseau de surveillance DCE et, si nécessaire, d'études prospectives. Le pilotage décisionnel du GT était assuré par les représentants de la DEAL Guyane, de la DEB, et de l'Onema qui finançait ce GT. Le secrétariat scientifique et technique du GT était animé par Ifremer.

Le programme de surveillance DCE a été élaboré par Marchand (2011), puis discuté et validé dans sa version définitive par le GT « Eaux littorales Guyane » du 14 décembre 2011. A noter qu'en 2013, l'Office de l'Eau de la Guyane a commandité une synthèse des connaissances scientifiques sur les masses d'eau littorales guyanaises (prestataire : Michel Marchand), et que, de son côté, la DEAL de Guyane a financé auprès de l'IRD une synthèse des données acquises dans le cadre de la surveillance DCE 2012-2013.

2.2.1. Masse d'eau côtière (FRKC001)

Conformément à l'annexe V de la DCE, la surveillance pour les masses d'eau côtières²⁷ concerne les éléments de qualité biologiques (phytoplancton, invertébrés benthiques, algues macroscopiques et

²⁷ Hors « paramètres hydro-morphologiques soutenant les paramètres biologiques »

angiospermes), les paramètres physico-chimiques (salinité, température, turbidité, oxygène, nutriments), ainsi que la surveillance chimique (substances).

a) Surveillance des éléments de qualité biologiques et des paramètres physico-chimiques soutenant la biologie

❖ **Phytoplancton et paramètres physico-chimiques associés**

Antérieurement aux travaux de définition de la stratégie de surveillance DCE pour la Guyane (Marchand, 2011), les données disponibles concernaient les paramètres physico-chimiques et la biomasse phytoplanctonique (chlorophylle a). Elles avaient été acquises lors de 2 campagnes réalisées par l'IRD en 2009 et 2010, au large de Kourou (Iles du Salut et à mi-côte) et face à Cayenne (Ilet le Père et à mi-côte), et aux deux saisons (pluie et sèche).

Les résultats obtenus notamment sur le phytoplancton permettaient alors d'observer des gradients de concentrations, en saison des pluies, entre les deux zones d'études Est (face à Cayenne) et ouest (face à Kourou) explicables, selon l'hypothèse avancée par l'IRD, par des processus écologiques (possible effet différentiel du grazing exercé par le zooplancton sur les communautés phytoplanctoniques structurées spatialement). Les concentrations en chlorophylle a observées étaient en revanche plus homogènes durant la saison sèche (2,7 à 6,6 µg/L).

En termes de stratégie de surveillance DCE pour ces paramètres, Marchand (2011) a identifié 4 stations côtières (Pointe de Béhague/Oyapock, Cayenne/Côte, Kourou/Côte et Les Hattes/Maroni), ainsi que 3 stations situées plus au large (Iles du Connétable à l'Est, Ilet la Mère/Cayenne et Iles du Salut/Kourou), en vue d'une surveillance des paramètres phytoplanctoniques et physico-chimiques (cf. figure 17).

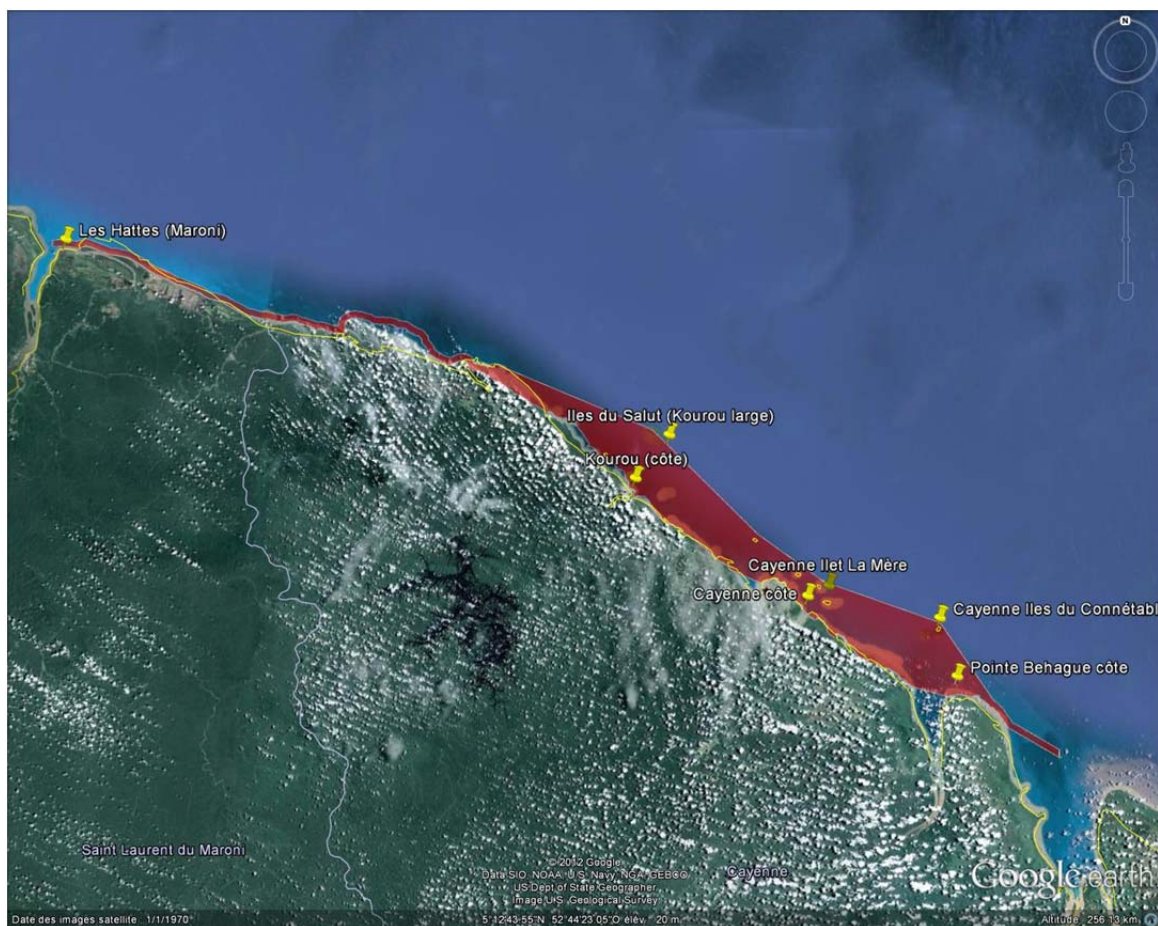


FIGURE 17 : Situation des stations de suivi dans la masse d'eau côtière FRKC001

Dans le cadre de la surveillance DCE 2012/2013, ce suivi des paramètres phytoplanctoniques (chlorophylle a, pigments phytoplanctoniques, flores totales) et physico-chimiques est effectué chaque année à **fréquence mensuelle en saison sèche** (septembre à décembre), c'est à dire lorsque la masse d'eau présente une plus grande homogénéité spatiale (cf. tableau 55). Parallèlement à ce dispositif « DCE » et conformément aux recommandations du GT « Eaux littorales Guyane » (Marchand, 2011), des travaux similaires seront menés lors de la saison des pluies (février-juillet, fréquence bi-mensuelle) durant plusieurs années, de manière à disposer de données comparatives sur l'ensemble du cycle annuel. En effet, considérant l'absence -actuelle- de métriques et de grilles d'évaluation permettant d'interpréter l'état écologique de la masse d'eau côtière guyanaise, une acquisition de **données de base** est nécessaire, tant sur le plan spatial que temporel. Par la suite, la définition des métriques associées nécessitera l'avis des experts concernés qui seront sollicités au travers d'un groupe de travail thématique « phytoplancton – hydrologie » initié en 2013.

Les experts en phytoplancton (*in* Marchand, 2011) ont recommandé que les techniques de **prélèvements d'eau ainsi que les analyses correspondantes** se conforment aux documents méthodologiques de référence à l'Ifremer, à savoir :

- le DVD pour les bonnes pratiques de prélèvements²⁸ ;
- les ouvrages d'Aminot et Kerouel (2004, 2007) pour les analyses en milieu marin.

²⁸ Ce DVD est téléchargeable sur le site de l'Ifremer :

<http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/dossiers/prelevementhydro/index.html>.

Les différents acteurs locaux impliqués dans cette surveillance « phyto-hydro » sont :

- pour la partie prélèvements/terrain et mesures *in situ* : la Réserve du Grand Connétable (Îlet la Mère et Île du Grand Connétable), l'Unité fluviale de la DEAL (Cayenne Côte), et le bureau d'études HYDRECO (Îles du Salut, Kourou côte, pointe les Hattes, pointe Béhague), qui est pressenti également pour assurer le volet métrologie (A. Daniel, *comm. pers.*),
- pour la partie analyse physico-chimique des nutriments et de la chlorophylle a : l'IRD de Cayenne,
- pour la partie analyse (HPLC) des pigments phytoplanctoniques : le bureau d'études DHI (Danemark)
- pour la partie dénombrement/identification des cellules phytoplanctoniques : le bureau d'études ASCONIT Guadeloupe (Sylvain Coulon).

TABLEAU 55 : Stratégie de surveillance des paramètres phytoplanctoniques et physico-chimiques dans la masse d'eau côtière FRKC001

Requis par la DCE (annexe V)	Paramètres mesurés	Stations de suivi	Surveillance sur la durée du plan de gestion	Contrôle de surveillance : saison sèche (septembre-décembre)	Complément d'information : saison des pluies (janvier-juillet)
Composition, abondance et biomasse du phytoplancton	[chlorophylle-a] Dénombrement et identification des cellules phytoplanctoniques (20 µM – 200 µM)	Toutes (4 côtières +3 large ; cf. figure 2)	6 ans (chaque année)	mensuelle	bi-mensuelle ²⁹
	Pigments phytoplanctoniques HPLC				
Transparence	Turbidité				
Température de l'eau	Température				
Bilan d'oxygène	[O ₂] dissous				
Salinité	Salinité				
Concentration en nutriments	[NO ₃], [NO ₂], [NH ₄], [PO ₄], [Si(OH) ₄]				

❖ Invertébrés benthiques

Les travaux encadrés par l'IRD en 2009 (échantillonnages réalisés par le laboratoire ARAGO/Banyuls et CREOCEAN) dans les zones de Kourou (Iles du Salut) et de Cayenne (Ilets Père-Mère) ont souligné que l'utilisation des indices benthiques courants se heurte au manque de connaissance scientifique sur cette thématique dans le contexte guyanais. Ce déficit porte tant sur la méconnaissance de la taxonomie de la faune existante (ouvrages faunistiques de référence) que sur sa distribution et sa dynamique.

Le GT « Eaux littorales Guyane » a souligné qu'une réflexion en termes de protocole et de stratégie d'échantillonnage était nécessaire avant de poursuivre toute acquisition de données du fait du caractère très agrégatif et peu diversifié des communautés d'invertébrés.

Considérant l'absence de protocole et d'indicateur pertinents, la mise en œuvre de la surveillance pour cet élément de qualité biologique est pour le moment conditionnée à la structuration d'un GT

²⁹ La fréquence mensuelle initialement préconisée pour cette surveillance additionnelle n'est plus d'actualité (du moins pour le suivi qui sera effectué en 2013) du fait de contraintes budgétaires

ad hoc par l'Onema. La mise en place opérationnelle de ce GT ne se fera pas en 2013 (moyens liés à la programmation) et ne pourrait intervenir qu'à partir de 2014. Lionel Bigot, du laboratoire d'ECOMAR à la Réunion, a été sollicité pour animer ce groupe de travail (O. Monnier, *comm. pers.*).

❖ **Macrophytes**

L'élément de qualité « macrophytes »³⁰ a été jugé « non pertinent » dans la MEC Guyanaise, du fait notamment de l'absence quasi totale de communautés macrophytiques. Ce constat peut être relié à l'extrême turbidité des eaux côtières, à l'importante dynamique sédimentaire, ainsi qu'à la forte variabilité de la salinité, qui constituent des facteurs clairement défavorables à l'installation et au développement des communautés macrophytiques.

b) Surveillance chimique

Plusieurs campagnes ont été réalisées en 2008³¹, 2009, 2010 et 2011, à différentes périodes (saisons sèche et/ou humide) en Guyane par l'Ifremer (Jean Louis Gonzalez), au moyen de trois types d'échantillonneurs passifs :

- DGT pour la fraction labile des métaux,
- SBSE pour la fraction totale des contaminants organiques hydrophobes, extraite à partir d'un prélèvement ponctuel d'eau non filtrée,
- POCIS pour la fraction dissoute et donc la fraction totale des contaminants organiques hydrophiles.

Cette approche a permis de mettre en évidence la **présence** de plusieurs groupes de contaminants chimiques dans les eaux littorales guyanaises :

- Métaux : Ag, Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn,
- Pesticides : diuron, terbuthylazine, métazachlore, endosulfan,
- Alkylphénols : NP, NP1EO,
- PCB : PCB 7, PCB 118,
- HAP : naphthalène, benzothiophène,
- Produits émergents : théophylline, caféine, terbutaline, carbamazépine.

Pour l'hexachlorocyclohexane (Delta_BHC), qui est une substance dangereuse prioritaire DCE, les concentrations mesurées au large du Mahury en octobre 2009 dépassaient la NQE-MA³² fixée à 2 ng/L.

En revanche le mercure, qui constitue à la fois une substance dangereuse prioritaire au sens de la DCE, mais aussi une problématique de contamination chimique majeure des eaux de la Guyane, n'est pour l'instant pas considéré dans le cadre de cette approche « échantillonneurs passifs » : un système spécifique « mercure » (DGT-Hg) est en phase de tests à l'Ifremer (Jean Louis Gonzalez, La Seyne sur Mer). Dans ce système le gel DGT "classique" en polyacrylamide est remplacé par un gel agarose.

³⁰ Ou plus précisément « Flore autre que phytoplancton »

³¹ Uniquement avec dispositifs SBSE et DGT

³² Norme de Qualité Environnementale – Moyenne Annuelle

La proposition faite par Marchand (2011) pour la surveillance chimique de la MEC s'appuie exclusivement sur la technique des échantillonneurs passifs, notamment du fait des avantages opérationnels de la méthode dans le contexte guyanais, et bien qu'elle ne soit pour le moment pas « DCE-compatible ». Le contrôle de surveillance doit ainsi être réalisé en saison sèche au niveau des quatre stations côtières, à raison de 2 prélèvements annuels tous les 6 ans (cf. figure 2), avec en parallèle un échantillonnage équivalent en saison des pluies afin d'apporter un complément d'information (cf. tableau 56).

Dans le cadre du programme de surveillance DCE telle qu'elle est planifiée de manière **opérationnelle**, les échantillonneurs passifs seront déployés sur les 4 stations MEC, 4 fois par an et à cheval sur les années 2013 et 2014 (DEAL Guyane, *comm. pers.*). La pose des dispositifs sera assurée par la DEAL Guyane, et les analyses confiées à l'Ifremer de la Seyne sur Mer.

TABLEAU 56 : Proposition de Marchand (2011) pour la surveillance chimique de la MEC via l'approche « échantillonneurs passifs »

Stratégie de surveillance	Echantillonneurs passifs : DGT, SBSE et POCIS
Stations de suivi (*)	Pointe Béhague, Ilet La Mère, Iles du salut, Les Hattes-Maroni (cf. figure 2)
Nombre d'années de suivi par SDAGE (6 ans)	1 an
Fréquence des contrôles par année	4 fois : saison sèche (x2) et saison des pluies (x2)

2.2.2. Masses d'eau de transition

Conformément à l'annexe V de la DCE, la surveillance pour les masses d'eau de transition³³ concerne les éléments de qualité biologiques (phytoplancton, invertébrés benthiques, algues macroscopiques, angiospermes, ichtyofaune) et leurs paramètres associés, les paramètres physico-chimiques (salinité, température, turbidité, oxygène, nutriments), ainsi que la surveillance chimique (substances).

a) Surveillance des éléments de qualité biologiques et des paramètres physico-chimiques soutenant la biologie

❖ **Phytoplancton**

De manière analogue à ce qui a été décidé dans le cas de certains estuaires métropolitains, le suivi de l'élément de qualité « phytoplancton » dans le cadre de la DCE n'est pas estimé pertinent dans les masses d'eaux de transition guyanaises. En effet, la forte turbidité des eaux estuariennes limite le développement des micro-algues dans la colonne d'eau et rend difficile leur identification.

Le suivi du phytobenthos pourrait en revanche représenter une alternative intéressante au phytoplancton, dans la mesure où la structuration populationnelle des communautés phytobenthiques semble permettre de discriminer, pour une gamme de salinité donnée, des proportions relatives, variables et significatives entre deux groupes de populations : espèces polluo-

³³ Hors « paramètres hydro-morphologiques soutenant les paramètres biologiques »

tolérantes et espèces polluo-sensibles. Cette approche a notamment été testée par l'IRD durant la saison sèche 2009, dans 4 MET : estuaire de Kourou, Mahury, rivière de Cayenne et Maroni-Mana ; puis durant les saisons sèche et humide (Guiral & Luglia, 2010) sur ces mêmes MET plus l'Oyapock et le Sinnamary (12 site).

Les résultats obtenus lors de ces campagnes seront soumis à l'expertise d'un groupe de travail « phytobenthos » constitué de Daniel Guiral (IRD), Laurent Barillé, Vona Méléder (Université de Nantes), Frédéric Rimet (INRA) et François Delmas (Irstea). Les échéances de ce groupe sont la réalisation d'une synthèse bibliographique pour octobre 2013, une réunion en novembre 2013 pour évaluer la pertinence de cet EQB et, le cas échéant, la définition d'une stratégie pour l'élaboration d'un indicateur DCE (*source* : relevé de conclusions séminaire DOM, avril 2013).

❖ **Invertébrés benthiques**

Le comité de pilotage décisionnel du GT « EL Guyane » a statué dès avril 2011 sur la non pertinence de cet élément de qualité biologique pour les MET. La proposition d'explorer une méthodologie alternative utilisant des substrats artificiels (végétation emprisonnées dans des pochons plastique) n'a pas été retenue par ce groupe de travail.

❖ **Macrophytes**

Du fait de leur absence des MET guyanaises, le comité de pilotage décisionnel du GT « EL Guyane » a statué en avril 2011 sur la non pertinence de cet élément de qualité biologique.

❖ **Ichtyofaune**

Cet élément de qualité, bien qu'*a priori* pertinent, n'a pour le moment pas connu de développement méthodologique particulier dans le contexte guyanais. En effet, la connaissance des peuplements de poissons estuariens en Guyane et des cycles écologiques des espèces est très parcellaire. Les avancées dans ce domaine sont donc notamment tributaires des recommandations d'un GT « poissons ». Une première réunion de ce GT a eu lieu fin février 2013 pour échanger avec les acteurs locaux, et fixer les modalités d'une mission d'expertise qui s'est déroulée mi-2013. Si cet EQB s'avère pertinent et un indicateur réalisable, le groupe de travail devra définir une stratégie d'élaboration d'un indicateur DCE (*source* : relevé de conclusions séminaire DOM, avril 2013).

❖ **Paramètres physico-chimiques**

Antérieurement aux travaux de définition de la stratégie de surveillance DCE pour la Guyane (GT « Eaux littorales Guyane » in Marchand, 2011), les données sur les paramètres physico-chimiques des MET avaient été acquises principalement lors de campagnes réalisées par l'IRD en 2009 et 2010.

Tout d'abord en 2009, deux campagnes ont été réalisées en fin de saison des pluies (mai-juin 2009) et fin de saison sèche (octobre-novembre 2009) sur les estuaires du Mahury, de la Rivière de Cayenne, du Kourou et de la Mana, sur les paramètres suivants : pH, conductivité, Cl, salinité, nutriments, Fe, MES totales, minérales et organiques.

Puis en 2010, l'IRD a réalisé des campagnes d'acquisition de données sur ces mêmes paramètres physico-chimiques, dans les estuaires des principaux fleuves de la Guyane (Oyapock, Mahury, Rivière de Cayenne, estuaire du Kourou, Sinnamary, Mana, Maroni). Pour des raisons d'accessibilité, l'Approuague n'avait pas pu être investigué. Ces campagnes se sont déroulées en période de vive-eau au cours des étales consécutifs de basse mer et de haute mer d'une même marée et, en terme

de variabilité saisonnière, au cours des périodes de fin de saison des pluies et de fin de saison sèche qui, théoriquement, correspondent respectivement au plan hydrologique à la fin de la période de crues et au cours de la période d'étiage (Guiral & Luglia, 2010).

La stratégie de contrôle des paramètres physico-chimiques est similaire à celle qui est proposée pour la masse d'eau côtière, c'est à dire qu'elle est calée sur les paramètres mesurés en métropole (température, salinité, turbidité, oxygène dissous, nutriments), selon une fréquence de prélèvements mensuelle³⁴.

Les différents acteurs locaux impliqués dans cette surveillance « phyto-hydro » MET sont :

- pour la partie prélèvement/terrain et mesures *in situ* : l'Unité fluviale de la DEAL (Mahury, Cayenne) et le bureau d'études HYDRECO (Maroni, Mana, Iracoubo, Sinnamary, Kourou, Approuhague, Oyapock)
- pour la partie analyse physico-chimique des nutriments et la métrologie : l'IRD de Cayenne,

L'annexe 1 présente le réseau des stations qui sont suivies sur les MET Guyanaises en 2012-2013 (cf. 2.2.3. pour les paramètres suivis). Au nombre de 2 à 3 par MET, leur positionnement définitif est lié au travail de redéfinition des limites des MET effectué par le bureau d'étude NBC en 2012.

b) Surveillance chimique

Plusieurs campagnes ont été réalisées en 2008³⁵, 2009, 2010 et 2011, à différentes périodes (saisons sèche et/ou humide) dans les MET guyanaises par l'Ifremer avec des dispositifs DGT, SBSE et POCIS. Ces techniques ont ainsi permis de mettre en évidence la présence de plusieurs groupes de contaminants chimiques dans les eaux littorales guyanaises. Pour certaines substances prioritaires DCE, les concentrations mesurées dans les MET à l'occasion de ces campagnes dépassaient parfois les NQE associées (cf. tableau 57).

TABLEAU 57 : Masses d'eau guyanaises risquant de poser problème par rapport à l'atteinte du bon état chimique DCE (Gonzalez et al., 2011)

³⁴ cf. les informations données pour la masse d'eau côtière, notamment sur la modification concernant la fréquence de suivi en saison des pluies (bi-mensuelle), intervenue suite au GT EL Guyane de décembre 2011

³⁵ Uniquement avec dispositifs SBSE et DGT

Campagne	Masse d'eau	Substance prioritaire risquant de poser problème	Concentration mesurée	NQE-CMA	NQE-MA
Octobre 2009 Etiage très marqué	Montsinéry (ET)	Endosulfan	1.9 ng/L (SBSE)	4 ng/L	0.5 ng/L
	Mahury D5 (ET)	Hexachlorocyclohexane	2.5 ng/L (SBSE)	20 ng/L	2 ng/L
	Mahury D13 (ET)	Hexachlorocyclohexane	2.1 ng/L (SBSE)	20 ng/L	2 ng/L
Juillet 2010 (période humide)	Larivot (ET)	Hexachlorocyclohexane	19 ng/L (SBSE)	20 ng/L	2 ng/L
Octobre- Novembre 2011	Papaichton (ECS)	Hexachlorocyclohexane	21 ng/L (SBSE)	40 ng/L	20 ng/L
	Mana pont (ET)	Hexachlorocyclohexane Pesticides cyclodiènes	28 ng/L (SBSE) 5.3 ng/L (SBSE)	20 ng/L	2 ng/L 5 ng/L
	Iracoubo aval (ET)	Hexachlorocyclohexane	3 ng/L (SBSE)	20 ng/L	2 ng/L
	Kaw aval (ET)	Hexachlorocyclohexane	7 ng/L (SBSE)	20 ng/L	2 ng/L
	Regina aval (ET)	Hexachlorocyclohexane	9 ng/L (SBSE)	20 ng/L	2 ng/L
	Kourou (ET)	Benzo(g,h,i)perylène + Indeno(1,2,3-cd)pyrène	36 ng/L (SBSE)	s.o.	2 ng/L

De manière analogue à la surveillance des contaminants chimiques dans la MEC guyanaise, la technique des échantillonneurs passifs fait partie du dispositif de **surveillance chimique DCE des MET préconisé par Marchand (2011)**, et validé par le GT EL Guyane de décembre 2011. La fréquence arrêtée pour ce type de suivi est de deux prélèvements annuels (saison sèche + saison des pluies) sur une année du plan de gestion³⁶, complétée par un prélèvement annuel de sédiment³⁷ sur la même période (cf. tableau 58).

En parallèle et afin de mieux cibler les substances à surveiller par la suite, une approche intensive de recherche de contaminants dans les matrices « eau » et « sédiment », sur des stations situées dans les secteurs les plus anthropisés de chaque MET, a été proposée : une fois par an sur une année du plan de gestion pour le sédiment, et deux fois par an tous les 6 ans (saison sèche et saison des pluies) pour la recherche dans l'eau.

Enfin, un suivi du mercure dans le biote (choix d'un poisson : l'Acoupa rouge (*Cynoscion acoupa*) est recommandé, à raison de 2 échantillonnages annuels (saison sèche + saison de pluie) tous les 3 ans.

Trois raisons principales motivent le suivi du mercure dans cette matrice :

³⁶ **NB** : les obligations de la DCE pour le suivi chimique imposent un contrôle de surveillance de l'eau durant une année avec une fréquence mensuelle (12 analyses) sur la durée du plan de gestion (6 ans). Cependant, cette fréquence mensuelle est ramenée à une fois par an dans le biote lorsque les normes sont définies sur cette matrice, ce qui est le cas pour le mercure.

³⁷ Il est recommandé de se conformer au protocole du guide méthodologique de Claisse (2007)

- il constitue en Guyane une problématique particulière de contamination des milieux aquatiques, du fait du fond géochimique important de cet élément dans les sols mais également des activités minières (orpaillage) légales ou illégales pratiquées sur une large partie du territoire du département ;
- ce composant n'est - pour le moment - pas considéré dans le cadre de l'approche « échantillonneur passif » ;
- il existe une norme de qualité environnementale DCE (20 µg/kg) dans le biote (rappel : cette norme DCE est de 0,05 µg/L dans l'eau et la norme OMS est de 500 µg/kg de poids frais).

Dans le cadre du programme de surveillance DCE telle qu'elle est planifiée de manière **opérationnelle**, les échantillonneurs passifs seront déployés sur 9 stations (1 par MET), 2 fois par an à cheval sur les années 2013 et 2014 (DEAL Guyane, *comm. pers.*). La pose des dispositifs sera assurée par la DEAL Guyane, et les analyses confiées à l'Ifremer de la Seyne sur Mer. Dans le cas du sédiment, 1 échantillonnage de sédiment est également prévu sur chacun des 9 estuaires guyanais (échantillonnage DEAL, analyse par un prestataire non défini). Enfin, concernant le mercure dans le biote, le bureau d'études HYDRECO sera en charge des prélèvements et analyses sur les 9 MET à raison de 10 poissons par MET, 2 fois par an.

Signalons également que des échantillonneurs passifs ont été utilisés en fin d'année 2012 dans 3 MET guyanaises (*cf.* figure 18), dans le cadre de l'étude prospective nationale sur les micropolluants commanditée par le Ministère de l'Ecologie. Pour chaque station MET suivie, des systèmes passifs SBSE et POCIS ont été installés puis relevés, avec un échantillonnage complémentaire de sédiment dans le cas de la station située dans la rivière de Cayenne. Cette approche intensive de recherche de contaminants doit cependant être distinguée de la surveillance DCE qui sera mise en œuvre en routine.

TABLEAU 58 : Proposition de Marchand (2011) pour la surveillance chimique des MET (eau, sédiment, biote)

Stratégie de surveillance	Echantillonneurs passifs : DGT, SBSE et POCIS + prélèvement de sédiment	Prélèvements eau et sédiment (analyse intensive)	Cas du mercure dans le biote (poissons)
Objectif de surveillance	DCE	Inventaire exceptionnel	Surveillance DCE
Stations de suivi (*)	Oyapock (1 station), Approuague (1 station), Mahury (1 station), Cayenne (1 station), Kourou (1 station), Sinnamary (1 station), Iracoubo (1 station), Mana (1 station), Maroni (1 station)		9 MET
Nombre d'années de suivi par SDAGE (6 ans)	1 an	1 an	3 ans
Fréquence des contrôles par année	<u>EAU</u> 2 fois : saison sèche et saison des pluies <u>SEDIMENT</u> 1 fois	<u>EAU</u> semestre <u>SEDIMENT</u> annuel	2 fois : saison sèche et saison des pluies

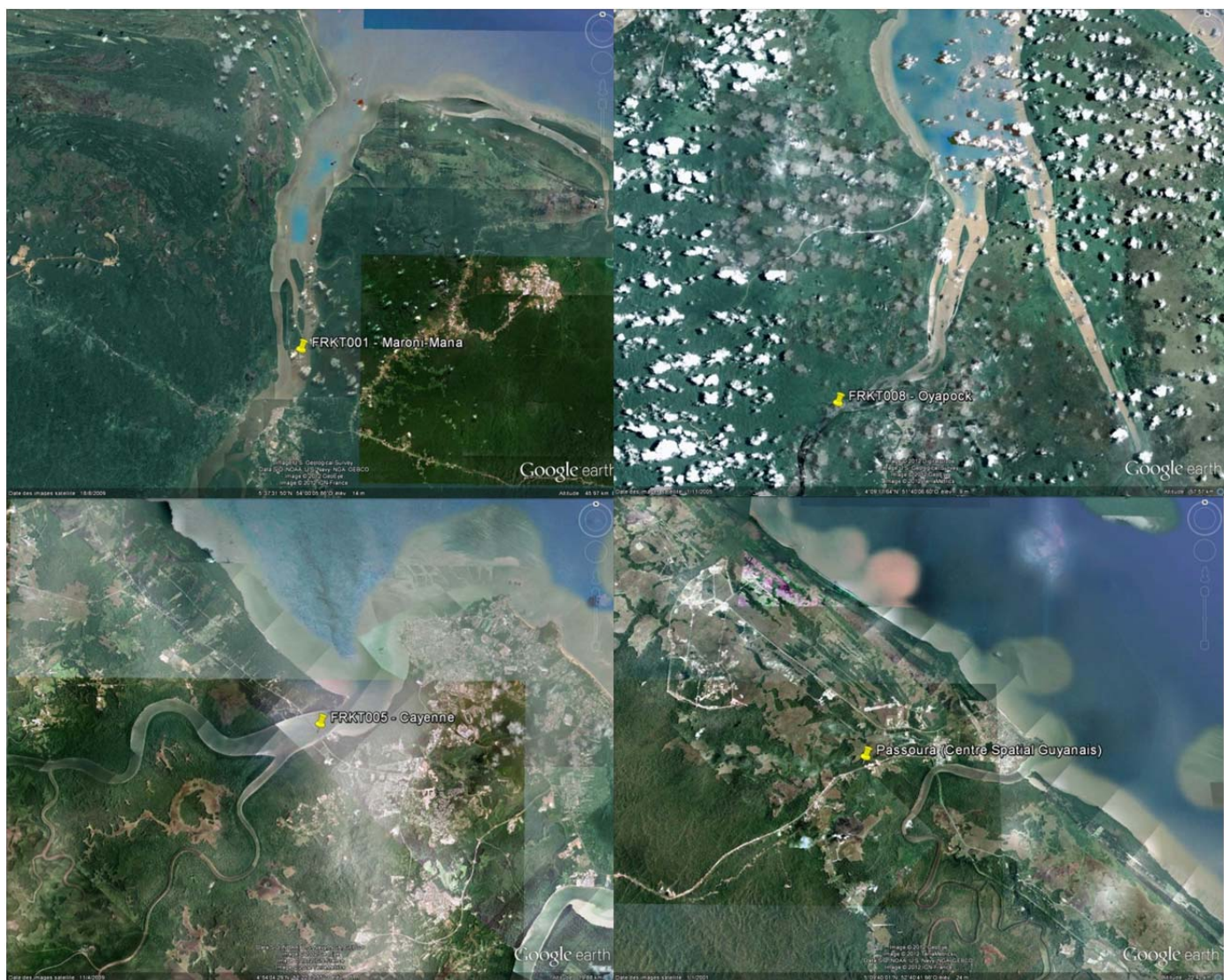


FIGURE 18 : Stations échantillonnées dans le cadre de l' « étude prospective micropolluants » menée en 2012

D. RÉUNION

1. Aspects généraux concernant le littoral réunionnais

1.1. Spécificités géomorphologiques, climatologiques et hydrologiques du milieu littoral réunionnais (BCEOM *et al.*, 2005)

La Réunion est une île volcanique de forme grossièrement elliptique, située dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien entre l'équateur et le tropique du Capricorne. Cette île fait partie, avec les îles Maurice et Rodrigues, de l'archipel des Mascareignes. D'une longueur maximale de 70 km pour une surface de 2512 km², la Réunion est à la fois tropicale et montagneuse car l'île constitue la partie émergée d'un strato-volcan d'environ 7000 m de hauteur.

Le milieu littoral réunionnais présente les particularités suivantes :

- La configuration massive de l'île ne laisse aux côtes, peu découpées, qu'un développement de 207 km. Les plages ne s'étendent que sur 40 km : elles peuvent être ouvertes sur l'océan, ou à l'abri de récifs coralliens qui se distribuent de manière discontinue sur 25 km le long du littoral occidental de l'île,
- La Réunion est soumise à un climat tropical humide marqué, notamment, par un cycle annuel³⁸ :
 - En termes de pluviométrie, il existe deux saisons marquées :
 - la saison "des pluies" ou saison "humide" (de janvier à mars),
 - la saison "sèche" (de mai à novembre), où les précipitations restent tout de même importantes sur la partie Est de l'île et notamment sur les flancs du volcan,
 - par ailleurs, l'intersaison (mois d'avril et de décembre) est une période de transition présentant des pluviométries inégales d'une année sur l'autre.
 - En termes de température, il existe deux grandes saisons :
 - la saison fraîche (de mai à octobre),
 - la saison chaude (de novembre à avril).
- Les précipitations constituent, à la Réunion, le phénomène météorologique le plus remarquable : en effet, l'île possède tous les records mondiaux de pluviométrie pour les périodes comprises entre 12h et 15 jours. Il existe de plus une importante dissymétrie entre l'Ouest peu arrosé, et l'Est de l'île qui est très arrosé (jusqu'à plus de 10 mètres/an).
- La saison chaude est propice à la formation de nombreuses perturbations tropicales dont les manifestations les plus extrêmes sont les cyclones, qui s'accompagnent de précipitations très abondantes (jusqu'à plus de 6 m en quelques jours) et de vents très violents.
- Le réseau hydrographique est excessivement dense. Les rivières adoptent généralement un écoulement torrentiel du fait de la forte pente des terrains qu'elles traversent, et l'eau est donc rapidement évacuée vers l'océan. La période des hautes eaux se situe au milieu de la saison chaude (de janvier à mars), et les basses eaux à la fin de la saison fraîche (de septembre à décembre).

³⁸ Atlas Climatique de La Réunion. Météo France. 2011 / ISBN 978-2-11-128623-8

1.2. Pressions anthropiques sur le littoral

Les principales sources de perturbation influençant la qualité du milieu littoral à la Réunion et identifiées lors de l'état des lieux de 2005 sont :

- La densité de population, qui se concentre sur la frange littorale de l'île très anthropisée et urbanisée (imperméabilisation des surfaces et ruissellement direct des polluants),
- Les rejets d'eaux usées domestiques, à partir des STEU voire non traités, à l'origine notamment d'apports de MES, de matières organiques, de nutriments et bactéries aux milieux aquatiques,
- Les rejets d'origine agricole, sources en particulier d'apports de nutriments, de phytosanitaires et de MES,
- Les activités industrielles, essentiellement localisées à Saint Denis, Saint Louis, Saint Pierre ou encore sur le site industriel et portuaire de la Possession,
- Le tourisme et les divers loisirs sur les récifs coralliens (piétinement, érosion...),
- La surexploitation des secteurs récifaux et non-récifaux par les activités de pêche.

2. Le volet littoral de la DCE à la Réunion

2.1. Caractéristiques des masses d'eau littorales (Ropert *et al.*, 2012)

A La Réunion, aucun des facteurs "obligatoires" au sens de la DCE ne permet de découper le littoral : la salinité est homogène, le marnage faible (amplitude inférieure à 80 cm), et le trait de côte circulaire ne peut être discriminé en longitude et latitude.

Malgré le peu de données disponibles à l'époque, un premier découpage du littoral réunionnais en 13 masses d'eau (9 masses d'eau côtières et 4 masses d'eau dites « récifales » ou MER) a été proposé (Lazure, 2004) en confrontant les connaissances de différents experts locaux (scientifiques, pêcheurs, usagers,...).

Puis, au regard des différents travaux entrepris depuis³⁹, la typologie et le découpage de ces masses d'eau ont pu être précisés : ces nouveaux éléments de connaissance ont notamment permis de renseigner plus objectivement certaines informations qui ne reposaient en 2004 que sur le « dire d'experts ».

Au moment de l'état des lieux DCE⁴⁰ (BCEOM, 2005), 10 masses d'eau littorales réunionnaises sur 13 avaient été évaluées en état « moyen ».

Dans le document du SDAGE 2010-2015, les deux masses d'eau « Saint Suzanne/Grande Chaloupe » et « Grande-Chaloupe/Pointe des Galets » disposent d'une dérogation à l'atteinte du bon état en 2015, en raison d'un projet d'infrastructure routière sur ce littoral.

³⁹ cf. § 2.1.1.

⁴⁰ Le premier état des lieux du district hydrographique de la Réunion a été approuvé par le Comité de bassin en mars 2005 puis consolidé en novembre 2007

2.1.1. Projets menés depuis 2004

❖ **CARTOMAR (DIREN/BRGM/ARVAM), 2008**

Le projet CARTOMAR (Guennoc *et al.*, 2008) a permis de réaliser une cartographie des différents substrats dans les zones littorales réunionnaises entre 20 et 100 mètres de profondeur. La nature de ces fonds (meubles/durs) ainsi que les grands faciès sédimentaires (depuis les sables grossiers jusqu'aux sédiments vaseux) ont ainsi été renseignés sur une bonne partie des zones côtières autour de l'île.

❖ **HYDRORUN (Ifremer/CR 974/OLE/DELA/FEDER), 2012⁴¹**

Le projet HYDRORUN visait à développer une plateforme de modélisation hydrodynamique couvrant l'ensemble du littoral Réunionnais. Ce travail a permis de réaliser une synthèse bathymétrique fine des fonds côtiers de l'île de La Réunion. A l'échelle des masses d'eau, des synthèses annuelles et saisonnières de houles, courants et températures ont également été générées.

La plate-forme Web de pilotage de ces modèles numériques permettra, entre autre, de simuler les champs de courants (vitesse, direction), d'appréhender le devenir de rejets en mer (panaches de dispersion, dilution et diffusion de ces rejets), de calculer des trajectoires de particules dérivantes, ou encore d'évaluer des temps de résidence.

❖ **SPECTRHABENT (DEAL/Ifremer/AAMP), 2012⁴²**

Le projet SPECTRHABENT a démarré pour une durée de 3 ans en 2009, à l'occasion des campagnes Litto3D (DEAL/SHOM/IGN) : des acquisitions d'images hyperspectrales sont venues compléter les mesures LIDAR initiales. L'intérêt majeur de ces images réside dans la capacité de pénétration du signal dans la colonne d'eau. Les résultats obtenus permettent dès lors de générer de nouvelles images, issues de la réflectance des fonds jusqu'à des profondeurs de 25 à 40 mètres : elles permettent ainsi de disposer d'images géo-référencées de l'ensemble des structures bio-construites caractérisant les plateformes récifales.

2.1.2. Typologie des masses d'eau (révisée en 2012, Ropert *et al.*, 2012)

Les éléments de connaissance pris en compte pour mettre à jour la nouvelle typologie reposent en priorité sur la **bathymétrie**, la **nature des fonds** et l'**exposition aux houles**.

Quatre grands profils de typologie ont ainsi été distingués à l'échelle des masses d'eau côtières (*cf.* FIGURE 119 et tableau 59) :

- **Type 1** = côte Nord-Nord-Ouest, caractérisée par une bathymétrie faible (53 m en moyenne au Nord) à moyenne (121 m en moyenne au Nord-Ouest). Cette côte est exposée aux houles cycloniques (jusqu'à 12 m maximum) et est abritée des houles australes (3 à 5 m maximum). La nature des fonds est très majoritairement meuble et de nature sablo-vaseuse.
- **Type 2** = côte Est, présentant une bathymétrie moyenne (139 m) à forte (265 m), du Nord au Sud. Le substrat de cette côte est plutôt hétérogène (meuble avec des patchs rocheux au Nord vs principalement rocheux au sud). Ce secteur est très exposé aux houles cycloniques (jusqu'à 13 m maximum) et plus abritée des houles australes (8 à 5 m).

⁴¹ <http://www.ifremer.fr/lareunion/Les-projets/HYDRORUN>, rapport en cours de rédaction

⁴² Rapport en cours de rédaction

- **Type 3** = côte Sud, caractérisée par de fortes pentes (fonds > 200 m en moyenne) et de nature principalement rocheuse. Les vagues y présentent les hauteurs moyennes les plus importantes de l'île, témoignant de la particularité de l'exposition aux alizés dont l'intensité est la plus forte dans ce secteur.
- **Type 4** = côte Ouest présentant des fonds moyens (75 à 92 m). Cette côte est exposée aux houles australes (près de 10 m au maximum), et pas ou peu aux houles cycloniques (7 m au maximum). Elle réunit l'ensemble des conditions hydrodynamiques les plus favorables au développement des récifs coralliens. A faible profondeur (< 30 - 40 m), les fonds sont de types durs (directement issus de la fin des pentes externes) puis deviennent sableux au-delà de 30 à 40 m.

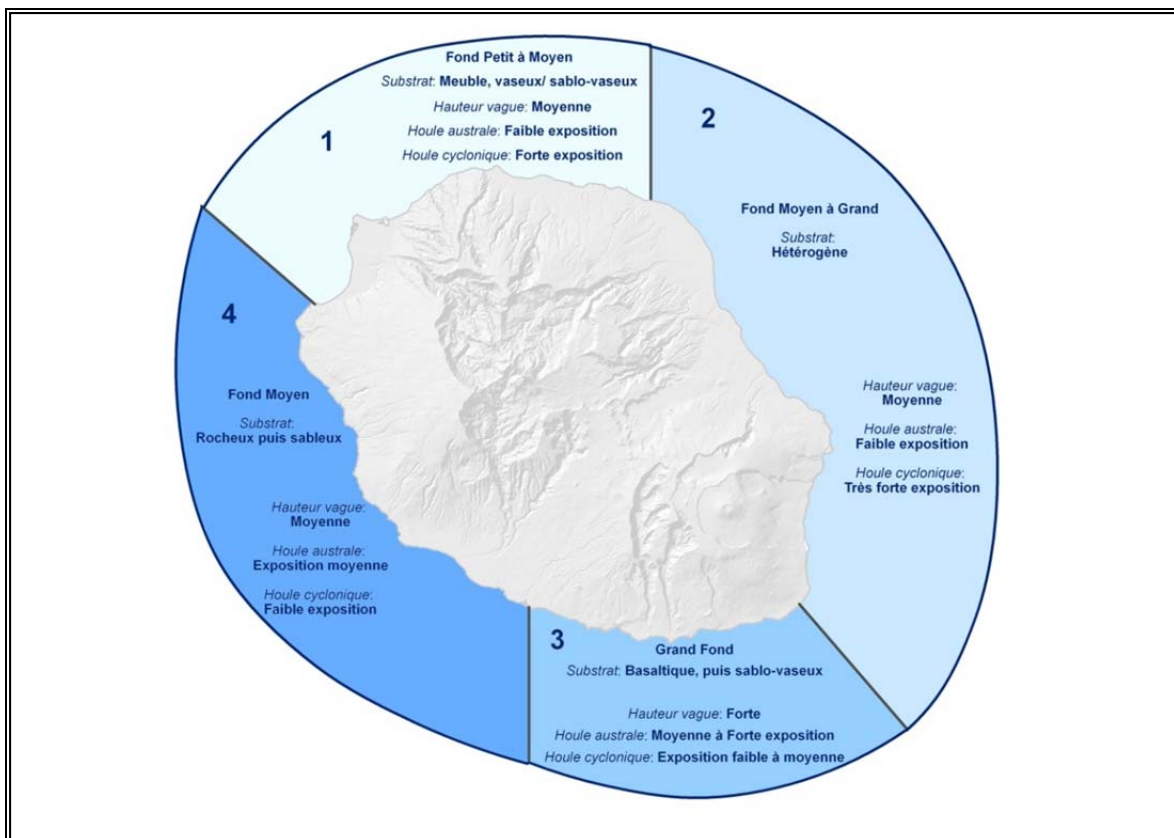


FIGURE 119 : Schéma des 4 profils rencontrés autour de La Réunion, basés sur : la nature du fond, la profondeur et l'exposition aux vagues

A noter qu'au sein de cette typologie, les masses d'eau récifales (MER) constituent des entités propres (**type 5**). En effet la présence de récifs frangeants constitue, à La Réunion, une spécificité tout à fait particulière qui a motivé la distinction de ces masses d'eau en un type distinct.

2.1.3. Découpage des masses d'eau 2012

La figure 19 schématise les grandes typologies observées autour de l'île, et met en évidence quatre points de rupture qui justifient la présence de limites pour les masses d'eau :

- Sainte-Suzanne sépare le type 1 du type 2, en fonction de critères bathymétriques, de nature des fonds et d'exposition,
- Saint-Philippe "La Porte", seule limite n'existant pas dans le découpage 2004, sépare désormais le type 2 du type 3 sur la base de critères hydrodynamiques et bathymétriques,

- Les types 3 et 4 se différencient au niveau de Saint-Pierre, du fait d'un changement dans la nature des fonds et la bathymétrie,
- Au niveau du cap La Houssaye, une limite entre les types 1 et 4 est identifiée sur la base de critères hydrodynamiques (courantologie et exposition aux houles).

Les grands types présentés sur la figure 19 sont essentiellement liés aux variations d'exposition aux houles océaniques. Cependant, à l'intérieur de ces grandes catégories, des différences sont observées et justifient une séparation en plusieurs masses d'eau.

Au sein du type 1 (secteur nord-ouest, cf. figure 20), le redécoupage des masses d'eau proposé permet d'en distinguer trois de l'Ouest vers l'Est de l'île :

- **LC07** : du Cap La Houssaye à la Pointe des Galets (ex-LC04). C'est la seule masse d'eau susceptible de présenter un temps de résidence significatif par rapport à toutes les autres.
- **LC08** : de la Pointe des Galets au Barachois (ex-LC02 + 1 partie de l'ex-LC01). Cette masse d'eau étendue couvre la baie de la possession et l'intégralité des falaises littorales jusqu'à St Denis. Elle se caractérise par une grande homogénéité hydrodynamique (courant, houle), mais présente la particularité d'être intégralement constituée de fonds meubles (vaseux à sablo-vaseux).
- **LC01** : du Barachois à Sainte-Suzanne (partie de l'ex-LC01). Cette troisième masse d'eau appartenant au type 1 se distingue des 2 autres par le caractère presque intégralement urbanisé de son littoral.

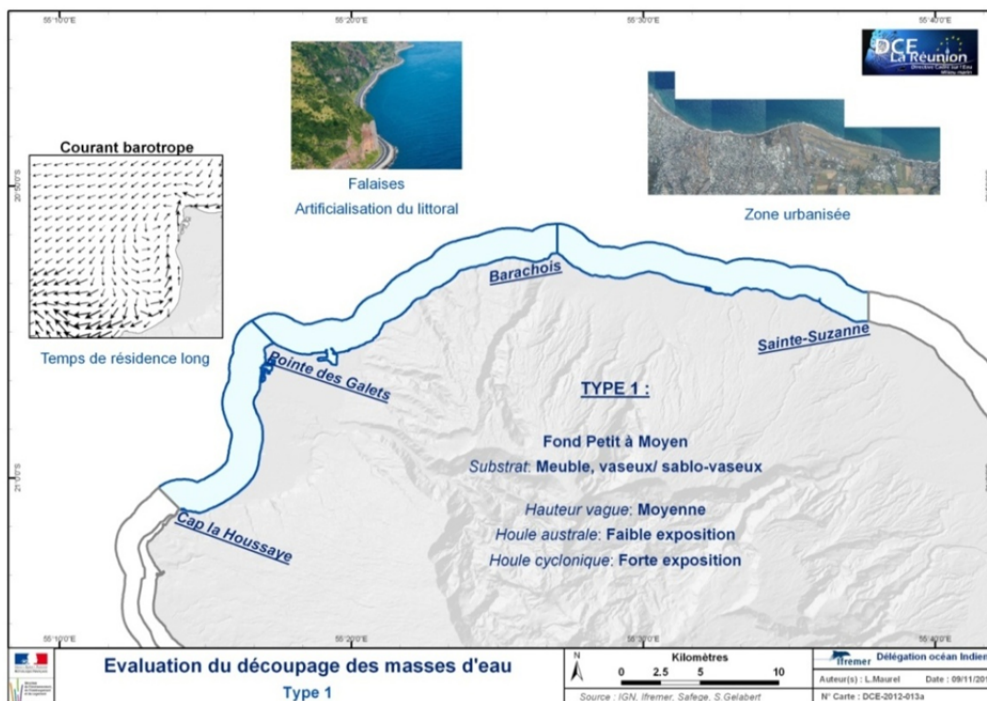


FIGURE 120 : Zoom sur les masses d'eau associées à la typologie 1, et caractéristiques de chacune au sein de ce type

Pour le type 2 (secteur Est de l'île, cf. figure 21), le redécoupage proposé en 2012 permet de distinguer deux masses d'eau, respectivement du Nord au Sud :

- **LC04** : de Sainte-Suzanne à Sainte-Rose (ex-LC03). La nature des fonds de cette masse d'eau est hétérogène. Elle est très exposée aux houles cycloniques.

- **LC05** : de Sainte-Rose à La Porte (une partie de l'ex-LC07). Cette masse d'eau se caractérise par une forte pente (ME la plus profonde) et des fonds de nature basaltique.

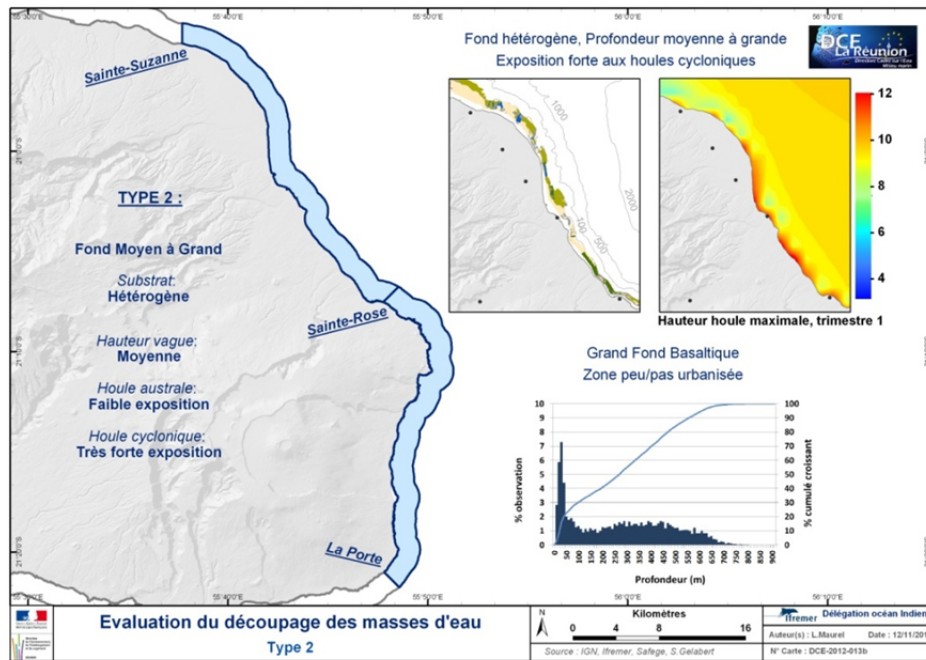


FIGURE 21 : Zoom sur les masses d'eau associées à la typologie 2, et caractéristiques de chacune au sein de ce type

La définition du type 3 (secteur Sud de l'île, cf. figure 22) découle de l'ajustement réalisé précédemment pour le type 2, qui consistait à définir une limite au niveau de Saint-Philippe (La Porte). Il a ainsi été décidé de ne définir qu'une seule masse d'eau dans la partie Sud de l'île (LC04 - ex LC12 et 13), présentant une homogénéité tant en termes d'exposition, de types de fonds, que de pente.

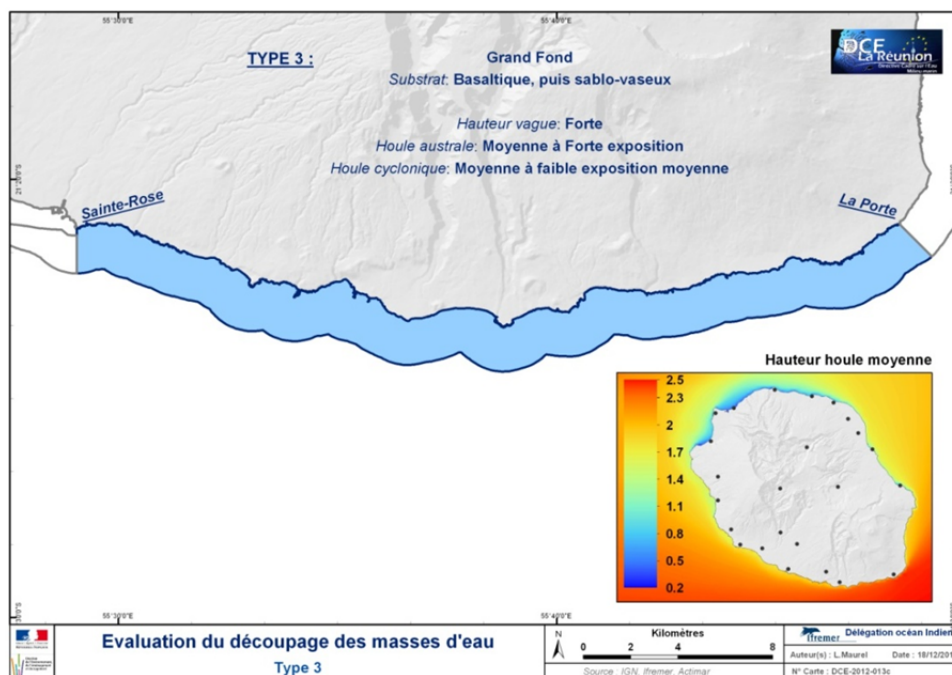


FIGURE 22 : Zoom sur les masses d'eau associées à la typologie 3, et caractéristiques de chacune au sein de ce type

Pour le type 4 (secteur Ouest de l'île, cf. figure 23), la limite du découpage initial de 2004 a été conservée. Ce type inclut les masses d'eau suivantes :

- **LC05** : de Saint-Pierre (La Pointe du Parc) à la Pointe au Sel (ex-LC09). Cette masse d'eau exposée aux alizés (surtout en hiver) présente des courants de surface importants.
- **LC06** : de La Pointe au Sel au Cap La Houssaye (ex-LC05), protégée des alizés.

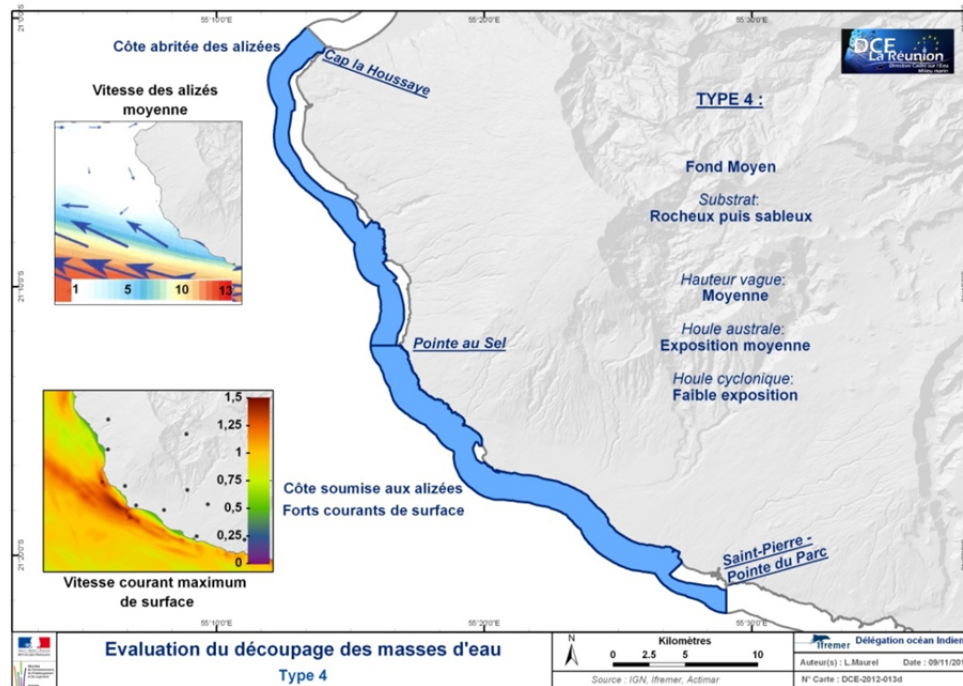


FIGURE 23 : Zoom sur les masses d'eau associées à la typologie 4, et caractéristiques de chacune au sein de ce type

Pour le type 5 (masses d'eau récifales), le découpage de 2004 consistait à délimiter les masses d'eau récifales au niveau du front récifal (limite externe du platier, zone de déferlement).

Des anomalies ayant été constatées dans ce découpage (prises en comptes partielles de certaines zones de platier), il est apparu nécessaire de revoir ces limites des masses d'eau récifales (MER), en s'appuyant notamment sur les images hyperspectrales associées aux données litto3D®.

Il a alors été proposé que les MER intègrent les plateformes et leurs pentes externes en tant que socle bio-construit des zones récifales. En effet, la pente externe et la plateforme récifale (platier et dépression d'arrière-récif) forment une unité biologique et géomorphologique indissociable.

La superficie des nouvelles MER a ainsi légèrement augmenté par rapport à celle résultant du découpage de 2004.

Dans un souci d'harmonisation de la mise en œuvre de la DCE à l'échelle du bassin de La Réunion (Terre/Mer), ce redécoupage des ME littorales s'accompagne d'une proposition de modification de leur mode d'identification. Aussi, en cohérence avec la méthode appliquée aux ME continentales réunionnaises, la numérotation a été effectuée par incrémentation des masses d'eau dans le sens horaire en partant du nord positionné à St Denis (cf. figure 24 et tableau 59).

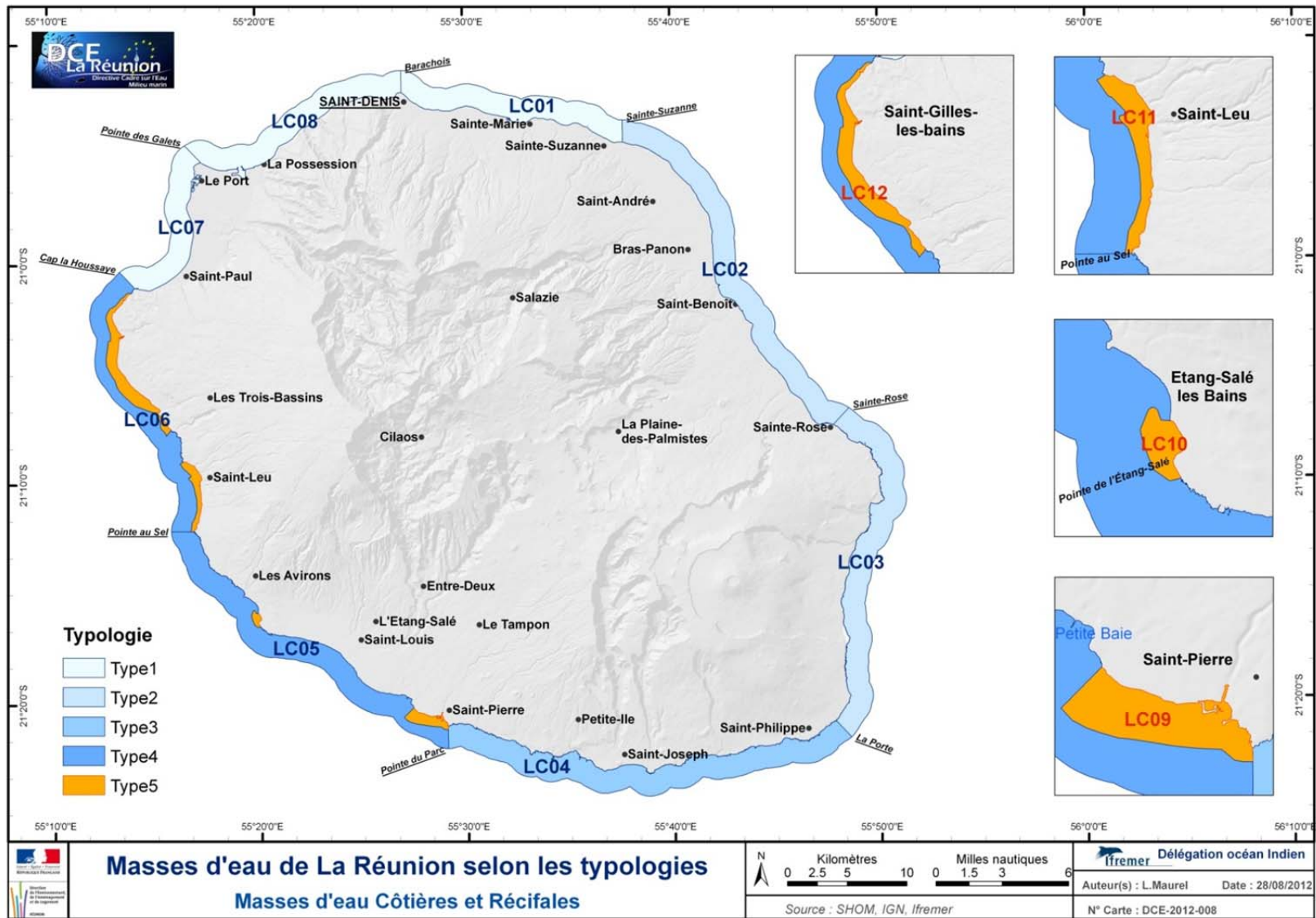


FIGURE 24 : Découpage des masses d'eau 2012, et typologie associée

TABLEAU 59 : Typologie des masses d'eau littorales réunionnaises et caractéristiques associées

Typologie	Masses d'eau	Nom	Limites	Nature des fonds	Bathymétrie (Moyenne)		Hauteur moyenne des vagues (Moyenne)		Exposition particulière aux :				
									Houles australes (maximum modélisé)		Houles cycloniques (maximum modélisé)		
Type 1	LC01	Saint-Denis	Barachois - Sainte-Suzanne	Meuble, sablo-vaseux	Petit fond à moyen	53m	Faible	1,0m	Faible	3,4m	Moyenne à Forte	12,0 m	
	LC07	Saint-Paul	Cap La Houssaye - Pointe des Galets			121m		0,9m				5,2m	10,1 m
	LC08	Le Port	Pointe des Galets - Barachois			78m		0,8m				3,7m	11,3 m
Type 2	LC02	Saint-Benoit	Sainte-Suzanne - Sainte-Rose	Hétérogène	Fond Moyen à Grand	139m	Moyenne à forte	1,4m	Faible à Moyenne	5,0m	Forte	13,3 m	
	LC03	Volcan	Sainte-Rose - La Porte			265m		1,8m				8,0m	13,4 m
Type 3	LC04	Saint-Joseph	La Porte - Pointe du Parc	Basaltique puis sablo-vaseux	Grand Fond	207m	Très forte	2,0m	Moyenne à Forte	10,9 m	Moyenne	10,0 m	
Type 4	LC05	Saint-Louis	Pointe du Parc - Pointe au Sel	Basaltique puis sableux	Fond Moyen	92m	Moyenne à forte	1,7m	Moyenne à Forte	9,8m	Faible à Moyenne	6,4m	
	LC06	Ouest	Pointe au Sel - Cap La Houssaye			75m		1,4m				8,8m	7,4m
Type 5	LC09	Saint-Pierre	Zone récifale - Saint-Pierre	Récif corallien	Petit Fond		Moyenne/ Forte		Moyenne		Faible		
	LC10	Etang-Salé	Zone récifale - Etang-Salé										
	LC11	Saint-Leu	Zone récifale - Saint-Leu										
	LC12	Saint-Gilles	Zone récifale - Saint-Gilles										

2.2. Surveillance des masses d'eau au titre de la DCE

Dans le cadre de mise en œuvre de la DCE à La Réunion, 4 réseaux de contrôle de surveillance ont été définis. Ils portent sur la physico-chimie et le phytoplancton, sur les niveaux de contamination chimique (substances), sur le benthos de substrats meubles, et enfin sur le benthos de substrats durs (récifs coralliens).

La définition de ces 4 réseaux, réalisée dans le cadre du projet "Bon Etat II", s'est appuyée notamment sur quatre groupes de travail thématiques regroupant les experts scientifiques locaux (Université de La Réunion-laboratoire ECOMAR, IRD, GIP RNMR, ARVAM, PARETO, AAMP, DEAL, Ifremer), ainsi que des référents nationaux basés en métropole.

Ces groupes de travail ont été créés avec pour missions respectives :

- d'identifier les données déjà acquises et utiles à la démarche DCE, à bancariser sous Quadrige²,
- de retenir les paramètres et définir les métriques pertinentes, c'est à dire permettant d'élaborer des indicateurs d'état des masses d'eau simples à mettre en œuvre,
- de définir le réseau de contrôle de Surveillance (RCS) en termes de : choix des protocoles de prélèvement et d'analyse, choix des paramètres et des matrices, positionnement des stations, fréquences et périodicité des suivis, etc....

Ces quatre GT ont, par ailleurs, été associés aux réflexions ayant amené au redécoupage des masses d'eau présenté au paragraphe précédent.

Les propositions des quatre GT relatives aux données à bancariser, au choix ou à l'adaptation des indicateurs, au positionnement des points de suivi et aux fréquences d'échantillonnage, *i.e.* aux quatre réseaux du contrôle de surveillance, ainsi qu'aux compléments de connaissance à acquérir, sont repris dans le rapport "Bon Etat II" et font, pour chacun d'eux, l'objet d'un fascicule technique.

L'objectif de ces fascicules est de constituer les supports techniques des méthodes et des référentiels, pour la réalisation de chacun des réseaux. Ils précisent les protocoles de prélèvement, d'analyse, de bancarisation, de synthèse et de diffusion des données. Ces fascicules peuvent, de ce fait, être utiles à la définition du cahier des clauses techniques particulières du/des maîtres d'ouvrages des RCS DCE (DEAL puis Office de l'Eau).

2.2.1. Surveillance des éléments de qualité biologiques et des paramètres physico-chimiques soutenant la biologie

❖ **Phytoplancton et paramètres physico-chimiques associés (d'après GT DCE Réunion «physico-chimie et phytoplancton », 2012)**

Le GT "physico-chimie et phytoplancton" de La Réunion a retenu, en tant que données "pertinentes" pour ses différentes missions :

- les données acquises dans le cadre du RNO-Hydrologie de La Réunion, entre 2002 et 2006 (Cuet *et al.*, 2006),
- les données acquises depuis 2008 dans le cadre du réseau de préfiguration du Réseau Hydrologique de La Réunion - RHLR (DEAL/ARVAM),
- les données du programme PHYTORUN (Turquet *et al.*, 2008),

- les données de température acquises par Conand et *al.* en sub-surface, dans le cadre notamment du suivi des phénomènes de blanchissement corallien.

En ce qui concerne les paramètres, fréquence et période de suivi (*cf.* tableau 60), la surveillance est conforme aux préconisations figurant dans l'arrêté du 25 Janvier 2010⁴³, modifié par l'arrêté du 29 Juillet 2011⁴⁴ relatif au programme de surveillance DCE.

A noter que les paramètres relatifs à l'abondance et la composition du phytoplancton ne sont suivis que sur 4 lieux de surveillance répartis dans les MECs, et que le paramètre relatif à la biomasse phytoplanctonique est suivi uniquement dans les MECs. En effet, l'échantillonnage dans les MERs est considéré comme non pertinent par le GT "physico-chimie et phytoplancton" de la Réunion, compte-tenu de la variabilité de ce paramètre liée aux phénomènes suivants : broutage du phytoplancton par les organismes benthiques, intensité lumineuse très forte et faible profondeur entraînant une dégradation de la chlorophylle *a*, et enfin décrochage du microphytobenthos lors des épisodes de fortes houles par exemple.

TABLEAU 60 : Fréquence et période des suivis des paramètres physico-chimique et phytoplancton

Paramètres	Fréquence	Période
Paramètres généraux		
Oxygène dissous		2 en période fraîche/sèche (juillet et août)
Température	6 / an	2 en début de période chaude/humide (novembre et décembre)
Salinité		2 en période chaude/humide (février et mars)
Transparence		
Nutriments		
Ammonium		2 en période fraîche/sèche (juillet et août)
Nitrate + Nitrite	6 / an	2 en début de période chaude/humide (novembre et décembre)
Nitrite		2 en période chaude/humide (février et mars)
Phosphate		
Silicate		
Phytoplancton		
Chlorophylle a	6 / an	2 en début de période chaude/humide (novembre et décembre)
Biomasse		2 en période chaude/humide (février et mars)
Phytoplancton		
Flore Totale	3 / an	1 en début de période chaude/humide (novembre et décembre)
Abondance / Composition		1 en période chaude/humide (février et mars)

⁴³ Arrêté du 25 Janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement (NOR : DEVO1001031A)

⁴⁴ Arrêté du 29 Juillet 2011 modifiant l'arrêté du 25 Janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement (NOR : DEVL1114000A)

Ce GT a également proposé des **grilles de qualité** (tableau 61), excepté pour les paramètres suivants :

- Salinité : ce paramètre est déclaré non pertinent par les experts nationaux.
- Nutriments : une collaboration entre le GT « Physico-chimie et Phytoplancton » de la Réunion et la coordination nationale pour l'hydrologie de l'Ifremer s'attachera à développer un indicateur en 2013.
- Paramètre abondance de l'EQB « phytoplancton » : les concentrations cellulaires maximales enregistrées à ce jour n'étant que de l'ordre de 10^3 Cell/L, ce paramètre est jugé non pertinent par le GT.
- Paramètre composition de l'EQB « phytoplancton » : ce paramètre est également jugé "non pertinent" par le GT compte-tenu de l'absence de bloom.

TABLEAU 61 : Grilles retenues ou en cours de validation

	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Oxygène dissous (percentile 10)					
Grille – mg/L	> 5	3 - 5	2 - 3	1 - 2	< 1
Transparence (percentile 90) Valeur de référence - Proposition du GT : 0.4					
Grille - NTU	< 0.6	0.6 - 3.0	> 3.0		
Température - Enveloppe MEC Réunion					
Grille - Enveloppe	< 5% en dehors				> 5% en dehors
Biomasse (percentile 90) Ecotype "Océan Indien" - Valeur de référence : 0.4					
Grille - µg/L	< 0.3	0.3 - 0.6	0.6 – 1.2	1.2 – 2.4	> 2.4
RQE	> 0.67	0.67 - 0.44	0.44 - 0.22	0.22 - 0.11	< 0.11

Les **lieux de surveillance** du réseau "physico-chimie et phytoplancton" sont communs aux lieux de surveillance du réseau "contaminants chimiques" (cf. figure 26 et tableau 72).

❖ **Invertébrés benthiques de substrats meubles (d'après GT DCE Réunion "Benthos Substrats Meubles", 2012)**

La réflexion du GT "Benthos substrats meubles" de la Réunion s'est essentiellement appuyée sur :

- les données du projet CARTOMAR (Guennoc *et al.*, 2008), qui ont permis d'établir une cartographie des différents types de fonds sédimentaires et de leur distribution autour de l'île, dans la zone des 20-100m,
- les données acquises en 1996, et valorisées par Lionel Bigot (ECOMAR, Université de la Réunion) dans le cadre de sa thèse sur la distribution spatiale de la macrofaune benthique à la Réunion (Bigot, 2006),
- Les travaux de Bigot *et al.* (2008), qui ont notamment précisé la polluo-sensibilité des espèces benthiques caractéristiques de l'Océan indien,
- des études d'impact ponctuelles,

- des prélèvements réalisés en zones portuaires en 2011, afin d'identifier les secteurs réunionnais les plus dégradés.

La coordination nationale des suivis benthiques au sein de l'Ifremer (cellule REBENT) a retenu le M-AMBI dans le contexte réunionnais, après avoir analysé les différents indices biotiques utilisables, évalué leurs performances respectives, ainsi que leurs limites d'utilisation.

La grille de l'indicateur utilisé en métropole (façade Manche-Atlantique) a été définie pour des eaux tempérées. Le contexte réunionnais, tropical, a induit des adaptations de celle-ci, en fonction des espèces présentes et du rôle respectif qu'elles jouent dans l'écosystème.

L'adaptation du M-AMBI aux peuplements endogés de la Réunion a été réalisée par Lionel Bigot, et a porté sur :

- l'attribution d'une classe de polluo-sensibilité aux espèces tropicales ne figurant pas dans les listes européennes,
- pour certaines espèces considérées par ces listes européennes, un changement de classe de sensibilité aux apports en matière organique, vraisemblablement du fait des conditions hydroclimatiques en zone intertropicale. Ces attributions à des classes de polluo-sensibilité ont donc été réalisées principalement à dire d'expert, à partir des jeux de données disponibles. Cette classification est susceptible d'évoluer très légèrement lorsque le volume de données disponible sera plus conséquent,
- la modification des limites de classes de qualité, par rapport à celles adoptées sur la façade Manche-Atlantique en métropole (cf. tableau 62).

TABLEAU 62 : Limites des 5 classes " DCE " retenues pour l'indicateur M-AMBI à la Réunion (Bigot et al., 2008)

Classe M-AMBI	< 0,20	0,20 - 0,40	0,41 - 0,61	0,62 - 0,82	> 0,82
Etat Ecologique	Mauvais	Médiocre	Moyen	Bon	Très bon

Seules les **MEC** sont suivies dans le cadre du réseau "Benthos de substrats meubles". A noter que lorsqu'une masse d'eau comprend plusieurs stations de suivi, la valeur du M-AMBI globale retenue pour cette masse d'eau correspond à la moyenne des valeurs déterminées sur chacune de ces stations.

En effet, face à la carence en données et afin d'étoffer la connaissance, le GT "Benthos de substrats meubles" a estimé qu'il était nécessaire de maintenir le RCS sur l'ensemble des stations présentées dans le tableau 63 **TABLEAU** . Le nombre de lieux de surveillance est ainsi supérieur au nombre de masses d'eau côtières, les résultats issus de CARTOMAR ayant mis en évidence des variations non négligeables au sein d'une même masse d'eau (granulométrie, pourcentage en carbone organique). L'ensemble des stations permet ainsi d'appréhender ces variations en moyennant à l'échelle d'une masse d'eau.

Pour ce qui concerne les fréquences des suivis, le GT s'est conformé aux préconisations figurant dans de l'arrêté surveillance⁴⁵, à savoir une campagne exhaustive tous les 3 ans (2 campagnes par plan de gestion, cf. tableau 64). D'après les données déjà disponibles, le GT considère que la période la plus

⁴⁵ Arrêté du 29 Juillet 2011 modifiant l'arrêté du 25 Janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement (NOR : DEVL1114000A)

intéressante en termes de diversité faunistique et de conditions de navigation se situe entre mars et avril. Les campagnes peuvent néanmoins déborder sur la période comprise entre février et mai, en cas d'impossibilités technique ou météorologique.

TABLEAU 63 : Positionnement des points du suivi "benthos de substrats meubles"

Masse d'eau	Mnémonique Q ²	Lieu de Surveillance
LC01	126-P-091	Saint Denis – Gillot*
LC02	126-P-076	Saint André - Bois Rouge*
	126-P-077	Saint Benoit - Bourbier (Large)*
	126-P-081	Saint Benoit - Bourbier (Côte)
LC03	126-P-079	Sainte Rose - Bassin des Harengs*
LC04	126-P-014	Grande Anse
	126-P-072	Saint Joseph
LC05	126-P-080	Les Avirons - Bois Blanc*
	126-P-082	Saint Louis - Bel Air (Large)*
	126-P-088	Saint Louis - Bel Air (Côte)
LC06	126-P-084	Saint Leu*
LC07	126-P-020	Saint Paul (Large)*
	126-P-083	Saint Paul (Côte)
LC08	126-P-018	La Possession (Large)*
	126-P-078	La Possession (Côte)
	126-P-074	Saint Denis - Barachois (Large)*
	126-P-075	Saint Denis - Barachois(Côte)

NB : * Station historique CARTOMAR 2009

TABLEAU 64 : Fréquence et période des suivis "benthos de substrats meubles"

Matrice	Fréquence	Période
Substrats meubles	1 / 3 ans	sur la période en mars/avril (voire entre février et mai)

❖ **Benthos de substrats durs (d'après GT DCE Réunion "Benthos Substrats Durs", 2012)**

La réflexion du GT "Benthos substrats durs" de la Réunion s'est essentiellement appuyée sur :

- Le suivi GCRMN (Global Coral Reef Monitoring Network) mené par la Réserve Naturelle Marine de la Réunion (RNMR) et mis en place en 1998 dans le cadre d'un suivi pérenne des écosystèmes récifaux. Les 4 masses d'eau récifales sont concernées par ce suivi, qui s'appuie sur 7 stations échantillonnées systématiquement à 2 niveaux : plateforme récifale et pente externe.
- La campagne MSA-Pentes Externes (Medium Scale Approach) de 2009, qui visait à réaliser un échantillonnage exhaustif tout au long des pentes externes de la côte Ouest de l'île. Cet échantillonnage était basé sur l'examen, au sein de quadrats, du recouvrement par le substrat dans un premier temps, puis par les grands groupes fonctionnels d'algues et de coraux dans un second temps.
- Le projet « Bioindication » (Le Goff *et al.*, 2012), visant à définir des indicateurs d'enrichissement en nutriments sur les plateformes récifales dans un premier volet, puis à proposer un indicateur issu du traitement des images hyperspectrales dans un second volet. Ce dernier a permis de réaliser des cartes d'habitats à haute résolution, mettant en évidence la forte hétérogénéité spatiale des plateformes récifales.

Nombre de tests et traitements visant à développer l'indicateur ont été réalisés à partir du jeu de données du réseau GCRMN de la RNMR, afin de retenir les paramètres et grilles présentés dans les tableaux 65 et 66.

TABLEAU 65 : Paramètres et métriques retenus par le GT BSD de la Réunion pour élaborer l'indicateur Pentes Externes

Paramètre	Métrique	Intitulé de l'Indice normalisé
Recouvrement Corail Vivant	Vitalité (%) sur substrat dur (colonisable) Noté : Vitalité corallienne	VITALITE
Recouvrement Acropores	Part d'acropores sur le corail vivant (%) Noté : %CAC	ACROPORES
Recouvrement ACT+ACB	Part d'ACT+ACB au sein des acropores (%) Noté : %ACB+ACT	ACB+ACT
Recouvrement Algues dressées	Part des algues dressées sur le substrat disponible (%) Noté : % Algue dressées	ALGUES DRESSEES
Recouvrement Algues Calcaires	Part des algues calcaires sur le substrat disponible (%) Noté : % Algue calcaires	ALGUES CALCAIRES
Recouvrement Corail mou	Vitalité de corail mou (%) sur le substrat disponible (%) Noté : % Corail Mou	CORAIL MOU

L'indicateur établi à ce jour est donc basé sur les données disponibles, mais il pourra subir des ajustements suite à la première campagne du réseau de contrôle de surveillance, afin de prendre en compte les résultats des paramètres supplémentaires (c'est à dire jamais mesurés jusqu'alors). Pour évaluer l'état de santé du récif, l'indicateur intègre l'ensemble de ces paramètres qui sont pondérés en fonction de leur importance : le recouvrement corallien, à travers la métrique « vitalité », a été privilégié. L'intérêt d'un indicateur intégratif tel qu'il est envisagé dans le cadre de la DCE repose avant tout sur l'indépendance des métriques qui le constituent.

TABLEAU 66 : Paramètres, référentiels et pondérations retenus par le GT BSD de la Réunion pour l'élaboration de l'indicateur DCE Benthos de Substrats Durs adapté aux Pentés externes des récifs frangeants de la Réunion

VITALITE	CAC	ACB+ACT	ALGUE DRESSEE	ALGUE CALCAIRE	CORAIL MOU	
PONDERATION						
10	5	1	2	1	1	
0	0	0	100	0	100	Mauvais
5	5	5	60	5	60	Médiocre
20	20	10	40	20	40	Moyen
40	40	30	20	40	20	Bon
60	60	50	5	60	10	Bon
100	100	100	0	100	0	Très Bon

La valeur finale de l'indicateur est obtenue par calcul de la moyenne de tous les indices normalisés (avec application de leur pondération) :

$$I = \frac{x_1 I_1 + x_2 I_2 + x_3 I_3 + x_4 I_4 + x_5 I_5 + x_6 I_6}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6}$$

Avec x_i = coefficient de pondération appliqué à l'indice du paramètre i

I_i = indice normalisé du paramètre i

L'indicateur varie ainsi de 0 (très bon état) à 5 (mauvais état), et la grille d'interprétation correspondante est présentée dans le tableau 67.

TABLEAU 67 : Grille d'interprétation de l'indicateur « benthos de substrat dur »

Etat	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
INDICATEUR	[0 ; 1]]1 ; 2]]2 ; 3]]3 ; 4]]4 ; 5]

Pour ce qui concerne les **fréquences** des suivis, le GT s'est conformé aux préconisations figurant dans l'arrêté « surveillance », à savoir une campagne exhaustive tous les 3 ans (2 campagnes par plan de gestion).

L'été est plus favorable au développement algal, qui peut représenter une certaine compétition au développement des colonies coralliennes. Ainsi, c'est en appliquant l'indicateur au moment le plus défavorable pour le corail et le plus dégradant pour la qualité de la masse d'eau que l'on se situe au plus près de la réalité. La période d'échantillonnage correspond donc à celle du suivi GCRMN de la RNMR : entre janvier et février (cf. tableau 68).

TABLEAU 6841 : Fréquence et période des suivis "benthos de substrats durs"

Matrice	Fréquence	Période
Substrats durs	1 / 3 ans	sur la période janvier / février

Seules les **pentés externes des MER** sont suivies dans le cadre du réseau "Benthos de substrats durs", qui est tout d'abord constitué de 7 stations réparties dans les quatre masses d'eau récifales et préexistantes dans le cadre du suivi annuel GCRMN de la RNMR : deux stations dans la masse d'eau récifale de Saint-Gilles, deux pour Saint-Leu, une pour Etang-Salé et deux pour Saint-Pierre (cf. tableau 69).

En complément, 7 autres stations seront ajoutées afin de compléter ce réseau de suivi en termes de représentativité de la qualité des masses d'eau. Ces stations devront être positionnées dans les secteurs préconisés par le GT "Benthos de substrats durs" de la Réunion et situées autour des isobathes 9-12 mètres (deux stations à Saint-Gilles, trois à Saint-Leu, une à Etang-Salé et une à Saint-Pierre).

TABLEAU 69 : Positionnement des points du suivi "benthos de substrats durs"

Masse d'eau	Mnémorique Q ²	Lieu de Surveillance
LC09	126-P-039	Alizé Plage (Pente externe)
	126-P-038	La Ravine Blanche (Pente externe)
LC10	126-P-035	Le Bassin pirogue - Etang salé (Pente externe)
LC11	126-P-030	La Corne (Pente externe)
	126-P-033	La Varangue (Pente externe)
LC12	126-P-029	Planch'Alizés (Pente externe)
	126-P-026	Le Toboggan - Trois chameaux (Pente externe)

2.2.2. Surveillance chimique (d'après GT DCE Réunion "Contaminants Chimiques", 2012)

Le GT « chimie » de la Réunion a retenu comme données « pertinentes » pour ses différentes missions :

- Les données sur les coquillages issues du programme MODIOLE (Turquet *et al.*, 2008),
- Les données « échantillonneurs passifs » du programme PEPS (Gonzalez *et al.*, 2009a & 2009b).

A noter que par rapport à la liste réglementaire de 41 substances ou groupe de substances à utiliser au titre de l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau, la liste des substances à suivre à la Réunion est complétée par **9 substances spécifiques "locales"** (Bocquené *et al.*, 2011 et Turquet *et al.* dans le cadre du projet ERICOR, 2010).

L'analyse des rapports mentionnés ci-dessus a amené le GT « chimie » de la Réunion à préconiser :

- de ne pas utiliser les sédiments comme matrice pour le réseau du contrôle de surveillance à la Réunion, du fait de leur très grande instabilité liée aux très fortes houles (cycloniques ou australes en période hivernale) qui génèrent des remaniements importants des fonds meubles jusqu'à des profondeurs de 30 voire 40 mètres. Ainsi, la fraction fine du sédiment

(argiles, vases et limons) située dans le centimètre supérieur de la couche sédimentaire, visée par l'échantillonnage, n'est plus représentative du site étudié.

- de retenir la matrice biote, en s'appuyant sur la technique du caging de modioles,
- d'utiliser de manière systématique des échantillonneurs passifs pour réaliser les suivis dans l'eau.

Le choix de la matrice la plus pertinente pour la surveillance (biote ou eau *via* les échantillonneurs passifs) dépend des contaminants considérés, et plus précisément de leur affinité pour l'une ou l'autre matrice en fonction de leurs propriétés physico-chimiques (Log Kow⁴⁶, cf. tableau 70).

TABLEAU 70 : Comportement biogéochimique des molécules et matrice(s) optimale(s) pour leur surveillance (hors sédiment, non pertinent à la Réunion)

Log Kow	Caractère de la molécule	Matrice optimale
< 3	hydrophile	eau
3 < Log Kow ≤ 5	intermédiaire	eau, sédiment et biote
> 5	hydrophobe	eau (par SBSE uniquement), sédiment et biote

En ce qui concerne la fréquence des suivis, le GT s'est conformé aux préconisations figurant dans l'arrêté « surveillance » pour la matrice « biote », mais a adapté le suivi pour la matrice « eau » compte-tenu de l'utilisation des échantillonneurs passifs.

Ainsi, au lieu d'un suivi mensuel sur une année du plan de gestion, la fréquence retenue est la suivante (cf. tableau 71) :

- 2 fois par plan de gestion pour les différents matrices, en se calant sur le suivi dans le biote,
- 3 fois par an pour les échantillonneurs intégrateurs (DGT/POCIS) et 6 fois par an pour l'autre type d'échantillonneur passif (SBSE).

Les lieux de surveillance du réseau "contaminants chimiques" sont communs aux lieux de surveillance du réseau "physico-chimie et phytoplancton" (cf. figure 26 et tableau 72).

TABLEAU 7142 : Fréquence et période des suivis des paramètres contaminants chimiques

Matrice	Fréquence	Période
Eau DGT/POCIS	2 / an	1 en période chaude/humide (janvier/février) 1 en période fraîche/sèche (juin/juillet)
Eau SBSE	6 / an	2 en période fraîche/sèche (juillet et août) 2 en début de saison chaude/humide (novembre et décembre) 2 en période chaude/humide (février et mars)
Biote Modiole	2 / an	1 en période chaude/humide Avec pose en décembre/janvier et relevage février/mars : 3 mois

⁴⁶ Le coefficient de partage octanol-eau (Kow) est une mesure de la solubilité différentielle de composés chimiques dans un volume connu de deux solvants, l'octanol et l'eau. La valeur obtenue permet d'appréhender le caractère hydrophile ou hydrophobe d'une molécule et donc de déterminer la matrice qui sera la plus adaptée pour sa mesure.

Signalons également que des échantillonneurs passifs ont été utilisés en septembre 2012 dans 3 masses d'eau réunionnaises (FRLC01, FRLC05 et FRLC12 : cf. figure 25), dans le cadre de l'étude prospective nationale sur les micropolluants commanditée par le Ministère de l'Ecologie. Pour chacune des stations suivies, des systèmes passifs SBSE et POCIS ont été installés puis relevés par l'ARVAM.



FIGURE 25 : Situation des stations échantillonnées à la Réunion dans le cadre de la campagne prospective sur les micropolluants

2.2.3. Positionnement des lieux de surveillance

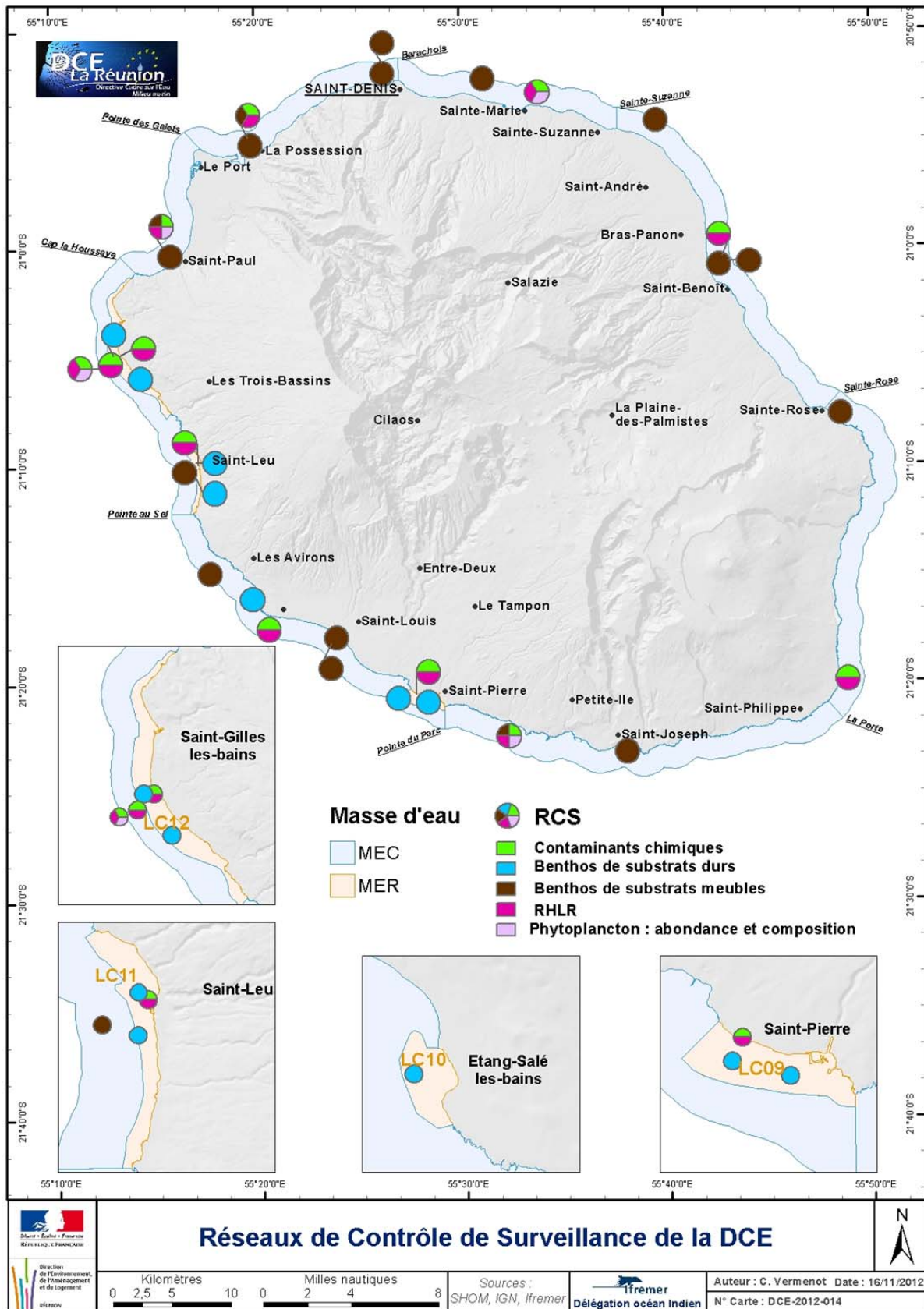


FIGURE 26 : Carte de situation des points de suivis à la Réunion, en fonction des EQB

**TABLEAU 72 : Points du suivi "physico-chimique et phytoplancton"
et « contaminants chimiques »**

Masse d'eau	Mnémonique Q ²	Lieu de Surveillance
LC01	126-P-006	Sainte-Marie
LC02	126-P-005	Saint-Benoit
LC03	126-P-003	Pointe de la Table
LC04	126-P-014	Grande Anse
LC05	126-P-021	Saint-Louis
LC06	126-P-073	Ermitage
LC06	126-P-016	Large Ermitage
LC07	126-P-020	Saint-Paul (Large)
LC08	126-P-018	La Possession (Large)
LC09	126-P-013	Lagon Saint Pierre Ravine Blanche
LC10	126-P-034	Le Bassin pirogue - Etang salé (Platier)
LC11	126-P-012	Lagon Saint Leu Corne
LC12	126-P-010	Lagon Saint-Gilles-les-Bains

2.2.4. Préconisations des groupes de travail « DCE » de la Réunion

a) Paramètres physico-chimiques

❖ Oxygène dissous

Le GT « physico-chimie et phytoplancton » de la Réunion a rappelé que ce paramètre connaît d'importantes variations (notamment nycthémérales)⁴⁷ au sein des zones récifales, et a recommandé que des sondes enregistrant l'oxygène en continu soient déployées afin de mieux appréhender ces variations. En fonction des premiers résultats obtenus, le protocole de suivi DCE de ce paramètre (et, *a minima*, de la température) dans les 4 masses d'eau récifales pourrait être revu et reposer sur **l'utilisation pérenne de sondes haute fréquence**. La phase pilote de ce déploiement pourrait s'inscrire dans le cadre d'un contrôle « d'enquête » tel que défini par la DCE.

❖ Température

Le GT correspondant a indiqué qu'il existe une différence marquée entre la température dans les MER et la température dans les MEC. Actuellement, la définition d'une enveloppe de référence dans les MER est cependant impossible, compte-tenu du faible volume de données disponible.

⁴⁷ Variation nycthémérales = variation entre le jour et la nuit.

Le GT a toutefois rappelé l'impact reconnu de ce paramètre sur le corail : au-dessus de 29°C (sur des durées définies) le phénomène de blanchissement corallien s'enclenche, et peut aller jusqu'à la mort du corail. Il estime par conséquent que cette température « limite » méritera très vraisemblablement et après quelques années de suivi d'être prise en compte dans l'indicateur température DCE à la Réunion. Un indicateur parfaitement adapté localement pourrait résulter d'une combinaison de l'indicateur DCE actuel, et du "Degree Heating Weeks" ("anomalie hebdomadaire de température"⁴⁸), indicateur développé pour le suivi et surtout la prévision du blanchissement corallien.

Le GT a ainsi recommandé de réaliser le suivi de ce paramètre en utilisant des sondes de mesure en continu et *a minima* dans les masses d'eau récifales (même proposition que pour le suivi de l'oxygène dissous).

❖ pH et CO₂

Le pH et la pression partielle de CO₂ ne faisant pas partie des paramètres à suivre au sens de l'annexe 5 de la DCE, ils n'ont pas été utilisés pour élaborer des indicateurs d'état en Europe ou en France métropolitaine. En effet, les volets température/risque de blanchissement, pH, et CO₂, relèvent principalement de la problématique "changement global", et s'écartent à ce titre des objectifs spécifiques de la DCE.

Le GT « physico-chimie et phytoplancton » de la Réunion souhaite néanmoins poursuivre la réflexion et approfondir le travail sur ces paramètres, dans une perspective d'identification d'une source de pression "anthropique de plus grande échelle", susceptible d'être à l'origine d'un dysfonctionnement de l'écosystème. Une telle hypothèse, si elle était confirmée, pourrait, à terme, conduire à déroger au Bon Etat des MER de la Réunion.

Ces paramètres peuvent donc être considérés comme des paramètres explicatifs dans le cadre des suivis du développement corallien, dans la mesure où ils jouent un rôle important dans l'équilibre physico-chimique de l'écosystème lagunaire, en particulier comme paramètres de contrôle de la calcification.

Le GT recommande donc de poursuivre des essais dans le cadre d'un contrôle d'enquête, afin que des sondes de pH, P_{CO2}, température et salinité puissent être testées sur le long terme.

b) Benthos de substrats durs

L'indicateur présenté au paragraphe précédent a été développé à partir des données disponibles sur les pentes externes : il est donc parfaitement adapté pour qualifier l'état écologique de ces pentes externes.

Il ne l'est cependant pas en ce qui concerne les platiers récifaux : selon le GT, il surévalue leur qualité, principalement parce qu'il ne prend pas assez en compte les développements algaux qui sont une manifestation de dystrophie liée à l'augmentation des apports en nutriments (Cuet *et al.*, 1988 ; Naïm, 1993 ; Semple, 1997 ; Chabanet, 1994). Cet enrichissement des plateformes récifales, notamment en azote et dans une moindre mesure en phosphore (Cuet *et al.*, 1988 ; Naïm *et al.*,

⁴⁸ L'anomalie de température est la différence entre la température critique (température mensuelle la plus élevée de l'année type) et la moyenne hebdomadaire des températures mesurées quotidiennement. Cette méthode nécessite une fréquence de mesure de température horaire, permettant de calculer des valeurs moyennes quotidiennes puis hebdomadaires.

2000), provient plus particulièrement des résurgences des nappes phréatiques et a pour origine l'urbanisation de la côte ouest de l'île et le développement des activités anthropiques au sens large.

Afin de proposer un indicateur adapté aux plateformes récifales, un contrôle d'enquête s'avère nécessaire. Celui-ci doit prendre en compte l'apport en nutriments et le développement algal qu'il induit, afin de mettre en évidence les phénomènes de dystrophie néfaste au développement corallien.

Cette augmentation des couvertures algales au détriment des couvertures coralliennes a amené le GT « Benthos de substrats durs » à proposer, en 2009, le lancement d'une étude visant notamment à développer un indicateur spécifiquement adapté aux plateformes récifales. Ce projet intitulé "Bio Indication à la Réunion", financé par l'ONEMA et l'Ifremer, comprenait deux volets.

❖ **Volet 1 : Dystrophie des plateformes récifales**

Le premier volet a été conduit par l'ARVAM (M. Zubia et J. Turquet), assisté par le laboratoire ECOMAR de l'Université de la Réunion (P. Cuet) sur les aspects hydrologiques et par PARETO Ecoconsult (J.B. Nicet) pour le suivi des peuplements coralliens.

❖ **Volet 2 : Utilisation des images hyperspectrales**

Le second volet, conduit par l'Ifremer (T. Bajjouk et J. Populus), avec le soutien de l'AAMP (P. Mouquet), a reposé sur l'utilisation d'images hyperspectrales et de données Lidar acquises dans le cadre des projets Litto3D⁴⁹ et Spectrhabent OI⁵⁰. L'objectif était de réaliser des cartographies utiles à la DCE à la Réunion : couvertures coralliennes et algales, bathymétrie, rugosité des fonds, hétérogénéité spatiale, etc.... Ces cartographies pourront permettre de positionner au mieux les futurs transects de suivi des réseaux du contrôle de surveillance de la DCE, et, le cas échéant, de développer un indicateur de dystrophie.

Ce contrôle d'enquête, largement détaillé dans le rapport Bioindication (Le Goff et al., 2012) devra intégrer en particulier :

- Un suivi des nutriments (afin d'évaluer une potentielle dystrophie locale),
- Un suivi des taxons algaux (méthode des quadrats),
- Un suivi du corail (type L.I.T.),
- Et potentiellement : un suivi du pH et du CO₂, jouant un rôle important dans la calcification corallienne,
- Des images hyperspectrales, permettant d'avoir une vue globale à l'échelle de la masse d'eau et d'en sortir un indicateur.

⁴⁹ Litto3D est un projet financé par l'Etat et mené par le SHOM et l'IGN. Il avait pour objectif de réaliser un MNT altimétrique et bathymétrique continu Terre-Mer sur le pourtour des îles françaises de l'océan Indien (La Réunion, Mayotte, îles Eparses ; projet achevé sur La Réunion, en cours sur les autres îles).

⁵⁰ Spectrhabent OI est un projet Etat (DEAL Réunion), Taaf, Aamp et Ifremer visant à utiliser les données Lidar de Litto3D et des données hyperspectrales acquises lors des survols aériens de Litto3D pour réaliser des cartographies des habitats benthiques subtidiaux du pourtour des îles françaises de l'océan Indien. En cours.

2.2.5. Autres projets liés à la directive cadre sur l'eau

❖ **Atlas DCE**

Les données acquises dans le cadre des réseaux de contrôle de surveillance, et donc bancarisées dans Quadrigé², sont maintenant accessibles *via* une application cartographique interactive "Atlas DCE", à l'image de celles réalisées dès 2009 à l'initiative de l'agence de l'eau Loire-Bretagne, l'agence de l'eau Adour-Garonne et l'Ifremer.

Cet atlas est réalisé sur financement de la DEAL Réunion et de l'Ifremer, et est accessible *via* divers portails dont le site institutionnel Envlit et le site de la Délégation Océan Indien de l'Ifremer (http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/atlas_DCE/Reunion/RUN/carte). Les informations disponibles dans cet atlas sont relatives au découpage et à la typologie des masses d'eau, aux réseaux de contrôle de surveillance (programmes, lieux de surveillance, ...), et à la qualité des masses d'eau côtières et récifales. Il a pour vocation de donner une image de la qualité des masses d'eau à instant donné.

❖ **BD Récif**

Le projet "BD Récif" a pour objectif d'élaborer une base de données relative aux écosystèmes récifaux ultramarins qui soit à la fois :

- sécurisée,
- interopérable avec les outils et portails nationaux existants et en cours de développement :
 - Système d'Information sur l'Eau (SIE), et notamment la base de données Quadrigé²,
 - Système d'Information Nature et Paysage volet Mer (SINPMer),
 - ...
- évolutive :
 - possibilité d'étendre, dans le cadre de l'IFRECOR, les capacités de bancarisation à d'autres thématiques liées aux écosystèmes récifaux (herbiers, mangroves...),
 - plate-forme pilote à l'échelle de l'Océan Indien (Réunion, Mayotte et Iles éparses), ayant vocation à être ensuite étendue à toute la communauté de l'outre-mer tropical.

Le projet comprend également le transfert des données actuellement portées par CoReMo 3 (*a minima* les suivis institutionnels) afin de les rendre interopérables et de les sécuriser.

Ce projet est financé et coordonné par l'Initiative Française pour les récifs coralliens (IFRECOR), l'Etat (DEAL), le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) et l'Ifremer. Avec une livraison prévue pour le fin 2013, il doit permettre aux utilisateurs d'interconnecter et d'interfacer les différents outils existants à l'heure actuelle afin d'inventorier, de suivre et en définitive de mieux gérer les écosystèmes récifaux ultramarins.

E. MAYOTTE

1. Aspects généraux concernant le littoral mahorais

1.1. Spécificités géomorphologiques, climatologiques et hydrologiques (d'après ASCONIT et ARVAM, 2006 et SDAGE 2010-2015)

Mayotte, territoire français (depuis 1841) situé dans l'archipel des Comores, a acquis le statut de département d'outre-mer en mars 2011.

Ce petit archipel volcanique de 374 km² est composé d'une vingtaine d'îlots et de deux îles principales : la « Grande-Terre » et la « Petite-Terre » (ou Pamandzi), entourées par l'un des plus grands lagons du monde (1300 km²) formé par un récif corallien.

Mayotte est notamment caractérisée par :

- un contexte volcanique ancien à l'origine d'un relief contrasté (surtout sur Grande Terre), pouvant culminer à plus de 4000 mètres au-dessus du plancher océanique ;
- une saison chaude et pluvieuse ou mousson (décembre à mars), durant laquelle les précipitations sont abondantes et violentes, et s'accompagnent de vents forts de secteur Nord-Ouest. Au cours de cette saison, des perturbations peuvent prendre la forme de dépressions tropicales ou de cyclones ;
- une saison sèche et plus fraîche dite d'alizé (juin à septembre), durant laquelle la vitesse des vents de Sud-Est/Nord-Ouest contribue à accroître les effets de la sécheresse et accentue la dessiccation des sols. Ces vents provoquent également une houle lagonaire sur le secteur Sud de l'île ;
- deux intersaisons plus brèves séparant ces deux saisons principales ;
- une pluviométrie qui peut varier entre 1 000 à 2 000 mm d'eau par an selon les régions de l'île. En effet, le climat tropical humide allié au relief accentue les inégalités pluviométriques du point de vue de leur répartition spatiale et saisonnière (mousson, saison sèche, côte au vent, côte sous le vent) ;
- un réseau hydrographique composé de nombreuses ravines et d'une vingtaine de rivières pérennes, présentant une très grande variabilité saisonnière au niveau des débits (débits très faibles en dehors des épisodes pluvieux) ;
- des écosystèmes remarquables (lagon, massif corallien de lagon, récif barrière, récif frangeant, mangroves, ...) hébergeant une biodiversité exceptionnelle.

L'archipel de Mayotte est baigné par le courant Sud-Equatorial (CSE) et le courant du Mozambique, mais c'est avant tout le CSE qui régit l'hydrodynamisme local car il est à l'origine d'un courant circulaire autour de l'île (sens des aiguilles d'une montre). Les échanges entre les eaux océaniques et le lagon s'effectuent par l'intermédiaire des passes et des fausses passes, voire par-dessus la barrière de corail lors des marées hautes.

Des mangroves se sont développées sur 668 hectares dans la plupart des basses plaines alluviales de la Grande Terre (baies de Bouéni, Majicavo, Longoni, M'Gombani), à l'exception de la partie Nord-

Ouest. Dans l'Est de l'île, l'érosion importante favorise le développement de vasières littorales (Acoua, Iloni).

L'archipel est également entouré par :

- un récif frangeant de plus de 200 km de long (pourtour de Grande Terre, Petite Terre et des îlots de lagon) ;
- des récifs internes ;
- un double récif barrière au Sud-Ouest, d'une longueur de 12 km ;
- un récif barrière (dont une partie est immergée) d'une longueur de 140 km et entrecoupé de 12 passes ;
- un lagon fermé pouvant atteindre une profondeur de plus de 60 mètres.

1.2. Pressions anthropiques sur le littoral (d'après ASCONIT et ARVAM, 2006 et le projet de plan de gestion du PNMM Mayotte)

Peu développé sur Mayotte, le secteur industriel est localisé principalement dans le nord de Grande-Terre, à l'exception des différentes stations essences réparties sur l'ensemble de l'île. Les activités artisanales (garages automobiles, petits commerces, restaurants,...) sont réparties sur l'ensemble du territoire. Ces deux secteurs réunis occasionnent des rejets, majoritairement sans traitement préalable, qui sont dommageables pour l'environnement notamment en raison de leur teneur en matières organiques, en traces d'hydrocarbures et micropolluants métalliques.

La concentration sur le littoral d'une grande partie de la population mahoraise est à l'origine de pressions importantes impactant notamment les fragiles écosystèmes coralliens. En outre, les hypothèses concernant l'accroissement démographique conduisent à évaluer la population de l'île entre 260 000 et 320 000 habitants à l'horizon 2017 (contre 212 645 en 2012⁵¹).

Cette forte densité de population est notamment à l'origine de flux polluants d'origine domestique : apports de nutriments, de matière organique, de MES, de substances toxiques (HAP, éléments traces métalliques...) et de bactéries. En effet, l'assainissement collectif à Mayotte est caractérisé par un grand nombre de micro-stations d'épuration, qui sont généralement sous-dimensionnées par rapport aux charges polluantes collectées et généralement mal entretenues.

Les secteurs identifiés en 2006⁵² comme étant le plus sujet à ce type d'apports se situent globalement au droit des zones urbanisées et plus particulièrement en fond de baie, c'est à dire sur les littoraux :

- de Mamoudzou-Dzaoudzi ;
- de Bandrélé-Ajangoua-Pamandzi ;
- de la barrière immergée Ouest ;
- de la baie de Bouéni ;
- de M'Tsamboro-Choizil ;
- du récif Nord Est (secteur de Longoni).

⁵¹ Source : INSEE

⁵² Source : état des lieux DCE, ASCONIT et ARVAM (2006)

Ces zones urbanisées, au même titre que la technique de culture sur brûlis traditionnellement pratiquée à Mayotte, accentuent en outre les phénomènes d'érosion et d'hypermédimentation à l'origine de l'envasement du lagon. Les baies à faible hydrodynamisme situées à proximité des zones urbaines ou des secteurs cultivés, sont ainsi les plus affectées par cette problématique d'envasement.

Longoni, Mamoudzou et Dzaoudzi concentrent des activités de commerce, transport, pêche et nautisme. Des concentrations de mouillages, de mises à l'eau et des zones de stockage de barques en haut de plage sont réparties sur l'ensemble de l'île. En 2012, le secteur maritime dans son ensemble manque de structuration dans son fonctionnement et sa gestion concernant les rejets induits par ces activités : peintures antifouling et eaux usées sont rejetées directement dans le lagon.

Les activités agricoles se pratiquent partout sur l'île, et bien qu'elles soient en cours de structuration, (définition des parcelles agricoles, regroupement des paysans en coopératives, formation des agriculteurs sur les nouvelles pratiques,...), elles occasionnent des rejets riches en matières organiques, en matières en suspension (résultant de l'érosion) et en substances polluantes (traces de produits phytosanitaires, détergents).

La biodiversité du lagon de Mayotte représente un atout important pour le secteur du tourisme. Ainsi, depuis la fin des années 90, le nombre de visiteurs est passé de 24 000 en 2001, à plus de 40 000 en 2007 (Guezal *et al.*, 2009). Cependant, il est probable que ce chiffre ait baissé depuis cette date, suite aux émeutes de 2011 (O. Monnier, *comm. Pers.*). Les pressions liées aux activités touristiques (tourisme balnéaire, plongée, plaisance, sorties découvertes du milieu marin) ont été identifiées comme des pressions significatives pour les masses d'eau littorales. La pêche induirait en outre une surexploitation de la ressource halieutique.

Il convient enfin de souligner que l'archipel de Mayotte est un territoire soumis à différents types de risques naturels : aléa cyclonique, inondations par ruissellement ou surcote marine (houle cyclonique), risques sismiques, érosion et mouvements de terrain ; auxquels s'ajoutent des risques de pollution maritime accidentelle. Le réchauffement climatique global pourrait également induire une augmentation notable des phénomènes de blanchissements massifs traduisant une dégradation irrémédiable des récifs coralliens. Ces pressions « naturelles » constituent ainsi des facteurs fortement aggravants des perturbations anthropiques locales.

2. Le volet littoral de la DCE à Mayotte

2.1. Caractéristiques des masses d'eau littorales

Lors de l'état des lieux DCE, le bureau d'études ASCONIT et l'ARVAM (2006) ont proposé un découpage des eaux marines de Mayotte en **17 masses d'eau côtières** (cf. figure 1), sur la base :

- de la limite réglementaire associée à la DCE, à savoir jusqu'à un mille des lignes de base,
- des critères bathymétriques : une limite a été définie à -50 mètres au-delà du récif barrière,
- de l'existence de 8 complexes récifaux lagonaires (tels que définis lors des travaux de Thomassin *et al.*, 1989), auxquels a été ajouté le complexe de la baie de Bouéni,
- des différentes caractéristiques hydrologiques des masses d'eau : mélange, confinement, exposition à la houle, aux courants régionaux ou induits par les vents,
- des caractéristiques géomorphologiques, qui conditionnent en grande partie la faune benthique potentiellement présente,

- de la sédimentation terrigène (estimée *via* la proportion de vase ou lutites dans le sédiment), souvent associée aux autres pressions anthropiques en provenance des bassins versants,
- de la présence/absence de récif corallien,
- de l'éloignement géographique par rapport à la côte, et donc vis-à-vis de la plupart des pressions anthropiques, notamment polluantes.

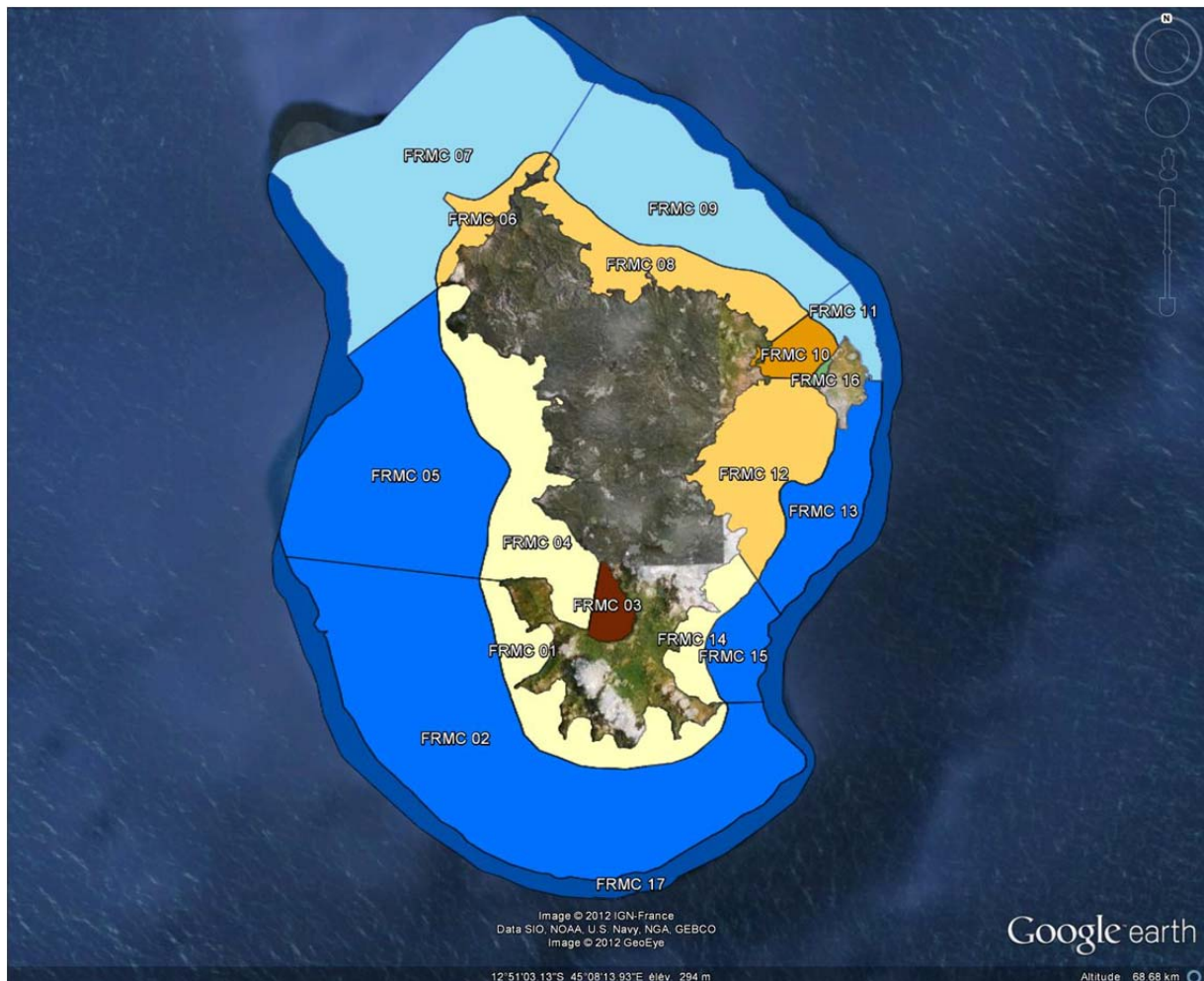


FIGURE 27 : Typologie des masses d'eau littorales mahoraises

Les 17 masses d'eau côtières ont été regroupées en 8 types distincts, en fonction de leur état écologique estimé à « dire d'experts », mais également de la nature, de l'intensité et des perspectives d'évolution des pressions qu'elles subissent : cf. tableau 73 et figure 27.

Dans le SDAGE 2010-2015, 7 masses d'eau ont été identifiées comme « à risque de non atteinte du bon état écologique » (RNABE) en 2015, avec un report d'objectifs sur 2021 : FRMC 06 (M'Tsamboro-Choizil - côtière), FRMC 08 (Grand récif Nord Est -côtière), FRMC 11 (Mamoudzou-Dzaoudzi - lagonaire), FRMC 10 (Mamoudzou-Dzaoudzi - côtière), FRMC 16 (Vasière des Badamiers), FRMC 12 (Pamandzi - Ajangoua – Bandréélé - côtière), FRMC 03 (Baie de Bouéni).

L'objectif de « développement d'un modèle hydrodynamique 3D pour comprendre et anticiper les mouvements des masses d'eau », mentionné dans le projet plan de gestion du parc marin de Mayotte, constituerait à ce titre un outil permettant de préciser les limites de ces masses d'eau. Il est également prévu dans ce plan de gestion de « mettre en place des suivis courantologiques, de temps de résidence et de trajectoire de masse d'eau pour valider le modèle hydrodynamique ».

TABLEAU 73 : Caractéristiques typologiques des masses d'eau côtières mahoraises (source : ASCONIT et ARVAM, 2006)

Type de masse d'eau	Caractéristiques	ME concernées
Type 1 (Eaux du large)	Etat actuel : bon Pressions actuelles : moyennes Evolution des pressions : augmentation	FRMC 17 : Eaux du large
Type 2 (Eaux lagunaires)	Etat actuel : bon Pressions actuelles : faible à moyen Evolution des pressions : augmentation	FRMC 02 : Grand récif Sud FRMC 05 : Barrière immergée Ouest (lagonaire) FRMC 15 : Bambo Est (lagonaire) FRMC 13 : Pamandzi - Ajangoua – Bandrélé (lagonaire)
Type 3 (Eaux lagunaires)	Etat actuel : moyen à mauvais (pour Mamoudzou-Dzaoudzi) Pressions actuelles : moyennes Evolution des pressions : augmentation	FRMC 09 : Grand récif Nord Est (lagonaire) FRMC 07 : M'Tsamboro-Choizil (lagonaire) FRMC 11 : Mamoudzou-Dzaoudzi (lagonaire)
Type 4 (Eaux côtières – Ouest, Sud, Est)	Etat actuel : moyen Pressions actuelles : moyennes Evolution des pressions : augmentation	FRMC 01 : Grand récif Sud (côtière) FRMC 04 : Barrière immergée Ouest (côtière) FRMC 14 : Bambo Est (côtière)
Type 5 (Eaux côtières – Nord, Est)	Etat actuel : moyen Pressions actuelles : moyennes Evolution des pressions : augmentation	FRMC 08 : Grand récif Nord Est (côtière) FRMC 06 : M'Tsamboro-Choizil (côtière) FRMC 12 : Pamandzi - Ajangoua – Bandrélé (côtière)
Type 6 (Eaux côtières)	Etat actuel : mauvais Pressions actuelles : fortes Evolution des pressions : augmentation	FRMC 10 : Mamoudzou-Dzaoudzi (côtière)
Type 7 (Fond de baie)	Etat actuel : mauvais Pressions actuelles : moyennes Evolution des pressions : augmentation	FRMC 03 : Baie de Bouéni
Type 8 (vasière)	Etat actuel : moyen Pressions actuelles : fortes Evolution des pressions : augmentation	FRMC 16 : Vasière des Badamiers

2.2. Surveillance des masses d'eau au titre de la DCE

Conformément à l'annexe V de la DCE, la surveillance pour les masses d'eau côtières concerne les éléments de qualité biologiques (phytoplancton, invertébrés benthiques, algues macroscopiques et angiospermes), les paramètres physico-chimiques (salinité, température, turbidité, oxygène, nutriments), la surveillance chimique (substances), ainsi que la surveillance hydromorphologique.

La maîtrise d'ouvrage de la surveillance DCE à Mayotte était assurée par la DEAL jusqu'à la fin 2012, le BRGM jouant le rôle d'ensemblier des réseaux DCE (eaux souterraines, eaux de surface, eaux littorales). A compter de l'année 2013, le volet littoral de cette surveillance DCE est mis en œuvre par le Parc Naturel Marin de Mayotte (PNMM).

Une proposition de programme de surveillance pour les masses d'eaux côtières de Mayotte a été effectuée par l'ARVAM *et al.* (2010), à partir notamment de l'expérience acquise dans le cadre des différents travaux qui avaient pu être réalisés jusqu'à cette date (notamment sous convention BRGM/ONEMA). Cette proposition par la suite a été reprise par Jaouën *et al.* en 2011.

Les principes qui ont prévalu au moment de l'élaboration de cette proposition sont les suivants :

- une co-construction technique à partir des réseaux préexistants, en les faisant évoluer si nécessaire,

- une stratégie spatiale reposant sur les concepts de champs « proche », « moyen » et « lointain »,
- la volonté d'acquérir rapidement des données et informations, afin de respecter le calendrier DCE et d'améliorer la connaissance avant la fin du premier plan de gestion en 2015,
- l'identification de manques initiaux vis-à-vis de certains paramètres obligatoires de la DCE (substances, macroalgues, angiospermes...), avec une volonté d'engager, en parallèle de la surveillance DCE, des travaux permettant de pallier ces manques et de faire évoluer le réseau de surveillance en conséquence.

A noter l'absence de laboratoire agréé à Mayotte pour l'hydrologie et l'analyse des contaminants chimiques, ce qui constitue une réelle difficulté vis-à-vis du développement des suivis tant au niveau de la fréquence que de la durée (F. Arnaud, *comm. pers.*).

Par ailleurs, un GT experts « eaux côtières » a été initié à Mayotte (première réunion début mai 2013), et est destiné à contribuer à l'élaboration d'indicateurs et de grilles d'interprétation répondant à une double problématique « patrimoine naturel « (PNMM), et évaluation dans le cadre de la DCE ». Il est piloté par le PNMM, l'ONEMA, la DEAL et la DEB et est financé par l'ONEMA.

2.2.1. Surveillance des éléments de qualité biologiques et des paramètres physico-chimiques soutenant la biologie

❖ **Phytoplancton et paramètres physico-chimiques associés**

Suite à plusieurs campagnes « prospectives » réalisées en octobre 2008, avril 2009 (ARVAM & PARETO, 2010), puis octobre 2010, 17 stations (soit 1 par masse d'eau) ont été désignées (ARVAM *et al.*, 2010) afin de constituer le « Réseau Hydrologique du Littoral Mahorais » ou RHLM (*cf.* figure 2).

Depuis lors, 5 campagnes d'échantillonnage pour le suivi des paramètres hydrologiques et du phytoplancton (biomasse) ont été planifiées ou réalisées sur ces 17 stations, conformément à la stratégie spatio-temporelle préconisée par Jaouën *et al.* (2011) pour ce RHLM (*cf.* tableau 74).

Ces campagnes RHLM sont réalisées depuis 2011 sous maîtrise d'ouvrage de la DEAL de Mayotte, puis depuis 2013 par le Parc Naturel Marin de Mayotte. L'ARVAM assure, depuis 2008, la partie opérationnelle en milieu marin (*cf.* tableau 76).

Les prélèvements effectués dans le cadre du RHLM doivent dans la mesure du possible être effectués à un horaire proche de l'étalement de basse mer, afin de cibler les conditions les plus défavorables d'un point de vue qualitatif. Pour les eaux lagunaires cependant, les contraintes logistiques peuvent justifier que le prélèvement s'effectue dans l'après-midi et à marée montante.

Pour la température, le suivi n'est pas réalisé en continu, comme cela avait été préconisé dans le cadre du programme de surveillance (ARVAM *et al.*, 2010), mais *in situ* à l'aide d'une sonde, et à deux profondeurs distinctes pour chaque station du RHLM (sub-surface et fond).

Les techniques de prélèvements d'eau et d'analyses préconisées dans le cadre du RHLM sont résumées dans le tableau 75. Les différents opérateurs sont tenus de se conformer aux documents méthodologiques de référence pour l'Ifremer en la matière, à savoir : le DVD pour les bonnes pratiques de prélèvements⁵³, et les ouvrages d'Aminot et Kerouel (2004, 2007) concernant les

⁵³ Ce DVD est téléchargeable sur le site de l'Ifremer :

méthodes d'analyse en milieu marin. Enfin, les différents opérateurs intervenants dans le cadre du RHLM tel qu'il est mis en œuvre jusqu'à présent sont présentés dans le tableau 76.



FIGURE 28 : Carte des stations de surveillance définies dans le cadre du RHLM (d'après Jaouën et al., 2011)

TABLEAU 74 : Stratégie d'échantillonnage des paramètres phytoplanctoniques et hydrologiques dans le cadre du RHLM (issue de Jaouën et al, 2011)

Paramètres mesurés	Stations de suivi	Fréquence de surveillance
Température	17 stations (cf. figure 2)	Chaque année du plan de gestion : 1 campagne en saison sèche (octobre – novembre) + 1 campagne en saison des pluies (mars – avril)
[chlorophylle-a] et [phéophytine]		
Dénombrement et identification des cellules phytoplanctoniques (20 µM – 200 µM)		
Turbidité		
[O ₂] dissous		
Salinité		
[NO ₃], [NO ₂], [NH ₄], [PO ₄], [Si(OH) ₄]		

<http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/dossiers/prelevementhydro/index.html>.

TABLEAU 75 : Préconisations relatives aux méthodes de prélèvements et d'analyses utilisées dans le cadre du RHLM
(source : DEAL Mayotte, cahier des charges RHLM, matrice eau, programme pluriannuel 2011/2013)

Paramètres	Méthode d'échantillonnage	Méthode d'analyse - Normes	Confiance
Phytoplancton = biomasse [chl-a] [phéophytine]		Méthode spectrophotométrique de Lorenzen ou méthode fluorimétrique de Neveux (manuel Aminot et Kerouel, 2004) ou méthode HPLC décrite par Jeffrey <i>et al.</i> , 1997	LQ : 0,5 µg/L Précision : 10 %
Phytoplancton = abondance et composition Identification et dénombrement des cellules phytoplanctoniques	Eau brute, en sub-surface (0 - 1m)	Identification au plus précis, espèce ou genre si possible, sinon à un niveau taxonomique supérieur (famille, voire classe) NF EN 15204 (01/12/2006) – Qualité de l'eau – Norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par inversée (méthode Utermöhl)	NA
Transparence = Turbidité	In situ à l'aide de sondes ou au laboratoire	NF EN ISO 7027 Au laboratoire : Aminot et Kérouel (2004)	LQ : 0,3 FNU Précision : +/- 5%
Température	In situ à l'aide de sondes	Aminot et Kérouel (2004)	Précision : +/- 1°C
Bilan oxygène [O₂] dissous	In situ à l'aide de capteurs polarographiques/ luminescence ou au laboratoire	Au laboratoire, méthode de Winckler décrite dans Aminot et Kérouel (2004)	LQ : 0,5 mg/L <u>Précision :</u> → si [O ₂] dissous < 5 mg/L = +/- 0,1 mg/L → si [O ₂] dissous > 5 mg/L = +/- 0,5 mg/L
Salinité	In situ à l'aide de sondes ou au laboratoire	Aminot et Kérouel (2004)	LQ : 0,5 Précision : +/- 0,1 LQ [NH ₄] : 0,3 µmol/L Précision [NH ₄] : → si < 2 µmol/L = +/- 0,1 µmol/L → si > 2 µmol/L = +/- 5 % ----- LQ [NO ₃] : 2 µmol/L Précision [NO ₃] : → si < 5 µmol/L = +/- 0,2 µmol/L → si > 5 µmol/L = +/- 5 % ----- LQ [NO ₂] : 0,5 µmol/L Précision [NO ₂] : → si < 1 µmol/L = +/- 0,05 µM/L → si > 1 µmol/L = +/- 5 % ----- LQ [PO ₄] : 0,5 µmol/L Précision [PO ₄] : → si < 1 µmol/L = +/- 0,05 µmol/L → si > 1 µmol/L = +/- 5 % ----- LQ [Si(OH) ₄] : 2 µmol/L Précision [Si(OH) ₄] : → si < 5 µmol/L = +/- 0,2 µmol/L → si > 5 µmol/L = +/- 5 %
Concentration en nutriments [NH₄], [NO₃], [NO₂], [PO₄], [Si(OH)₄]	Sub-surface (0 - 1m), conforme aux préconisations d'Aminot et Kérouel (2004)	Méthodes manuelles ou automatiques (Aminot et Kérouel, 2004, 2007)	

TABLEAU 76 : Laboratoires impliqués dans les analyses effectuées dans le cadre du RHLM (PARETO et al., 2012)

Paramètres	Laboratoires d'analyse
[O ₂] dissous Salinité Température Turbidité [NH ₄] [PO ₄] [chlorophylle-a] [phéophytine]	ARVAM La Réunion
[NO ₃] [NO ₂] [Si(OH) ₄]	Laboratoire de Rouen
Identification /dénombrement phytoplancton	Des échantillons ont été collectés de manière prospective (eau brute + filet à plancton) sur 7 stations (1 station pour chacune des typologies de ME) , lors des campagnes réalisées en octobre 2010 et avril 2011. Ces échantillons ont été analysés par Bruno Delesalle (EPHE-CNRS Perpignan).

En termes d'évaluation à l'heure actuelle, seule la grille applicable à l'oxygène dissous en métropole (cf. tableau 77) peut être transposée pour l'interprétation du suivi RHLM.

TABLEAU 77 : Grille nationale pour l'évaluation de la métrique (p10) du paramètre « oxygène » (Daniel & Soudant, 2009)

	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
Percentile 10 [O ₂ dissous] (mg/L)	> 5,0	3 – 5	2 – 3	1 – 2	< 1

Pour la température, la méthode de « l'anomalie hebdomadaire de température » ou « Degree Heating Week » (DHW) a été proposée comme métrique d'évaluation au moment de la définition du programme de surveillance (ARVAM et al., 2010 ; Jaouën et al., 2011).

Ce DHW est calculé à partir d'une température critique fixée pour Mayotte, en l'état actuel du traitement des données, à 29,1°C. La grille d'interprétation de cette métrique (cf. tableau 78) traduit le constat d'un blanchissement massif de corail, à partir d'une valeur seuil de DHW de l'ordre de 4 à 10.

TABLEAU 78 : Grille de lecture pour l'évaluation de la métrique de température (DHW) proposée par l'ARVAM et al., 2010

DHW < 4	Pas de signes de blanchissement
4 < DHW < 8	Blanchissement significatif
DHW > 8	Blanchissement massif, suivis de mortalités coralliennes

Le RHLM est donc encore dans une phase d'acquisition de données, à un rythme de 2 campagnes hydrologiques par an, qui permettront d'aider au diagnostic DCE qui sera effectué en 2014, mais

semblent insuffisantes pour l'élaboration future de métriques, d'indicateurs et de grilles d'évaluation adaptées aux spécificités des masses d'eau littorales mahoraises.

Cette phase de diagnostic devra être optimisée par la bancarisation dans Quadrige 2 (dans un premier temps par l'ARVAM puis par le PNMM), de l'ensemble des données recueillies dans le cadre de la DCE à Mayotte.

En complément, pour pallier en partie l'insuffisance des données et malgré les difficultés que cela pose en termes de maintenance des appareils (calibration notamment), le Parc marin de Mayotte va mettre en place des systèmes acquisition à haute fréquence (bouées instrumentées), afin d'acquérir de la donnée sans avoir recours de manière systématique à un laboratoire d'analyses.

A noter également que suite à une commande du SIEAM⁵⁴, le CEVA a réalisé une étude d'identification taxonomique des espèces planctoniques présentes dans le lagon, avec pour finalité la détermination du potentiel de valorisation des algues mahoraises (CEVA, 2011). Dans ce cadre, un état des connaissances sur la biodiversité algale à Mayotte, et plus généralement dans la région sud-ouest de l'Océan Indien a été établi, ainsi que des campagnes d'échantillonnage et d'identification des espèces collectées.

❖ **Invertébrés benthiques de substrats meubles**

A Mayotte, bien que les habitats de sédiments meubles soient largement représentés dans le lagon, peu de données historiques sur les biocénoses d'invertébrés benthiques existaient préalablement aux études liées à la mise en œuvre de la DCE.

C'est pourquoi une campagne de prélèvements de macrofaune endogée, et d'analyse de paramètres associés (carbone organique, NTK, PT, matières sèche, carbonates et % fines), a été réalisée en mai 2010 sur les 16 stations présentées en figure 29. En parallèle, le niveau de contamination chimique des sédiments a été étudié pour certaines de ces stations, afin d'aider à caractériser les réactions de ces biocénoses vis-à-vis des perturbations chimiques (PARETO *et al.*, 2011).

Les stations ont été sélectionnées en fonction : (i) des masses d'eau DCE identifiées dans le lagon et (ii) des résultats sur les paramètres sédimentaires « généraux » obtenus suite à une campagne réalisée par l'ARVAM en 2008 (34 stations à l'époque). En complément, 2 stations non échantillonnées lors de l'étude pilote ont été ajoutées pour la campagne 2010 (le port de Mamoudzou et la darse portuaire de Longoni), de manière à échantillonner des milieux fortement exposés aux pressions littorales.

Pour l'étude des peuplements de macrofaune endogée de 2010, les 16 stations ont été positionnées avec le souci de couvrir l'ensemble des typologies de masses d'eau identifiées à Mayotte (excepté les eaux du large). Du fait de coûts d'analyses élevés, l'étude de la contamination chimique des sédiments n'a pu porter que sur 10 de ces stations :

- pour 3 de ces stations (*cf.* figure 29 : en orange), la recherche des contaminants dans les sédiments a porté sur la liste DCE des substances prioritaires, la liste DCE des substances « pertinentes », ainsi que sur une liste complémentaire de pesticides,
- pour les 7 autres stations, « seuls » les contaminants de la liste des substances prioritaires ont été recherchés (*cf.* figure 29 : en vert).

⁵⁴ Syndicat Intercommunal de l'Eau et de l'Assainissement de Mayotte

Pour la macrofaune endogée et les paramètres associés, l'ensemble des échantillons récoltés ont été analysés par le laboratoire ECOMAR de l'Université de La Réunion (L. Bigot). La quantification des contaminants chimiques dans les sédiments a été confiée au laboratoire de Rouen.

Les principales conclusions formulées à l'issue de cette étude sont les suivantes :

- au regard de l'arrêté ministériel du 09/08/06⁵⁵, les concentrations en arsenic retrouvées dans le port de Mamoudzou, en Nickel dans la baie de Bouéni, et face au Port de Longoni étaient significativement élevées,
- la station du port de Mamoudzou, qui présente la plus forte contamination, était totalement azoïque. A l'inverse, les stations situées en milieu récifal, peu envasées et peu contaminées, présentaient des peuplements nettement plus riches et diversifiés,
- il existe un peuplement spécifique dans la vasière des Badamiers, typique d'un milieu perturbé,
- les indices AMBI et M-AMBI, tels qu'ils ont été adaptés au milieu tropical sur la base des connaissances acquises à La Réunion, semblent être efficaces dans le contexte plus large des zones insulaires tropicales de l'Océan Indien.

⁵⁵ Arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement



FIGURE 29 : Stations échantillonnées lors de la campagne macrofaune endogée et contaminants chimiques de mai 2010 (d'après PARETO et al., 2011)

Au moment de l'élaboration des recommandations pour le contrôle de surveillance DCE pour l'élément de qualité « invertébrés benthiques de substrats meubles » (ARVAM *et al.*, 2010), une surveillance de ces biocénoses simultanément avec les caractéristiques physico-chimiques du sédiment a été recommandée (*cf.* tableau 79). Il semble en effet difficile, en l'état actuel de la connaissance, de présager des réactions de ces biocénoses face aux perturbations anthropiques et en conséquence, de définir une métrique ainsi qu'une grille d'évaluation pertinentes.

La mise en place d'un groupe de travail inter-DOM sur cette thématique à l'horizon 2014 (animateur pressenti : Lionel Bigot - ECOMAR), ainsi que le GT experts « eaux côtières » de Mayotte, doivent permettre d'alimenter cette réflexion. Dans ce cadre, une mission sera lancée en 2013 par le parc pour connaître l'adaptabilité de l'indicateur substrat meuble mis au point à la Réunion.

TABLEAU 439 : Stratégie d'échantillonnage des paramètres de la faune invertébrée benthique de substrat meuble et de la physico-chimie du sédiment pour le RCS de Mayotte (source : ARVAM et al., 2010)

Elément	Préconisation concernant les paramètres et métriques à renseigner	Nb années suivies sur la durée du plan de gestion	Fréquence de surveillance
Faune invertébrée benthique de substrat meuble	Dénombrement de chaque taxon par prélèvement	2 années sur 6	1 campagne par année de suivi, réalisée en fin de saison chaude (mars - avril)
	Biomasse spécifique par station		
	Répartition taxonomique (Annélides, Crustacés, Mollusques...)		
	Richesse spécifique (S)		
	Abondance relative par espèce (N)		
	Densités faunistiques		
	Shannon-Wiener (H')		
	AMBI		
	M-AMBI		
Caractéristiques physiques et chimiques du sédiment	Distribution granulométrique		
	[Ntot]		
	[Ptot]		
	[COT]		
	[Contaminants annexes IX et X DCE] – cf. surveillance chimique		

❖ **Invertébrés benthiques de substrat dur : récif coralliens**

Les suivis patrimoniaux sur les récifs coralliens pré-existants à Mayotte appartiennent à deux grandes catégories⁵⁶, que l'on peut caractériser de la manière suivante :

- **Des suivis à vocation de représentativité spatiale, basés sur une estimation visuelle :** méthode Manta Tow et estimation visuelle depuis la surface au moyen d'une lunette de Calfat (cas du récif frangeant), méthode Medium Scale Approach ou MSA (pente externe du récif barrière et récif interne) ;
- **Des suivis à vocation de caractérisation plus fine de l'évolution temporelle, basés sur une quantification des peuplements sur des transects fixes** (méthodes « Linear Intercept Transect - LIT », « Point Intercept Transect - PIT » ou encore méthode « Belt Transect – BT »). Ce type de surveillance répond plus particulièrement aux besoins de l'Observatoire des Récifs Coralliens (ORC) et du Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN), mais aussi à ceux du réseau « Reef Check ». Les méthodes utilisées sont plus précises que les suivis basés sur une observation visuelle, mais leur représentativité spatiale est cependant moindre.

Un bilan de ces suivis patrimoniaux, et de leur intérêt au regard des objectifs de la DCE a été réalisé en 2010 (cf. tableau 80 et figure 30), à l'occasion de la définition du programme de surveillance des masses d'eau côtières mahoraises (ARVAM et al., 2010).

⁵⁶ Pour une description fine des méthodes évoquées, des paramètres suivis ainsi que des éventuelles grilles d'évaluation associées, voir rapport ARVAM (2010)

TABLEAU 440 : Pertinence, par rapport à la DCE, des méthodes de suivi de la faune benthique de substrats durs existantes à Mayotte (ARVAM et al., 2010)

Vocation du suivi	Suivi	Avantages	Inconvénients	Pertinence dans le cadre de la DCE
Evolution temporelle fine	Suivi GCRMN (ORC)	Caractérisation fine du peuplement, très pertinent dans le cadre d'un suivi de l'évolution temporelle	Représentativité des sites par rapport à l'ensemble de la masse d'eau difficile à appréhender	Fort si adaptation plan d'échantillonnage
	Suivi Reef Check	Caractérisation fine du peuplement, très pertinent dans le cadre d'un suivi de l'évolution temporelle	Représentativité des sites par rapport à l'ensemble de la masse d'eau difficile à appréhender. Peu de variables prises en compte	Faible
Représentativité spatiale et évolution temporelle	Suivi récif frangeant Grande Terre	Bonne représentativité des masses d'eau	Estimation visuelle (pas de caractérisation fine du peuplement). Peu de variables prises en compte	Fort
	Suivi récif frangeant d'îlot	Bonne représentativité des masses d'eau	Estimation visuelle (pas de caractérisation fine du peuplement). Peu de variables prises en compte	Fort
	Suivi récif barrière	Bonne représentativité des masses d'eau	Estimation visuelle (pas de caractérisation fine du peuplement). Pas de prise en compte du récif barrière immergé	Fort
	Suivi récif interne	Bonne représentativité des masses d'eau	Estimation visuelle (pas de caractérisation fine du peuplement).	Fort si adaptation méthode

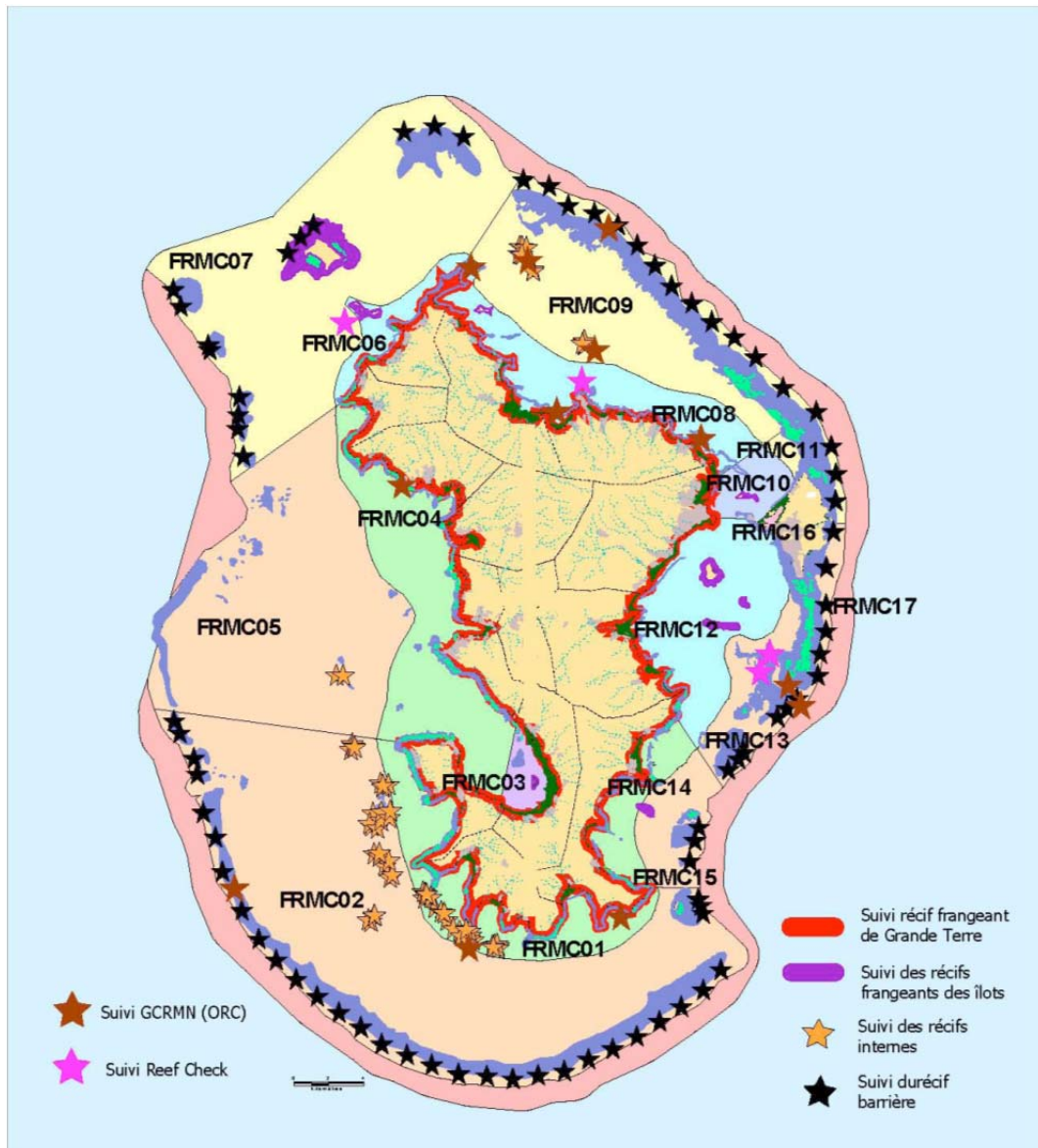


FIGURE 30 : Inventaire cartographiques des différents types de suivi des récifs coralliens existants à Mayotte, potentiellement valorisables dans le cadre de la DCE (ARVAM et al., 2010)

Dans l’attente d’une formalisation des modifications préconisées, et de la définition de métriques et de grilles d’évaluation *ad hoc* pour les besoins de la DCE, les paramètres et métriques suivies à l’heure actuelle dans le cadre des réseaux préexistants⁵⁷ sont estimés comme **partiellement pertinents** pour définir l’état écologique de ce descripteur. Il reste notamment à définir des genres ou espèces « sentinelles » de coraux et d’algues.

A noter qu’un document MNHN-ONEMA en date de juillet 2012 formule des recommandations pour l’échantillonnage des paramètres DCE des éléments de qualité « récifs coralliens » (MNHN-ONEMA, 2012). Par ailleurs, un suivi de la vitalité des récifs sur l’ensemble de l’île a été réalisé en début d’année 2013 (F. Arnaud/PNMM, *comm. pers.*).

⁵⁷ Voir : ARVAM, 2010

❖ Macrophytes

Les herbiers de Mayotte couvrent une superficie d'environ 760 hectares : généralement plurispécifiques et situés à l'arrière du platier récifal sur un substrat sableux (voire sablo-vaseux), leurs taux de recouvrement sont globalement faibles.

Les connaissances actuelles sur les herbiers mahorais reposent sur un petit nombre d'études, qui traitent essentiellement des aspects cartographiques et des interactions entre les tortues et les herbiers (ex : étude réalisée en 2006 par le Centre d'Etudes et Découverte des Tortues Marines).

Des prospections ont également été effectuées en 2008, dans le cadre d'une mission intégrée au programme HILOI⁵⁸ mis en place par une équipe d'ECOMAR à la Réunion. Celles-ci ont, à l'époque, couvert quatre grands secteurs récifaux caractérisés par la présence de nombreux herbiers de phanérogames : récif barrière Est (Sud et Nord Petite Terre), récif frangeant Sud (secteur de N'Gouja - Pointe Bouéni) et récifs frangeants Sud-Ouest et Ouest.

De manière générale, une tendance à la diminution de la surface des herbiers est observée ces dernières années à Mayotte : l'herbier a régressé sur le platier du récif barrière du sud de l'île depuis 15 ans, et l'herbier à *Thalassodendron sp.* situé dans le secteur de la pointe de la « Passe en S », initialement très dense, a quasiment disparu. Selon les experts locaux, ils subissent principalement l'impact des rejets polluants, des mouvements sédimentaires et de l'envasement.

Plus récemment, une étude s'inscrivant dans le cadre des plans d'actions locaux « IFRECOR » et « Biodiversité » a été réalisée par le bureau d'étude ISIRUS, sur commande de la Direction de l'Agriculture et de la Forêt de Mayotte (DEAL, ex-DAF).

Les résultats de l'étude préalable conduite en 2009/2010 avaient notamment permis :

- de dresser un premier état des lieux de la vitalité des herbiers mahorais,
- de positionner des stations de suivi et de tester les protocoles existants,
- de procéder à une première analyse technique et financière d'un suivi de ce type,
- d'identifier les problématiques locales inhérentes à ce suivi (pérennisation des stations, biais scientifiques, etc ...).

Cette étude préalable a par la suite connu un prolongement au cours de l'année 2011, dont les objectifs prioritaires étaient les suivants :

- poursuivre le suivi annuel, en augmentant le nombre de stations,
- déterminer le potentiel de bio-indication des phanérogames marines pour les masses d'eau côtières, et apprécier les relations pressions-impacts existantes,
- proposer une typologie locale des herbiers pouvant être adaptée à terme à l'ensemble de l'océan Indien et des collectivités d'outre-mer,
- développer une méthode de « relevé écologique rapide » (Rapid Assessment Programs), permettant la caractérisation du site échantillonné et l'acquisition de données (cartographie, réseau de contrôle de surveillance).

A ce jour, nous n'avons pas eu accès aux conclusions de cette étude.

⁵⁸ Herbiers des Iles de l'Océan Indien

En conclusion, l'élément de qualité « angiospermes » est donc *a priori* pertinent pour l'évaluation des masses d'eau mahoraises au sens de la DCE, mais il reste à préciser un protocole de suivi, ainsi que des métriques et des grilles d'interprétation adaptées. Le document MNHN-ONEMA en date de juillet 2012 (MNHN-ONEMA, 2012) formule dans ce sens des recommandations intéressantes pour l'échantillonnage des paramètres DCE de l'élément de qualité « herbiers de phanérogames ».

A noter également la volonté affichée dans le projet de plan de gestion du parc marin de Mayotte de développement d'un indice « mangroves » ainsi qu'un indice « habitats profonds » dans le cadre de l'évaluation des masses d'eau pour la DCE.

2.2.2. Surveillance chimique

❖ **Echantillonneurs passifs**

A ce jour, 4 campagnes prospectives ont été réalisées à Mayotte à l'aide d'échantillonneurs passifs, afin d'évaluer le niveau de contamination chimique des masses d'eaux littorales et ce, à différentes périodes de l'année (saison sèche/saison des pluies).

Une première campagne a été réalisée au mois d'**avril 2009** (ARVAM *et al.*, 2010), au moyen de dispositifs DGT, SBSE et POCIS disposés sur 7 stations, situées en champ proche et couvrant au total 7 typologies différentes de masses d'eau (*cf.* figure 31). Ces travaux ont été coordonnés par l'Ifremer de la Seyne sur Mer (Jean Louis Gonzalez), en associant l'ARVAM, l'Université de Bordeaux 1 et le CEDRE (convention-cadre BRGM/ ONEMA).

Les résultats de cette étude avaient notamment mis en évidence une contamination des eaux par l'endosulfan dans l'ensemble des stations suivies (> à 0,5 ng/L - valeur de NQE). Concernant les HAP, les concentrations de certains composés "lourds" étaient supérieures aux NQE : c'est le cas du benzo[b+k]fluoranthène et du benzo[a]pyrène dont les concentrations étaient supérieures aux NQE dans la baie de Bouéni et à Mtsangamouji ; et du benzo(g,h,i)pérylène et de l'indéno(1,2,3-cd)pyrène qui dépassaient les NQE dans toutes les stations suivies.

Une seconde campagne « échantillonneurs passifs » (ARVAM *et al.*, 2012), au moyen de dispositifs SBSE, a ensuite été réalisée en **avril 2011** sur les 17 stations du RHLM (*cf.* figure 28). Une nouvelle fois, les prélèvements ont été réalisés par l'ARVAM, et les dosages de contaminants par le CEDRE à Brest. Les teneurs en HAP et PCB mesurées alors montraient des niveaux relativement faibles, en comparaison des données obtenues en avril 2009 à proximité des sites de rejets littoraux. Les teneurs en pesticides en revanche, montraient un degré de contamination plus important.

La même année, en **novembre**, des échantillonneurs passifs type SBSE, POCIS et DGT ont été disposés sur 17 sites (PARETO *et al.*, 2012)⁵⁹ répartis sur les 8 typologies de masse d'eau mahoraises (*cf.* figure 31). Les prélèvements ont été réalisés par l'ARVAM et les analyses par le CEDRE pour les SBSE, par le laboratoire EPOC⁶⁰ pour les POCIS et par l'Ifremer de la Seyne sur Mer pour les DGT. Comme lors de la première campagne d'avril 2009, aucun des métaux (Cd, Ni et Pb) ne présentait alors des concentrations supérieures aux NQE. Par contre les concentrations en pesticides et HAP étaient nettement inférieures à celles relevées en 2009 et 2010. Ces variations ne seraient

⁵⁹ Cette campagne représente la première campagne RCS, tel que défini par l'ARVAM *et al.* (2010)

⁶⁰ UMR 5805 CNRS-Université de Bordeaux I

vraisemblablement pas liées à une diminution générale de la contamination des eaux mais au plan d'échantillonnage adopté pour cette campagne (champ lointain).

Enfin, des échantillonneurs passifs ont été utilisés fin 2012 dans 3 masses d'eau mahoraises (FRMC04, FRMC08 et FRMC12), dans le cadre de l'étude prospective nationale sur les micropolluants commanditée par le Ministère de l'Ecologie. Pour chacune des stations suivies, des systèmes passifs SBSE et POCIS ont été installés puis relevés par l'ARVAM, complétés par un prélèvement de sédiment au niveau d'une station située au large de Mamoudzou (cf. figure 32).

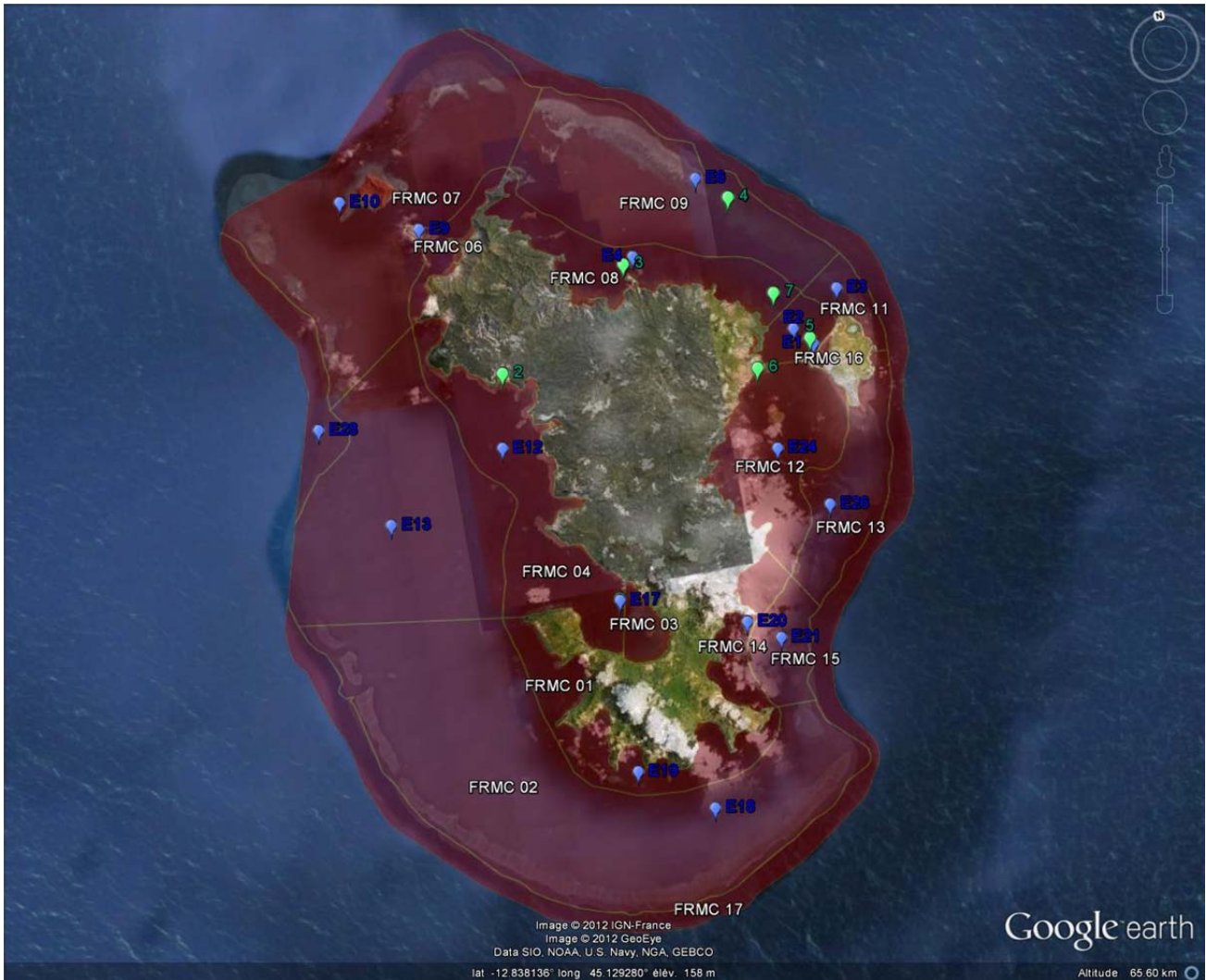


FIGURE 31 : Localisation des stations « échantillonneurs passifs » de la campagne de novembre 2011 (BLEU) et de la campagne d'avril 2009 (VERT) (PARETO et al., 2012)



(NB : point orange = échantillonneurs passifs SBSE et POCIS + prélèvement de sédiment)

FIGURE 32 : Localisation des 4 stations échantillonnées lors de la campagne prospective micropolluants menée fin 2012

❖ Biote

Une campagne de recherche de micropolluants dans des huîtres médiolittorales (*Saccostrea cucullata*) a été menée à Mayotte en octobre 2007 (Thomassin *et al.*, 2008). Au total, 23 stations ont été échantillonnées entre le 14 octobre et le 29 novembre 2007 (cf. figure 33).

Les analyses, réalisées au Laboratoire d'Hydrologie et de Molysmologie Aquatique de Marseille, portaient sur trois familles de contaminants : les métaux, les HAP et les PCB.

Cette étude avait pour objectifs principaux :

- de confirmer le potentiel de bioaccumulation de cette huître médiolittorale mahoraise,
- de réaliser des dosages de contamination de ces peuplements sur l'ensemble du littoral mahorais,
- d'acquérir de la donnée sur une potentielle contamination chimique de ces peuplements littoraux.

En définitive, l'ensemble des 3 familles de contaminants analysés ont été détectés lors de cette campagne.



FIGURE 33 : Localisation des stations de prélèvements d’huîtres médiolittorales, vivant sur des rochers, lors de la campagne d’octobre - novembre 2007 (Thomassin et al., 2008)

Sur la base de ces différents travaux, trois types de suivis sur différentes matrices ont été proposés pour répondre aux exigences de la DCE en matière de surveillance chimique des masses d’eau mahoraises (ARVAM et al., 2010 ; cf. tableau 81) :

- **La mesure dans l’eau** : matrice privilégiée au travers de l’utilisation des échantillonneurs passifs (DGT, SBSE, POCIS) dans toutes les masses d’eau,
- **La mesure dans le sédiment** : la surveillance chimique sur cette matrice est proposée en complément du paramètre biologique « invertébrés de substrat meuble ». Conformément aux prescriptions européennes, la proposition de l’ARVAM cible 1 année sur 3, sur un quart des sites. Ceux-ci sont échantillonnés en vue d’une analyse de la totalité des substances prioritaires. Cependant, en l’absence de données historiques et de liste de molécules adaptée à Mayotte, il a été préconisé de rechercher au moins une fois l’ensemble des molécules dans toutes les masses d’eau.

- **La mesure dans le biote** : la recherche de contaminants chimiques est effectuée dans la chair d’huîtres médiolittorales (*Saccostrea cucullata*), pour toutes les masses d’eau côtières de Mayotte. Comme pour les sédiments, les substances à mesurer suivent les préconisations européennes (25% des sites, 1 fois tous les 6 ans, pour la totalité des substances). Cependant, en l’absence de données historiques et de stratégie bien définie pour Mayotte dans le choix d’une liste de molécules pertinentes, il a été préconisé de rechercher au moins une fois l’ensemble des molécules dans toutes les masses d’eau.

Pour la mise en œuvre de la surveillance chimique dans les sédiments et le biote, l’ARVAM recommande que tous les prélèvements et conditionnements d’échantillons soient effectués conformément aux recommandations techniques de Munsch *et al.* (2004).

A noter qu’une réflexion conjointe est actuellement en cours entre le Parc Marin, le BRGM, l’ARS, la DEAL, les douanes,... afin de limiter le nombre de substances recherchées. En effet, sur les environ 180 molécules étudiées jusqu’ici, seulement une dizaine a été détectée dans les milieux aquatiques (F. Arnaud/PNMM, *comm. pers.*).

Tableau 81 : Proposition de stratégie pour la surveillance chimique DCE (ARVAM *et al.*, 2010)

Matrice	EAU	EAU	SEDIMENT	BIOTE
Stratégie de surveillance	Echantillonneurs passifs : SBSE	Echantillonneurs passifs : DGT et POCIS	En parallèle de l’élément de qualité « invertébré de substrat meuble »	Huître médiolittorale (<i>Saccostrea cucullata</i>)
ME	17 (cf. figure 2)	17 (cf. figure 2)	25% des sites pour la totalité des substances	25% des sites pour la totalité des substances
Nombre d’années de suivi par SDAGE (6 ans)	2 campagnes annuelles par plan de gestion	2 campagnes annuelles par plan de gestion	2 campagnes annuelles par plan de gestion	1 campagne annuelle par plan de gestion
Fréquence des contrôles par année	2 fois par an, en même temps que le RHLM	1 fois par an, en saison des pluies de préférence	1 campagne par année de suivi, réalisée en fin de saison chaude (mars - avril)	1 fois par an

2.2.3. Volet hydromorphologie

Un classement de l’état hydromorphologique de l’ensemble des masses d’eau littorales de Mayotte a été effectué récemment (Brivois et Fontaine, 2012). Ce classement a été réalisé en appliquant une méthodologie identique à celle utilisée en métropole (Delattre et Vinchon, 2009) : les masses d’eau candidates à la classification en « très bon état hydromorphologique » ont été identifiées au regard des pressions anthropiques qui s’y exercent, et qui peuvent entraîner une modification de leur contexte hydromorphologique.

La notation, **pour chacune des pressions identifiées dans une masse d’eau donnée**, de l’intensité et de l’étendue des perturbations induites a été réalisée à dire d’expert. Une note de fiabilité est systématiquement associée, afin de refléter si ce dire d’expert est consolidé par des données

existantes ou non. Ces notations ont par la suite été agglomérées pour chaque masse d'eau selon une grille de classement qui combine les notes d'étendue et d'intensité des perturbations induites par les pressions, permettant d'identifier si la masse d'eau considérée est candidate à la classification en « très bon état hydromorphologique » ou non.

Au final à Mayotte, sur les 17 masses d'eau côtières, 10 masses d'eau ont été classées en « très bon état hydromorphologique » et 7 masses d'eau en « non très bon état hydromorphologique » (cf. tableau 82).

TABLEAU 45 : Résultats du classement hydromorphologique des masses d'eau côtières de Mayotte (Brivois et Fontaine, 2012)

Code ME	Nom	Etat HM	Fiabilité
FRMC01	Grand récif du Sud - côtière	TBE	C
FRMC02	Grand récif du Sud – lagonaire	TBE	C
FRMC03	Baie de Bouéni	Non TBE	C
FRMC04	Barrière immergée Ouest - côtière	TBE	C
FRMC05	Barrière immergée Ouest - lagonaire	TBE	C
FRMC06	M'Tsambo-ro-Choizil -côtière	Non TBE	C
FRMC07	M'Tsambo-ro-Choizil -lagonaire	TBE	C
FRMC08	Récif du Nord-Est - côtière	Non TBE	C
FRMC09	Récif du Nord-Est - lagonaire	Non TBE	C
FRMC10	Mamoudzou-Dzaoudzi - côtière	Non TBE	C
FRMC11	Mamoudzou-Dzaoudzi - lagonaire	TBE	C
FRMC12	Pamandzi-Ajangoua-Bandrélé - côtière	Non TBE	C
FRMC13	Pamandzi-Ajangoua-Bandrélé - lagonaire	TBE	C
FRMC14	Bambo Est - côtière	TBE	C
FRMC15	Bambo Est - lagonaire	TBE	C
FRMC16	Vasière des badamiers	Non TBE	C
FRMC17	Eaux du large	TBE	C

Les pressions responsables du classement en non TBE HM listée dans le Tableau 83. Dans ce tableau, « oui » signifie qu'à elle seule la pression décline la masse d'eau ; « en partie » signifie qu'il est nécessaire d'avoir au moins deux pressions significatives pour déclasse la masse d'eau.

A noter l'objectif affiché dans le plan de gestion du parc marin de Mayotte, de « mise en place d'un réseau de pièges à sédiments dans le lagon à des endroits stratégiques », destiné à améliorer les connaissances sur le phénomène d'envasement et afin d'en comprendre et d'en limiter les impacts.

TABLEAU 83 : Pressions responsables du classement en « non très bon état hydromorphologique » des masses d'eau côtières de Mayotte (Brivois et Fontaine, 2012)

Code ME	Aménagement du territoire et terres gagnées sur la mer	Modification des échanges terre/mer (diverses activités induisant une hypersédimentation des baies)	Activités anthropiques (pêche à pied, au djarifa, prélèvement de porites)
FRMC03		Oui	
FRMC06		En partie	En partie
FRMC08	En partie	Oui	
FRMC09		Oui	
FRMC10	Oui		
FRMC12	En partie	Oui	
FRMC16	Oui	Oui	

CONCLUSION

Ce rapport présente l'état de développement du volet littoral de la surveillance DCE dans les DOM en 2013. Il actualise les éléments présentés dans le rapport de Buchet (2010), en se basant principalement sur les différents documents produits depuis par les acteurs de la surveillance dans les DOM (rapports, conventions, cahiers des charges,...), mais également sur des échanges avec les agents des DEAL et Offices de l'Eau locaux, ainsi qu'avec des référents nationaux Ifremer pour la surveillance DCE (Catherine Belin, Anne Daniel, Laurence Miossec, Jean Louis Gonzalez...).

Sur le plan de la gouvernance, la maîtrise d'ouvrage de la surveillance était assurée par les DEAL de chaque DOM jusqu'à la fin 2012. A partir de 2013, cette tâche a progressivement été transférée aux Offices de l'Eau.

Pour sa mise en œuvre, les DEAL et Offices de l'Eau s'appuient en général sur des bureaux d'étude. L'Ifremer assure une assistance à maîtrise d'ouvrage depuis la métropole aux Antilles et en Guyane. A La Réunion, celle-ci est réalisée principalement par l'équipe Ifremer sur place. A Mayotte, ce sera le Parc Marin (AAMP) qui prendra en charge cette tâche à partir de 2013. Une classification hydro-morphologique des masses d'eau par le BRGM est soit réalisée, soit en projet sur l'ensemble des DOM.

La mise en application de la DCE depuis 2007 a conduit à mettre en place un nouveau dispositif de surveillance adapté aux exigences réglementaires en métropole. La mise en œuvre de la DCE dans les DOM relève des mêmes contingences, soulève les mêmes questions et rencontre les mêmes problèmes de mise au point de protocoles méthodologiques et de stratégies de surveillance.

En revanche, les modalités d'avancement ne sont pas totalement identiques entre les départements concernés. Cette situation résulte des disparités entre DOM concernant les compétences scientifiques présentes localement, et de l'état des connaissances de l'environnement littoral sur place.

RÉFÉRENCES

I. Martinique

Aminot, A. & Chaussepied, M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre national pour l'exploitation des océans, BNDO. 396 pp.

Aminot, A. & Kérouel, R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. *Ed. Ifremer*, 336 pp.

ASCONIT Consultants & Impact-Mer, 2005. État des lieux du district hydrographique de la Martinique. Tome 1. Caractérisation du District. Rapport pour: DIREN Martinique, Comité de Bassin de la Martinique, ODE Martinique, 175 p.

Becheler, E., 2013. Mise en œuvre d'une plateforme de modélisation hydrodynamique pour les Antilles françaises. Eléments pour l'élaboration du cahier des charges du projet. Note Ifremer pour la DEAL Martinique. 17p. + annexes.

Belin, C., Bonnet, C. & Daniel, A., 2011. Compte-rendu de mission Martinique et Guadeloupe DCE + Quadrige². 21 p. + annexes.

Bigot, L., Grémare, A., Amouroux, J.M., Frouin, P., Maire, O. & J.C., Gaertner, 2008. Assessment of the ecological quality status of soft-bottoms in Reunion Island (tropical Southwest Indian Ocean) using AZTI marine biotic indices. *Marine Pollution Bulletin*, 56 (4): 704-722.

Bocquéné, G., Gonzalez J.-L. & D., Claisse, 2011. Recommandations pour l'adaptation de la surveillance chimique de la dce au contexte des DOM - Rapport final - Convention 2010 - Action 19. Onema, Ref. Convention Onema-Ifremer 2010, 161p.

Borja, A., Franco, J. & V. Pérez, 2000. A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (12): 1100-1114.

Bouchon, C. & Y., Bouchon-Navarro, 1998. État des récifs coralliens en Martinique. *In*: État des récifs coralliens en Outre-Mer. IFRECOR, Paris, pp. 119-128.

Bouchon, C., Bouchon-Navarro, Y. & M., Louis, 2004. Critères d'évaluation de la dégradation des communautés coralliennes dans la région Caraïbe. *Revue d'Ecologie (la Terre et la Vie)*, 59 (1-2): 113-121.

Bouchon, C., Bouchon-Navarro, Y., Louis, M. & P., Portillo, 2003. Manuel technique d'étude des récifs coralliens de la région Caraïbe. Université des Antilles et de la Guyane. 56 pp.

Brivois, O. & Fontaine, M., 2012. Résultats du classement de l'état hydromorphologique des masses d'eau littorales DCE dans deux DOM : Mayotte et la Martinique. Rapport final. BRGM/RP-61075-FR, 129 p. + annexes.

Claisse, D., 2012. Réseau d'observation de la contamination chimique (ROCCH) - Surveillance 2011 dans le biote en Martinique. 11 p. + annexe <http://archimer.ifremer.fr/doc/00101/21208/>

Créocéan, 2011. Acquisition de connaissance sur le compartiment phytoplancton dans les masses d'eau côtières de Martinique. Pertinence du suivi pour la DCE.

Daniel, A., 2009. Techniques de prélèvement hydrologique. DVD téléchargeable sous <http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/dossiers/prelevementhydro/index.html>.

Daniel, A., 2012. Soutien au prélèvement et aux analyses des paramètres hydrologiques dans les DOM dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE. Rapport final, 17 p.

Daniel, A. & D., Soudant, 2009. Evaluation DCE avril 2009 : élément de qualité oxygène. Document général pour l'ensemble des masses d'eaux de la France métropolitaine - Convention 2009 - Action 4. 17 pp. + annexes.

Daniel, A. & R., Kérouel, 2012, 2011, 2010a, 2010b, 2009a, 2009b, 2008. Rapports de synthèse des essais interlaboratoires pour la mesure des nutriments en milieu marin. Essais des 12/06/12, 08/11/11, 02/11/10, 16/03/10, 27/10/09, 24/02/09, 19/02/08.

DEAL, 2012. Cahier des charges pour le suivi physico-chimie et phytoplancton des eaux littorales de Martinique au titre de la Directive Cadre sur l'Eau.

Delattre, M. & C., Vinchon, 2009. Mise en place du volet « hydro-morphologie » des eaux côtière et de transition dans le cadre de la Directive cadre sur l'eau. Phase 1 : méthodologie de définition du « très bon état » et identification préliminaire des paramètres à suivre. Rapport final de phase 1. BRGM/RP-57525-FR, 112 p., 24 fig., 19 tabl., 4 annexes.

Gailhard-Rocher, I., Artigas, L. F., Belin, C. & A., Lamoureux, 2012a. Traitement des données phytoplanctoniques et pigmentaires disponibles dans les DOMs. Analyse complémentaire des nouvelles données acquises et proposition de nouvelles acquisitions et approches complémentaires. Livrable 2 : rapport sur l'application de possibles indices phytoplanctoniques dans les DOMs à partir de l'analyse des données disponibles ; proposition de métriques et seuils. Rapport final. 31 p.

Gailhard-Rocher, I., Artigas, L. F. & C., Belin, 2012b. Traitement des données phytoplanctoniques et pigmentaires disponibles dans les DOMs. Analyse complémentaire des nouvelles données acquises et proposition de nouvelles acquisitions et approches complémentaires. Livrable 3 : Bilan de ce qui a été fait sur l'état des lieux et identification des besoins prioritaires dans chaque DOM. Proposition de stratégies à suivre (approches, techniques, etc.). Rapport final. 50 p.

Gonzalez, J-L, Guyomarch, J., Tapie, N., Munaron, D. & H., Budzinski, 2011. Potentiel des techniques d'échantillonnage passif (DGT, SBSE, POCIS) en milieu marin: exemples d'utilisation "grande échelle" (façade Méditerranée, DOM). Séminaire Aquaref "Echantillonneurs passifs et techniques alternatives de prélèvement", Nantes, 24 novembre 2011.

Gonzalez, J.-L., 2012. Formation à l'utilisation des techniques d'échantillonnage passif (DGT, POCIS, SBSE) en milieu marin : journées de formation et guide terrain. Rapport final Convention Ifremer/AQUAREF 2011. 31p.

Gonzalez, J.-L., Guyomarch J., Tapie N. et Budzinski H., 2014. Projet PEPS Martinique - Evaluation de la contamination chimique des eaux martiniquaises par les techniques d'échantillonnage passif - Application et soutien à la mise en place de la Directive européenne Cadre sur l'Eau. Campagne mai-juillet 2012. Rapport final provisoire, convention DEAL – OdE – CACEM n° 2011/5210852. 83 pages.

Impact-Mer, 2006. Définition du réseau de surveillance des masses d'eau littorales de la Martinique-Directive cadre Européenne sur l'Eau. Rapport pour le compte de DIREN Martinique, 70 p + annexes.

Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2009. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Définition de l'état de référence pour les Masses d'Eau de Transition de la Martinique. Années 2007/2008. Rapport final, Rapport pour: DIREN Martinique, 154 p.

Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2010. Directive Cadre Européenne sur l'Eau – Suivi des stations de référence et de surveillance des masses d'eau côtières et de transition au titre de l'année 2009 – Volet biologie – Réseau de référence, 166 p.

Impact-Mer & Ginger Environnement, 2011. Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des masses d'eau de transition de l'île de la Martinique à partir des épibiontes des racines de palétuviers. Spongiaires et autres espèces. Rapport de la première campagne de terrain. Rapport pour : DEAL Martinique, 49 p. + annexes.

Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011. Directive Cadre Européenne sur l'Eau. Suivi des stations de des réseaux de référence et de surveillance des masses d'eau côtières et de transition au titre de l'année 2010. Volet biologie. Rapport de synthèse : Réseau de référence. Rapport pour : DEAL Martinique, 203 p. (annexes incluses).

Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2011. Directive Cadre Européenne sur l'Eau. Suivi des stations de des réseaux de référence et de surveillance des masses d'eau côtières et de transition au titre de l'année 2010. Volet biologie. Rapport de synthèse : Réseau de surveillance. Rapport pour : DEAL Martinique, 159 p. (annexes incluses).

Impact-Mer & Pareto Ecoconsult, 2012. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Suivi des stations des Réseaux de Référence et de Surveillance des Masses d'Eau Côtières et de Transition au titre de l'année 2011. Volet Biologie. Rapport de synthèse. Rapport pour : DEAL Martinique, 228 p. (annexes incluses).

McField, M. & Kramer, P.R., 2007. Healthy Reefs for Healthy People: A Guide to Indicators of Reef Health and Social Well-being in the Mesoamerican Reef Region. With contributions by M. Gorrez and M. McPherson. The Smithsonian Institution, 207 p.

MNHN-SPN & ONEMA, 2012. Recommandations pour l'échantillonnage des paramètres DCE des éléments de qualité « récifs coralliens » et « herbiers de phanérogames » dans les DOM, 9 pages.

Muniz, P., Venturini, N., Pires-Vanin, A., Tommasi, L., Borja, A., 2005. Testing the applicability of a Marine Biotic Index (AMBI) to assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities, in the South America Atlantic region. Marine Pollution Bulletin, 50 (6): 624-637.

II. Guadeloupe

Aminot, A. & Chaussepied, M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre national pour l'exploitation des océans, BNDO. 396 pp.

Aminot, A. & Kérouel, R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Ed. Ifremer, 336 pp.

Belin, C., Bonnet, C. & Daniel, A., 2011. Compte-rendu de mission Martinique et Guadeloupe DCE + Quadriges². 21 p. + annexes.

Bocquéné, G., Gonzalez J.-L., Claisse D., 2011. Recommandations pour l'adaptation de la surveillance chimique de la DCE au contexte des DOM - Rapport final - Convention 2010 - Action 19. Onema, Ref. Convention Onema-Ifrermer 2010, 161p.

Bouchon, C., Bouchon-Navarro, Y., Louis, M., Portillo, P., 2003. Manuel technique d'étude des récifs coralliens de la région Caraïbe. Université des Antilles et de la Guyane. 56 pp.

Bouchon, C., Bouchon-Navarro, Y., Louis, M., 2004. Critères d'évaluation de la dégradation des communautés coralliennes dans la région Caraïbe. *Revue d'Ecologie (la Terre et la Vie)*, 59 (1-2), 113-121.

Daniel, A., 2012. Soutien au prélèvement et aux analyses des paramètres hydrologiques dans les DOM dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE. Partenariat 2011 Ifremer/ONEMA. Rapport Final action I-A-03(20). 18 pp.

Delattre, M. & Vinchon, C., 2009. Mise en place du volet « hydro-morphologie » des eaux côtière et de transition dans le cadre de la Directive cadre sur l'eau. Phase 1 : méthodologie de définition du « très bon état » et identification préliminaire des paramètres à suivre. Rapport final de phase 1. BRGM/RP-57525-FR, 112 p., 24 fig., 19 tabl., 4 annexes.

DIREN Guadeloupe, SCE-CREOCEAN, 2005. Directive Cadre, état des Lieux, 186 pp.

Ifremer, 2006. Surveillance du Milieu Marin. Travaux du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin. Edition 2006. 51 pp.

Miossec, L. & A., Huguet, 2013. Compte rendu mission DCE Guadeloupe / Martinique. 16p + annexes.

MNHN-SPN & ONEMA, 2012. Recommandations pour l'échantillonnage des paramètres DCE des éléments de qualité « récifs coralliens » et « herbiers de phanérogames » dans les DOM, 9 pages.

PARETO, Impact-Mer, ARVAM, ASCONIT, R.N. ST-MARTIN, 2007. Directive Cadre sur l'Eau : définition de l'état de référence et du réseau de surveillance pour les masses d'eau littorales de la Guadeloupe. Phase 1 : définition des sites de référence et de surveillance, rapport final, Décembre 2007, 47 pages + annexes.

PARETO, Impact-Mer, ARVAM, ASCONIT, R.N. St-Martin, 2009. Directive Cadre sur l'Eau : définition de l'état de référence et du réseau de surveillance pour les masses d'eau littorales de la Guadeloupe. Rapport de synthèse des deux années de suivi (2007-2009), rapport final. Décembre 2009, 106 pages + annexes.

PARETO, Impact-Mer, ARVAM, ASCONIT, R.N. St-Martin, 2010. Directive Cadre sur l'Eau : réalisation du contrôle de surveillance des masses d'eau littorales de la Guadeloupe. Biologie, Physico-chimie, Hydro-morphologie. Rapport de synthèse de la 2ème année de suivi. Tranche conditionnelle n°1 (2009-2010), rapport final, septembre 2010, 91 pages + annexes.

PARETO, Impact-Mer, ARVAM, ASCONIT, R.N. ST-MARTIN, 2012a. Directive Cadre sur l'Eau : réalisation du contrôle de surveillance des masses d'eau littorales de la Guadeloupe. Biologie, Physico-chimie, Hydromorphologie. Rapport de synthèse de la 4ème année de suivi. Tranche conditionnelle n°3 (2011-2012), rapport final, octobre 2012, 86 pages + annexes.

PARETO, ARVAM, Impact-Mer, 2012b. Prélèvement pour l'étude prospective micropolluants, Eaux de surface continentales et littorales de Guadeloupe – Lot n°2 Prélèvement sur les eaux littorales, Août 2012, 15 pages + annexes.

III. Guyane

Aminot, A. & R., Kerouel 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Méthodes d'analyses en milieu marin. Ed. Ifremer, 336pp.

Aminot, A. & R., Kerouel, 2007. Dosage automatique des nutriments dans les eaux marines : méthodes en flux continu. Ed. Quae, 188 p.

CREOCEAN, AQUASCOP, BRGM, 2006. Directive Cadre sur l'Eau - Etat des lieux : caractérisation du district hydrographique de la Guyane et registre des zones protégées. Rapport pour le comité de bassin de la Guyane, DIREN Guyane, 192 p.

Claisse D., 2007. Surveillance chimique. Guide de prélèvements d'échantillons marins pour l'analyse des contaminants chimiques. Rapport Ifremer R.INT.DCN-BE/2007/05/Nantes.

DIREN Guyane, 2009. « SDAGE de la Guyane, 2010-2015 ». 216p. http://www.bassin-guyane.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=23&Itemid=29

Gonzalez, J-L., Tapie, N., Guyomarch, J., Budzinski, H., 2013. PROJET PEPS *Guyane* - Evaluation de la contamination chimique des eaux guyanaises par les techniques d'échantillonnage passif (DGT, SBSE, POCIS). Application et soutien à la mise en place de la DCE - Campagne 2011-2012. 34 p. + annexes.

Marchand, M., 2011. Mise en place d'un programme de surveillance pour la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau (DCE) dans les eaux littorales de Guyane. Rapport IFREMER/DYNECO/VIGIES 11-20/MM. 26 p. + annexes.

IV. Réunion

BCEOM, ARVAM, PARETO ECOCONSULT, 2005. Etat des lieux du district hydrographique de La Réunion. Rapport pour DIREN Réunion, 189 p. + annexes.

Bigot, L., 2006. Les communautés de macrofaune benthique des sédiments côtiers en zone tropicale non récifale : Diversité et réponses aux modifications de l'environnement marin à La Réunion (Océan Indien). Thèse. Université de La Réunion.

Bigot, L., Grémare, A., Amouroux, J-M., Frouin, P., Maire, O. et Gaertner, J-C., 2008. Assessment of the ecological quality status of soft-bottoms in Reunion Island (tropical Southwest Indian Ocean) using AZTI marine biotic indices. *Marine Pollution Bulletin* 56: 704-722.

Bocquéné, G., Claisse, D., Gonzalez, J-L., Le Goff, R., Ropert, M., Turquet, J., Cambert, H., Navarro, O., 2011. Adaptation de la surveillance chimique de la DCE au contexte de l'île de la Réunion. Rapport final, Convention ONEMA / Ifremer 2009-2010 Fiche 21. 2011. 37 p.

Chabanet, P., 1994. Etude des relations entre les *peuplements* benthiques et les peuplements ichtyologiques sur le complexe récifal de Saint-Gilles / La Saline. Île de la Réunion. Thèse de Doctorat, Université de la Réunion. 235 pp + Annexes.

Conand, F., Marsac, F., Tessier, E. et Conand, C., 2007. A Ten-year Period of Daily Sea Surface Temperature at a Coastal Station in Reunion Island, Indian Ocean (July 1993 – April 2004): Patterns of Variability and Biological Responses. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.* Vol. 6, No. 1, pp. 1–16

Cuet, P., Naïm, O., Faure, G. et Conan, J-Y., 1988. Nutrient-rich groundwater impact on benthic communities of a Saline fringing reef (Reunion Island, Indian Ocean): preliminary results. *Proc. 6th Int. Coral Reef Symp.*, Townsville, August 8-12: 207-212.

Cuet, P., Turquet, J., Chiffolleau, J-F., 2006. Phase pilote d'extension du Réseau National Observation à la Réunion. Résultats des trois années de suivi (2002- 2005). Rapport Université de la Réunion – ARVAM – IFREMER pour le compte de la DIREN Réunion, 93 p.

Gonzalez, J-L., Turquet, J., Cambert, H., Budzinski, H., Tapie, N., Guyomarch, J. et Andral, B., 2009a. Mise en place d'échantillonneurs passifs pour la caractérisation de la contamination chimique des masses d'eau côtières réunionnaises: Campagnes Octobre 2008, Février 2009, PROJET PEPS La Réunion (Pré étude: Echantillonnage Passif pour la Surveillance de la contamination chimique), Rapport d'avancement. Juin 2009. 21p.

Gonzalez, J-L., Turquet, J., Cambert, H., Budzinski, H., Tapie, N., Guyomarch, J. et Andral B., 2009b. PROJET PEPS La Réunion (Pré étude: Echantillonnage Passif pour la Surveillance de la contamination chimique) : Mise en place d'échantillonneurs passifs pour la caractérisation de la contamination chimique des masses d'eau côtières réunionnaises. Rapport final, Convention IFREMER / DIREN n°07/1216859/TF. Novembre 2009. 89 p.

GT DCE Réunion "Physico-Chimie et Phytoplancton", 2012. Ropert Michel, Turquet Jean, Cuet Pascale, Cambert Harold, Duval Magali, Vermentot Coralie, Scolan Pierre, Le Goff Ronan, Maurel Laurence, Talec Pascal (2012). Fascicule technique pour la mise en oeuvre du réseau de contrôle surveillance DCE "Paramètres Physico-Chimiques & Phytoplancton : Réseau Hydrologique du Littoral Réunionnais". <http://archimer.ifremer.fr/doc/00168/27915/>

GT DCE Réunion "Benthos Substrats Meubles", 2012. Ropert Michel, Bigot Lionel, Frouin Patrick, Maurel Laurence, Scolan Pierre, Duval Magali, Le Goff Ronan, Talec Pascal, Turquet Jean, Vermentot Coralie (2012). Fascicule technique pour la mise en oeuvre du réseau de contrôle de surveillance DCE "Benthos de Substrats Meubles" à La Réunion. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00168/27913/>

GT DCE Réunion "Benthos Substrats Durs", 2012. Ropert Michel, Bigot Lionel, Chabanet Pascale, Cuet Pascale, Nicet Jean-Benoit, Maurel Laurence, Scolan Pierre, Cambert Harold, Cauvin Bruce, Duval Magali, Le Goff Ronan, Pothin Karine, Mouquet Pascal, Quod Jean-Pascal, Talec Pascal, Turquet Jean, Vermentot Coralie, Zubia Mayalen (2012). Fascicule technique pour la mise en oeuvre du réseau de contrôle de surveillance DCE "Benthos de Substrats Durs" à La Réunion. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00167/27806/>

GT DCE Réunion "Contaminants Chimiques", 2012. Ropert Michel, Gonzalez Jean-Louis, Cambert Harold, Turquet Jean, Andral Bruno, Duval Magali, Bocquene Gilles, Vermentot Coralie, Scolan Pierre, Le Goff Ronan, Maurel Laurence, Talec Pascal (2012). Fascicule technique pour la mise en oeuvre du réseau de contrôle surveillance DCE "Contaminants Chimiques". <http://archimer.ifremer.fr/doc/00168/27914/>

Guennoc, P., Villain, C., Thinon, I., Le Roy, M., 2008. Cartographie morphosédimentologique des fonds marins côtiers de l'île de La Réunion. Rapport final. Rapport BRGM/ RP-56579-FR. 41 pp + annexes.

Lazure, P., 2004. Délimitation des masses d'eaux naturelles dans le cadre de la mise en oeuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) : Applications aux eaux marines des Départements d'Outre-Mer : Guadeloupe, Martinique, Guyane, Réunion. RST/DEL/AO n° 04-2004. 27 p.

Le Goff, R., Ropert, M. (Coord.), et Bajjouk, T., Bein, A., Cambert, H., Cebeillac, A., Delacourt, C., Cuet, P., Duval, M., Maurel, L., Mouquet, P., Nicet, J.B., Populus, J., Quod, J.P., Talec, P., Turquet, J.,

Vermenot, C., Zubia, M., Cauvin, B., et Pothin, K., 2012. Projet « bio-indication » à La Réunion : définition d'indicateurs adaptés aux récifs coralliens de La Réunion. Rapport Final 2012. Conventions Onema/Ifremer de 2009 à 2012. En cours.

Naim, O., 1993. Seasonal responses of a fringing reef community to eutrophication (Reunion island, Western Indian ocean). *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 99: 307-315.

Naïm, O., Cuët, P. et Mangar, V., 2000. The Mascarene Islands. *In: Coral reefs of the Indian Ocean: their ecology and conservation.* T. McClanahan, Sheppard & Obura (eds), Oxford University Press, pp 353-381.

Ropert, M., Duval M., Maurel L., Vermenot C., Mouquet P., Nicet J. B., Talec P., Le Goff R. (2012). PROJET BON ETAT II : Actualisation de l'état des lieux du SDAGE, Volet "eaux côtières réunionnaises". <http://dx.doi.org/10.13155/27943>

Seuple, R., 1997. Algal growth on two sections of a fringing coral reef subject to different levels of eutrophication in Reunion Island. *Oceanologica Acta* 20: 851-861.

Turquet, J., Delesalle, B., Denis, M., Blanchot, J. 2008. Programme PHYTORUN. Structure et dynamique du Phytoplancton côtier de La Réunion. Résultats de l'étude complémentaire. Rapport ARVAM A.301. 38 p.

Turquet, J., Cambert, H., Gonzalez, J-L., Andral, B., 2008. Programme MODIOLE (2004-2008). Etude pilote pour la mise en place d'un outil de biomonitoring en milieu marin dans le cadre de la mise en place de la Directive Cadre Eau à la Réunion. Rapport ARVAM Ifremer pour le compte de la DIREN Réunion – FEDER. 92 pp + annexes.

Turquet, J., Quiniou, F., Stachowski-Haerkorn, S. Deslesmont, R., Durand, G., 2010. ERICOR – Evaluation du risque "pesticides" pour les récifs coralliens de la Réunion Rapport final, Convention MEDAD/ARVAM/Ifremer/IPL/IDHESA. Septembre 2010. 114 pp + Annexes

V. Mayotte

ARVAM *et al.*, 2010. Définition des réseaux de surveillance DCE de la qualité des masses d'eau côtières de l'île de Mayotte. Rapport final. Tomes 1 et 2. Dossier A364.

ARVAM *et al.*, 2011. Réseau Hydrologique du Littoral Mahorais. Rapport final - Campagne octobre 2010. 27 p. + annexes.

ARVAM *et al.*, 2012. Réseau Hydrologique du Littoral Mahorais (RHLM) - Rapport final - campagne avril 2011. 43 p. + annexes.

ASCONIT Consultants & ARVAM, 2006. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) de Mayotte. Etat des lieux et définition des problèmes principaux. 3 tomes, synthèse + atlas cartographique. Préfecture de Mayotte, DAF de Mayotte

Brivois O., Fontaine M., 2012. Résultats du classement de l'état hydromorphologique des masses d'eau littorales DCE dans deux DOM : Mayotte et la Martinique. Rapport final. BRGM/RP-61075-FR, 129 p. + annexes.

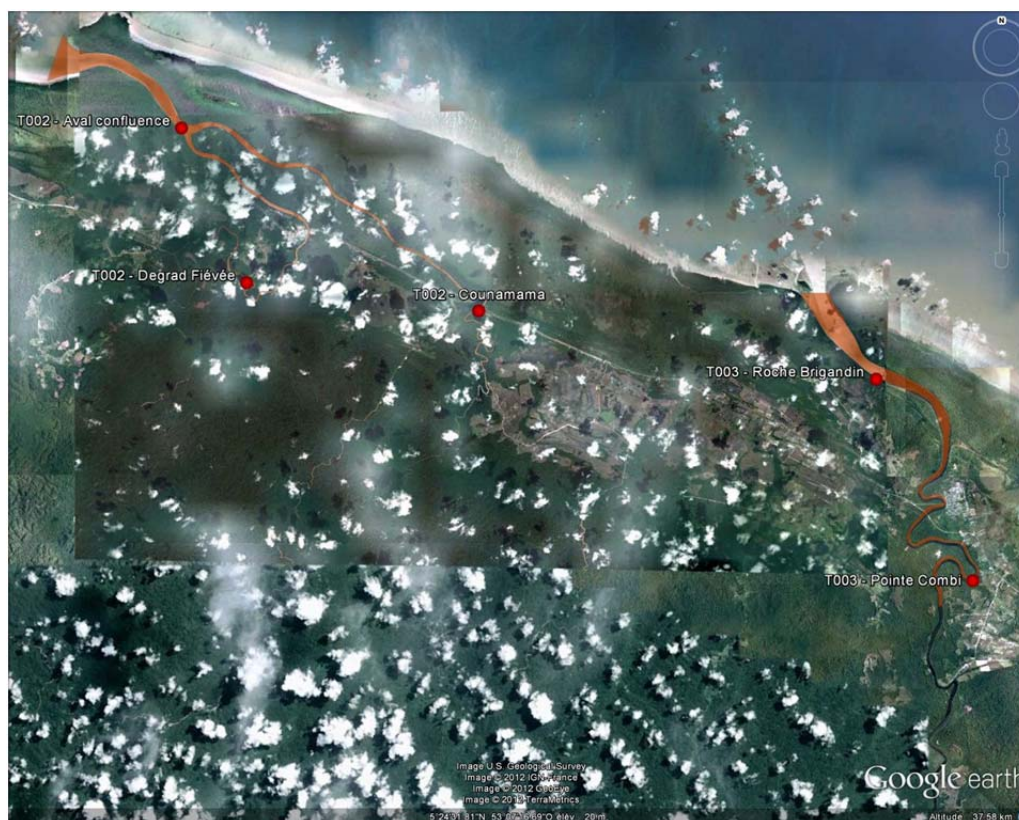
CEVA, 2011. La biodiversité algale au service du développement économique de Mayotte. Tome 1 : Etude préliminaire sur la biodiversité algale existante. Rapport pour le Syndicat Intercommunal d'Eau et Assainissement de Mayotte. 105 p.+ annexes

- Daniel, A. & D., Soudant, 2009. Evaluation DCE avril 2009 : élément de qualité oxygène. Document général pour l'ensemble des masses d'eaux de la France métropolitaine - Convention 2009 - Action 4. 17 pp. + annexes.
- Frouin, P. & L., Bigot, 2008. Herbiers des îles de l'ouest de l'océan Indien : Espaces-ressource de Biodiversité HILOI. Rapport de mission préparatoire, Ile de Mayotte. 15p.
- Guezel, R., Quartatato, A., Aboutoïhi, L., Saindou, K., Salaün, P., Ybrahim, B., Arnaud, J.P., 2009. Richesses de Mayotte - Parc naturel marin de Mayotte - Les hommes et l'océan - Mission d'étude pour la création d'un parc naturel marin à Mayotte. Agence des Aires Marines Protégées, 72 p.
- Jaouën, T., Akbaraly, A., Winckel, A., 2011. Définition des réseaux de surveillance DCE de l'état qualitatif des masses d'eaux souterraines, cours d'eau et côtières. Rapport final BRGM/RP-58229-FR. 144 p.
- MNHN-SPN & ONEMA, 2012. Recommandations pour l'échantillonnage des paramètres DCE des éléments de qualité « récifs coralliens » et « herbiers de phanérogames » dans les DOM, 9 pages.
- Munsch, C., Arzul, G., Bocquéné, G., Claisse, D., Grossel, H., Marchand, M., Tissier, C., Tixier, C., Tronczynski, J., 2004. Stratégie pour la surveillance des produits phytosanitaires en milieu marin côtier. Rapport IFREMER R.INT.DEL-PC/2004.17.
- PARETO *et al.*, 2011. Etude de la contamination chimique et de l'indicateur faune endogée des sédiments marins du lagon de Mayotte. Rapport final pour le BRGM. 36p. + annexes.
- PARETO *et al.*, 2012. Réseau Hydrologique du Littoral Mahorais (RHLM). Rapport final – Tranche Ferme. Campagne Novembre 2011. Rapport DEAL Mayotte. 71 p. + annexes.
- PARETO, IMPACT MER, ARVAM, ASCONIT, R.N. ST-MARTIN, 2013. Directive Cadre sur l'Eau : réalisation du contrôle de surveillance des masses d'eau littorales de la Guadeloupe. Biologie, Physico-chimie, Hydromorphologie. Rapport de synthèse final (5ème année de suivi). Tranche conditionnelle n°4 (2012-2013), rapport final, octobre 2013, 132 pages + annexes.
- Thomassin, B. A., Arnoux, A., Coudray, J., Froget, C., Gout, B., Kouyoumontzakis, G., 1989. The present lagoonal sedimentation of the Mayotte barrier reef-lagoon complex (High-Island, Sw Indian-Ocean) and its recent evolution in connection with terrigenous inputs. *Bulletin De La Societe Geologique De France*, 5: 1235-1251.
- Thomassin, B.A., Garcia, F., Lagadec, V., Sarrazin, L., Schembri, T., Wafo, E., Fontaine, M.F, Wickel, J., Jamon, A. & Perrot, Y., 2008. Evaluation de la qualité des eaux côtières du lagon à partir des polluants dosés dans les huitres médiolittorales (octobre-Novembre 2007). Etude réalisée par le GIS LAG-MAY pour le compte de l'IFRECOR et du Secrétariat d'Etat à l'Outre Mer. 123 pp + annexes.

ANNEXE : Situation géographique des stations de surveillance dans les MET Guyanaises



Maroni (T001 A) et Mana (T001 B)



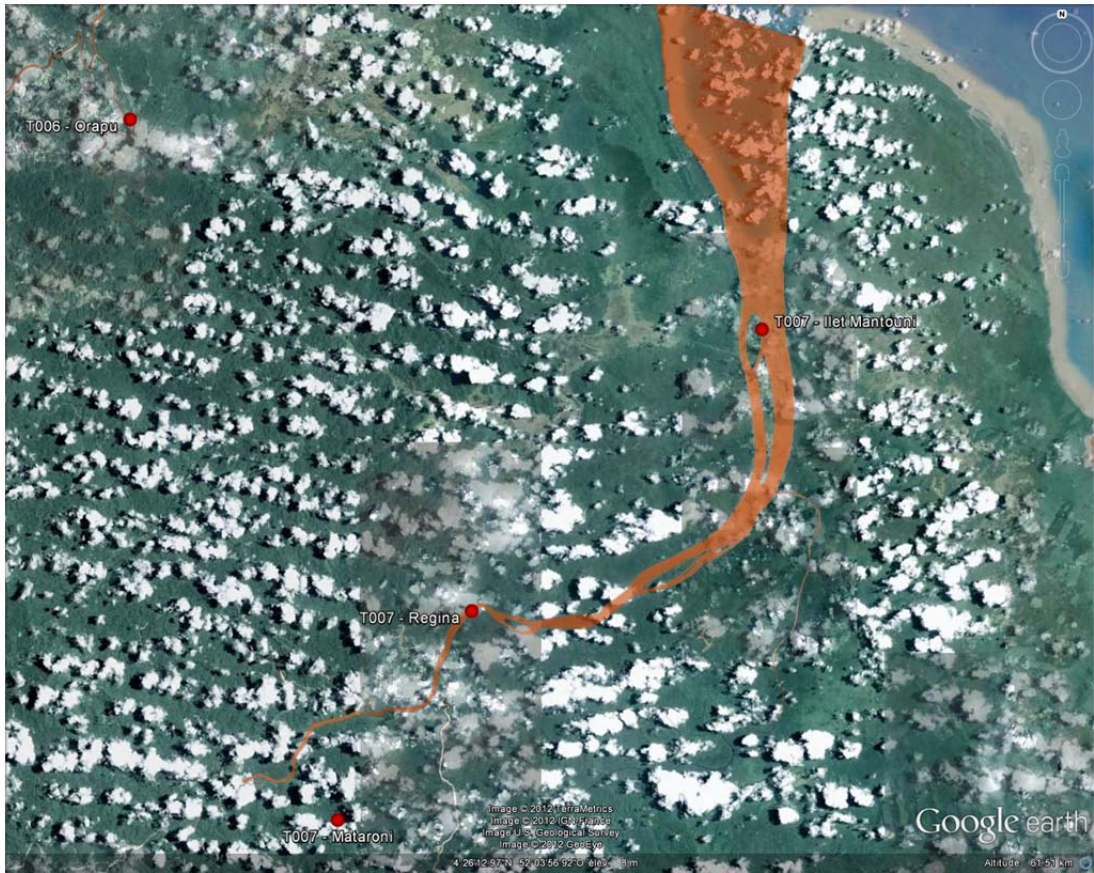
Iracoubo (T002) et Sinnamary (T003)



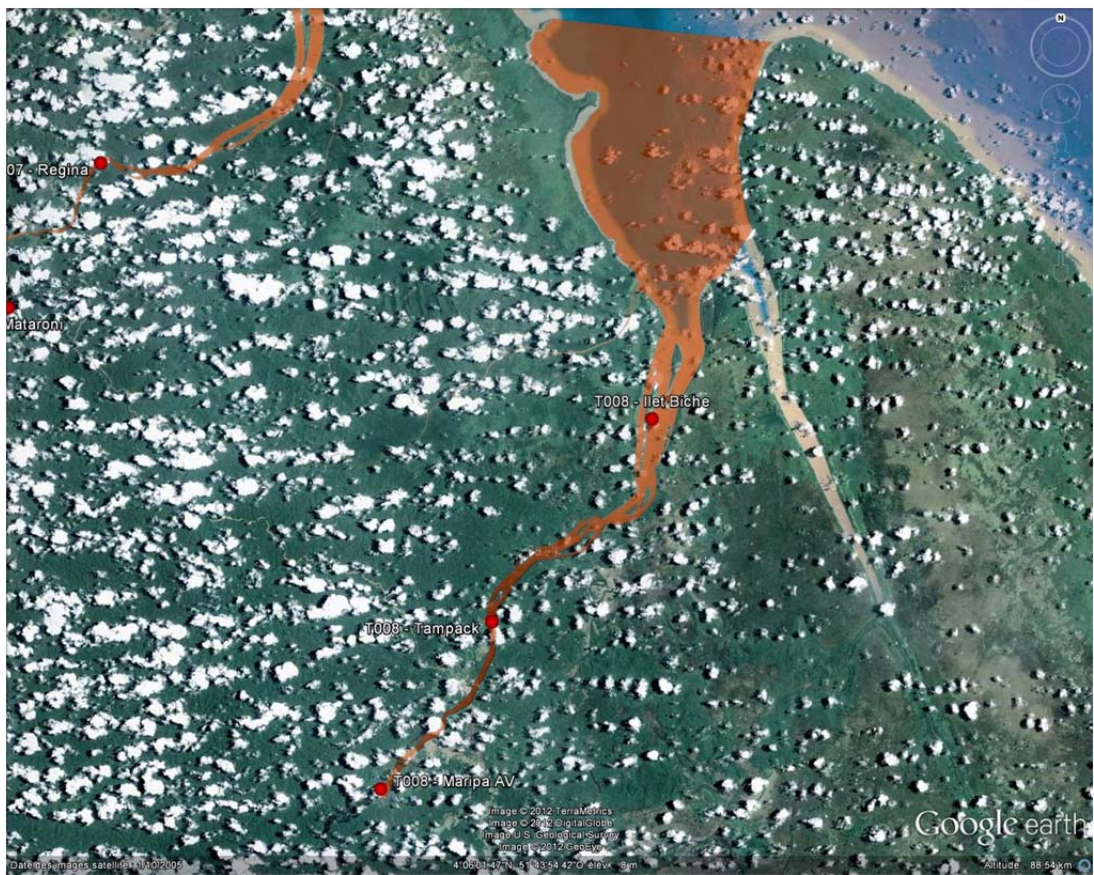
Kourou (T004)



Cayenne (T005) et Comté (T006)



Aprouague (T007)



Oyapock (T008)

Onema
Hall C – Le Nadar
5 square Félix Nadar
94300 Vincennes
01 45 14 36 00
www.onema.fr

Ifremer
Centre de Nantes
Rue de l'Île d'Yeu BP 21105
44311 Nantes Cedex 3
02 40 37 40 00
www.ifremer.fr