



**Direction Régionale de l'Environnement  
MARTINIQUE**

## Directive Cadre Européenne sur l'Eau



## *Définition du réseau de surveillance des masses d'eau littorales de la Martinique*

### Rapport définitif

Janvier 2006



Bureau : 38, Bvd Amilcar Cabral – 97200 Fort-de-France

Siège : Bel Évent – 97221 Le Carbet

Tel+Fax : 0596 63 31 35

Email : Impact-Mer @ wanadoo .fr

SIRET 394 052 286 00033

## Table des matières

<b>1 PRESENTATION GENERALE DE L'ETUDE.....</b>	<b>3</b>
1.1 PRESENTATION DE LA DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU.....	3
1.2 SPECIFICITES DU MILIEU LITTORAL MARTINQUAIS .....	3
1.3 OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	6
1.4 RAPPELS SUR LA DELIMITATION DES MASSES D'EAU LITTORALES .....	6
1.5 DEFINITION DU « RESEAU DE SUIVI » AU SENS DE LA DCE .....	9
1.5.1 <i>Objectifs du réseau de suivi .....</i>	9
1.5.2 <i>Définitions des deux types de « sites de suivi » .....</i>	9
1.5.2.1 Site de référence.....	9
1.5.2.2 Site de surveillance .....	9
<b>2 ETUDE ET PROPOSITION DE RESEAU DE SUIVI DES MASSES D'EAU LITTORALES DE MARTINIQUE.....</b>	<b>10</b>
2.1 CHOIX DES STATIONS DE SUIVI.....	10
2.1.1 <i>Adaptation de la méthodologie au contexte de la Martinique.....</i>	10
2.1.2 <i>Critères de sélection des sites de surveillance .....</i>	10
2.1.3 <i>Liste des stations de suivi, réparties par type de ME.....</i>	11
2.1.4 <i>Détail des stations du réseau de suivi .....</i>	14
2.1.4.1 Secteur Baie de Fort-de-France .....	14
2.1.4.2 Secteur Anses d'Arlet .....	16
2.1.4.3 Zone méridionale .....	17
2.1.4.4 Secteur Sud Atlantique .....	21
2.1.4.5 Secteur Nord Atlantique .....	26
2.1.4.6 Secteur Nord Caraïbe .....	27
2.1.5 <i>Intégration des réseaux de surveillance existants .....</i>	29
2.1.5.1 Réseau de surveillance IFRECOR.....	29
2.1.5.2 Réseau de suivi RNO.....	29
2.1.5.3 Autres réseaux de suivi.....	31
2.2 ADAPTATION DES PARAMETRES DE SUIVI AU MILIEU TROPICAL INSULAIRE.....	32
2.2.1 <i>Liste des paramètres à suivre selon la DCE.....</i>	32
2.2.1.1 Paramètres biologiques.....	32
2.2.1.2 Paramètres hydromorphologiques soutenant les paramètres biologiques.....	32
2.2.1.3 Paramètres chimiques et physicochimiques soutenant les paramètres biologiques .....	32
2.2.2 <i>Définition provisoire des conditions de référence.....</i>	33
2.2.2.1 Conditions de référence pour les paramètres biologiques.....	34
2.2.2.2 Analyse des paramètres hydromorphologiques .....	43
2.2.2.3 Conditions de référence pour les paramètres chimiques et physicochimiques .....	45
2.3 FREQUENCE DES MISSIONS DE SUIVI .....	60
2.4 GESTION DES DONNEES .....	61
2.4.1 <i>Compilation des données .....</i>	61
2.4.2 <i>Bancarisation des données .....</i>	62
2.4.3 <i>Interprétation des résultats .....</i>	62

<b>3 EVALUATION DES COUTS DU SUIVI ET ADAPTATION .....</b>	<b>63</b>
3.1 ESTIMATION DES COUTS .....	63
3.2 CHOIX DES SITES PAR ORDRE DE PRIORITE .....	65
3.3 CHOIX DES ANALYSES PAR ORDRE DE PRIORITE .....	66
<b>4 PROPOSITIONS D'ETUDES COMPLEMENTAIRES.....</b>	<b>67</b>
<b>5 BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>70</b>
<b>6 ANNEXES.....</b>	<b>76</b>

# 1 Présentation générale de l'étude

---

## 1.1 PRÉSENTATION DE LA DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU

La Directive-cadre sur l'eau (DCE ou Directive 2000/60/EC du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour la politique communautaire dans le domaine de l'eau) a été publiée au Journal Officiel des Communautés européennes le 22 décembre 2000 et est donc entrée en vigueur à cette date. La Directive établit un cadre pour la protection de l'ensemble des eaux des pays européens.

La DCE vise à assurer l'atteinte du bon état de toutes les masses d'eau, d'ici à 2015.

L'article 11 du texte de la DCE préconise l'élaboration d'un programme de mesures à mettre en place pour réaliser les objectifs fixés par district hydrographique. Ces programmes de mesures devant tenir compte des résultats des analyses obtenus lors des suivis de l'état des masses d'eau (annexe V, article 5). A partir de 2006 un réseau de suivi des masses d'eau doit donc être mis en place pour connaître l'état écologique et chimique des masses d'eau de Martinique.

## 1.2 SPECIFICITES DU MILIEU LITTORAL MARTINQUAIS

La DCE et notamment les guides méthodologiques édités pour l'application de celle-ci dans les états membres sont basés essentiellement sur les conditions et milieux littoraux de l'Europe continentale et son climat tempéré. La Martinique (Figure 1) est une île située dans la Caraïbe. Elle présente des particularités liées à son milieu tropical et insulaire dont il faut tenir compte :

- Il s'agit d'une île volcanique dont les sols sont facilement érodables.
- Elle est soumise à un climat tropical humide.
- Le relief (point culminant : la montagne Pelée à 1 397 m) favorise l'érosion des sols, les pentes accentuent les débits de crue des rivières et les transports solides.
- La population est de forte densité. Elle est concentrée entre Fort-de-France / Lamentin / Saint Joseph (50 % de la population). La répartition sur le reste du territoire est très inégale (Bourgs et « quartiers » denses ou hameaux, habitat diffus).
- L'industrie polluante, relativement peu développée, est composée de plusieurs distilleries réparties sur l'île, d'une raffinerie de pétrole au Lamentin, de carrières situées dans le nord et de deux centrales thermiques EDF.
- L'agriculture est essentiellement tournée vers les cultures de bananes et de canne à sucre. Le maréchage (en faible proportion) favorise l'érosion et les pollutions par les phytosanitaires, il n'est donc pas négligeable.
- La pêche est de type artisanal (petite pêche côtière) et se déploie vers le large grâce aux DCP (Dispositif de Concentration des Poissons) ; les fonds côtiers sont surexploités.
- Le plateau insulaire est peu étendu. Il est composé de nombreuses entités ce qui lui confère un caractère très hétérogène. Il est cantonné à la côte Atlantique.
- Les côtes s'étendent sur 350 km, les constructions récifales sur environ 70 km pour une surface de moins de 200 km<sup>2</sup>. D'après Bouchon & Bouchon-Navarro (1998), 80 % de ces récifs sont dégradés ou en voie de dégradation, à cause des activités anthropiques.

- Les récifs bioconstruits (coralliens ou algo-coralliens) sont absents de la côte ouest (excepté la baie de Fort-de-France, bien que des peuplements coralliens y soient bien développés en dessous d'une dizaine de mètres de profondeur. Les herbiers et mangroves sont peu développés sur la côte Caraïbe.

- Le récif frangeant bioconstruit de la côte méridionale présente une grande richesse spécifique.

- La côte sud-est est dotée d'une barrière récifale d'origine algo-corallienne qui s'étend sur près de 25 km, coupée par de nombreuses passes. A l'abri de cette barrière, des herbiers à *Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme* occupent les fonds de baie, mangroves et lagons.

- Les mangroves sont des forêts littorales de grand intérêt qui ont été en grande partie détruites. Actuellement, on en trouve essentiellement dans les principales baies (Fort-de-France, Marin, Robert, Galion), sur les côtes méridionale et sur la moitié sud-est de l'île.

- La recherche scientifique sur le milieu aquatique martiniquais est en développement mais ceci est assez récent et peu d'études environnementales ont été menées jusqu'à présent, particulièrement dans le milieu marin. Le peu de données disponibles est donc disparate.

Toutes ces caractéristiques font qu'une étude à l'échelle globale de la Martinique s'appuie sur peu d'informations qui sont de plus très hétérogènes. Certains résultats et propositions de cette étude seront donnés sur avis d'experts et en adaptant les guides méthodologiques établis pour l'Europe continentale. Ces propositions et ces choix pourront éventuellement être modifiés et adaptés au fur et à mesure de l'avancée des connaissances.



Figure 1 : Carte générale de la Martinique et du plateau insulaire. Limite bathymétrique bleue : 20 m de profondeur, limite bathymétrique verte : 50 m de profondeur.

## 1.3 OBJECTIFS DE L'ETUDE

Selon la directive-cadre européenne, la définition de « l'état écologique » doit être établie pour chaque type de masse d'eau du district (Figure 2).

Cette notion se mesure sous la forme d'un écart à une référence : l'état des masses d'eau doit être déterminé à partir des résultats du suivi des masses d'eau de surveillance et de leur écart par rapport à l'état des masses d'eau de référence.

Le réseau de surveillance vise à suivre l'évolution des masses d'eau littorales, de transition et les lagunes côtières de la Martinique (Figure 3).

L'objectif principal de la présente étude est donc de définir les modalités du réseau de surveillance pour les eaux côtières de la Martinique.

Pour répondre à cet objectif deux étapes principales sont nécessaires :

- + La détermination des sites, où seront effectués les suivis physicochimiques et écologiques, pour chaque masse d'eau de la Martinique.
- + La détermination des paramètres à suivre ainsi que leur valeur seuil dite « de référence ».

De plus la mise en place du réseau de surveillance implique l'estimation des coûts qui vont être nécessaires à ce suivi. Les coûts financiers seront présentés à la fin de l'étude.

## 1.4 RAPPELS SUR LA DELIMITATION DES MASSES D'EAU LITTORALES

L'état des lieux du district hydrographique de la Martinique réalisé en 2005 par Impact-Mer a permis de délimiter un certain nombre de masses d'eau. Ce choix a été fait en fonction de la complexité du trait de côte et de la bathymétrie, des variations de l'exposition aux vents, houle atlantique et courants, des fortes pressions littorales liées à une forte démographie et à un haut niveau de vie, ainsi que de la diversité et la sensibilité des biocénoses littorales antillaises (type eutrophisation, hypersédimentation et écotoxicité).

La description des huit types de masse d'eau et des 23 masses d'eau littorales (Figures 2 et 3) du district martiniquais est indiquée en annexe 1.

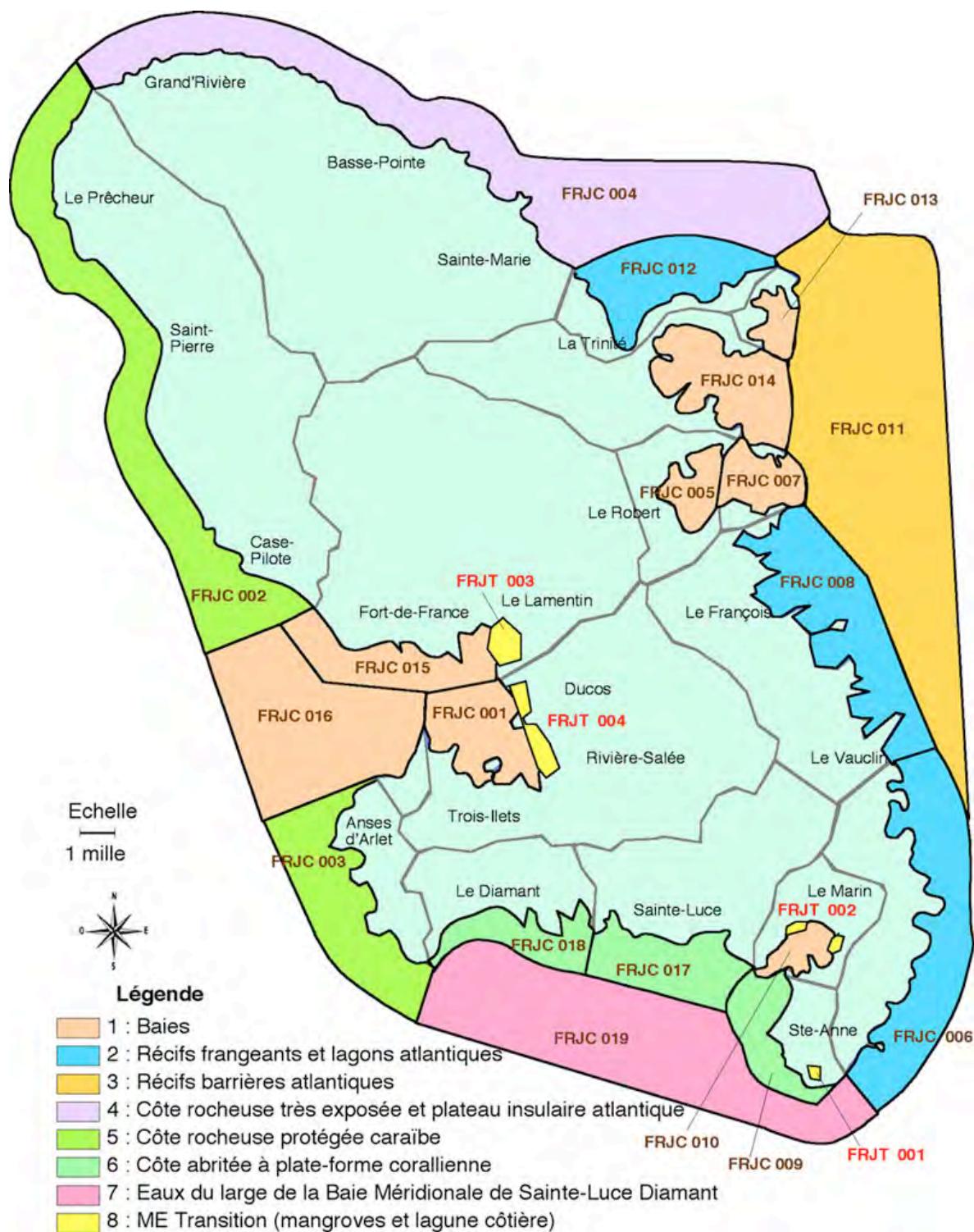


Figure 2 : Carte représentant les masses d'eau du littoral martiniquais appartenant aux huit types de masse d'eau littorales.



**Figure 3 : Carte de la Martinique où sont représentées les 19 masses d'eau côtières et les 4 masses d'eau de transition.**

## 1.5 DEFINITION DU « RESEAU DE SUIVI » AU SENS DE LA DCE

### 1.5.1 Objectifs du réseau de suivi

Le premier objectif est de communiquer au niveau européen, pour fin 2006, les « conditions de référence » par type de masses d'eau obtenu par le suivi des « sites de référence ».

Chaque état membre doit fournir les éléments techniques précis sur la base desquels il envisage de construire son niveau de « bon état écologique » et ses méthodologies d'évaluation de l'état des masses d'eau. Il s'agit en particulier de constituer des listes de taxons de références pertinents (phytoplancton, invertébrés sessiles, poissons) par type de masse d'eau.

Le but du réseau de suivi est également de contribuer à la mise au point de méthodologies « DCE compatibles » pour l'évaluation de l'état des masses d'eau littorales.

### 1.5.2 Définitions des deux types de « sites de suivi »

#### 1.5.2.1 Site de référence

Un site de référence est une station qui va permettre de déterminer les conditions de référence pour un type de masse d'eau.

Il s'agit de choisir un site correspondant à un très bon état écologique (ou à défaut : un bon état écologique). Dans un premier temps, le choix des sites est fonction des données existantes sur les pressions exercées sur le milieu et sur la circulation des eaux littorales. Une étude ultérieure (2006-2007) prendra en charge le suivi de ces sites de référence *potentiels* et déterminera s'ils peuvent être conservés ou non comme site de référence.

Pour être considéré comme site de référence, les résultats des analyses effectuées doivent être meilleurs que les valeurs seuil de chaque paramètre. Ces seuils sont définis par des Normes de Qualité Environnementales (NQE), à dire d'experts ou selon des données issues de la littérature scientifique.

#### 1.5.2.2 Site de surveillance

Un site de surveillance est une station représentative de la masse d'eau concernée et où seront mesurés plusieurs paramètres biotiques et abiotiques. Les sites de surveillance permettront de veiller au bon état écologique et chimique des masses d'eau en fonction de leur écart aux conditions de référence. Ils permettront également de suivre l'évolution des masses d'eau face aux changements à long terme qu'ils soient d'origine naturelle ou dus à l'activité anthropique.

## 2 Etude et proposition de réseau de suivi des masses d'eau littorales de Martinique

### 2.1 CHOIX DES STATIONS DE SUIVI

#### 2.1.1 Adaptation de la méthodologie au contexte de la Martinique

L'état des lieux du district maritime a mis en évidence un manque de connaissances de l'état général des milieux littoraux autour de la Martinique. C'est pourquoi, la DIREN Martinique a choisi d'étudier en parallèle dès 2006 les « sites de référence potentiels » (afin d'en vérifier la pertinence) et les « sites de surveillance ». L'ensemble des données recueillies permettra d'élargir la connaissance du milieu, de sélectionner les sites de suivi pertinents et d'adapter les méthodologies de suivi biologique et les paramètres chimiques étudiés.

#### 2.1.2 Critères de sélection des sites de surveillance

La localisation des sites est déterminée selon plusieurs critères, et basée sur **les connaissances** et **les suivis existants** en Martinique. Il s'agit essentiellement des études anciennes réalisées par l'UAG (Université Antilles-Guyane) (Laborel, Bouchon, Louis etc.) des données en interne et études réalisées par le bureau d'études Impact-Mer depuis 1993 (études de rejet, d'impact, cartographies des biocénoses, des pressions littorales...), 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).

Le choix des stations de suivi a donc été proposé à partir des critères présentés ci-après par ordre d'importance décroissante :

- + **Selon la masse d'eau ou le type de masse d'eau.** En effet il est souhaitable - mais non impératif - d'avoir un site de surveillance par masse d'eau et un site de référence par type de masse d'eau. (voir en annexe la description des différents types de masses d'eau littorales).
- + **Selon la représentativité** de l'état général de la masse d'eau pour la surveillance. C'est-à-dire en fonction du biotope (profondeur, géomorphologie, courants...), des pressions et **des écosystèmes** présents (herbiers, communautés coralliniennes ou mixtes) lorsque ceux-ci sont connus (recherche bibliographique) ou observables à partir des orthophotos IGN, donc selon **des critères de délimitation des masses d'eau** (établis dans la caractérisation du district hydrographique de la Martinique, Impact-Mer *in Asconit Consultants & Impact-Mer*, 2004b).
- + **Selon le faible niveau de pression littorale** et / ou **le bon renouvellement des eaux** pour les sites de référence. Les sites connus ou supposés en très bon état ou à défaut en bon état sont alors considérés comme des sites de référence potentiels – à confirmer ou infirmer selon les résultats des premiers suivis biologiques et chimiques
- + les **réseaux de suivi existants** ont autant que possible été intégrés au réseau de suivi de la DCE. Des propositions d'extension de ces réseaux en adéquation avec la méthodologie DCE sont prévues, en concertation avec les organismes concernés.
- + Selon la **faisabilité technique**. C'est-à-dire en fonction de l'accessibilité des sites, notamment des conditions hydrodynamiques (agitations et courants) et accessoirement des possibilités de mise à l'eau d'embarcation légère à proximité.

En plus des stations de suivi « lourd » à proprement parler (Tableau 1), où seront effectués des suivis biologiques, physicochimiques et hydromorphologiques, nous proposons un « suivi biologique rapide » de quelques sites autour de certaines stations (Tableau 2). Notamment dans les baies où

les conditions et les écosystèmes varient beaucoup. Un survol de la zone sera effectué pour noter le type de biocénose et son état de santé (sans plus de détail). Le but de ce survol est de donner une **notion de qualité générale** de la masse d'eau et de vérifier si le site de suivi « approfondi » est bien représentatif de la masse d'eau.

Ces stations seront géoréférencées sur le terrain lors de la première campagne de suivi. Ici nous ne donnerons qu'une indication sur la localisation de ces « suivis rapides ».

### 2.1.3 Liste des stations de suivi, réparties par type de ME

Type de masse d'eau	Masse d'eau	Nom de la station
Baies	FRJC001	Fort-de-France : Gros Ilet
	FRJC015	Fort-de-France : Banc Gamelle
	FRJC016	Fort-de-France : Atterrissage rouge
	FRJC010	Baie du Marin
	FRJC005	Le Robert : Pointe Fort
	FRJC007	Le Robert : Ilet à Rats
	FRJC013	<b>Baie du Trésor</b> *
	FRJC014	Baie du Galion
Récifs frangeants et « lagons » atlantiques	FRJC006	Ilet Chevalier Caye Pariadis
	FRJC008	<b>Petite Pinsonnelle</b> * Caye Ronde
	FRJC012	Loup Ministre
Récif barrière atlantique	FRJC011	<b>Loup Garou</b> *
Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire atlantique	FRJC004	Nord Lorrain <b>Cap Saint Martin</b> *
Côte rocheuse protégée Caraïbe	FRJC002	Prêcheur : Pointe Lamare Fond Boucher
	FRJC003	<b>Pointe de la Baleine</b> * Pointe Burgos
Côte abritée à plateforme corallienne	FRJC018	Caye d'Obian
	FRJC017	<b>Jardin tropical</b> * Pointe Borgnesse
	FRJC009	Banc des trois Cayes
Eaux du large de la grande baie de Diamant Sainte-Luce	FRJC019	<b>Rocher du Diamant</b> *
Masses d'Eau de Transition (mangroves et lagune côtière)	FRJT003	Baie du Lamentin
	FRJT004	Baie de Genipa
	FRJT002	Mangrove ouest du Marin (Manuel) Mangrove est du Marin (O'Neil)
	FRJT001	L'étang des Salines

Tableau 1 : Liste des 30 stations du suivi selon le type de masse d'eau. \* : stations de référence potentielles.

Les stations de suivi sont représentées sur la figure 4.

Les sites de « suivi rapide » se situent essentiellement dans les baies et havres. Les points à « survoler » (indications sur biocénoses présentes et l'état de santé) sont indiqués dans le tableau 2.

Type de masse d'eau	Masse d'eau	Nom du site de suivi rapide
Baie	FRJC016	Fort-de-France : Ilet à Ramiers
	FRJC010	Marin : Caye face à l'îlet Baude
	FRJC005	Robert : Caye de Pointe Royale
	FRJC007	Robert : Caye de Pointe Hyacinthe Robert : Récif de l'îlet Madame Robert : Récif de l'îlet Chancel
	FRJC014	Galion : Caye de la Pointe Jean Claude Galion : Caye de la Pointe Rouge
	FRJC012	Tinté : Anse Cosmy Trinité : Pointe de la Batterie Ilet Tartane
Récifs frangeants et « lagons » atlantiques		

Tableau 2 : Liste des 11 sites de suivi rapide à effectuer en complément des stations d'étude.

De plus il est envisagé de suivre deux autres stations ne rentrant pas dans le schéma prévu par la DCE, mais qui sont dotées d'un intérêt indéniable :

- La mesure de la qualité des eaux côtières se base sur les apports venant des bassins versants et le bruit de fond océanique. Il serait opportun de définir **une station au large de la Martinique**, côté Atlantique, pour analyser le bruit de fond physicochimique de l'eau océanique des Petites Antilles. La courantologie générale de la Caraïbe étant caractérisée par un courant d'est en ouest, ce site correspondrait à une masse d'eau vierge de toute pollution directe. Les résultats des analyses physicochimiques obtenus à cet endroit permettrait de déterminer une eau dite « de référence ». En fonction des résultats obtenus pour les masses d'eau côtières, il serait possible de déduire les mesures de la qualité d'eau « normale ».

- 3 des masses d'eau de transition délimitées lors de l'état du district hydrographique concernent les **mangroves** principales de l'île, chacune traversée par un cours d'eau pérenne et significatif (cohé du Lamentin, baies de Génipa et du Marin). Ces écosystèmes subissent une très forte pression anthropique. Or il faut définir une masse d'eau de transition de référence, c'est-à-dire en très bon état. Ce qui ne sera pas le cas pour les mangroves choisies, du fait de la proximité des sources de pollution. Il est donc nécessaire de définir une autre station dans un écosystème de mangrove subissant moins de pression, et qui pourra éventuellement permettre de déterminer des conditions de référence. Les mangroves situées dans le havre du Robert, la baie des Anglais ou la baie du Trésor semblent correspondre à des mangroves en bon état. Bien qu'elles ne correspondent pas totalement à la définition d'une masse d'eau de transition, du fait de l'absence de cours d'eau pérenne.

Ces deux stations pourront faire l'objet d'une étude annexe de la DCE. Le cas échéant, leur position et description seront effectuées.

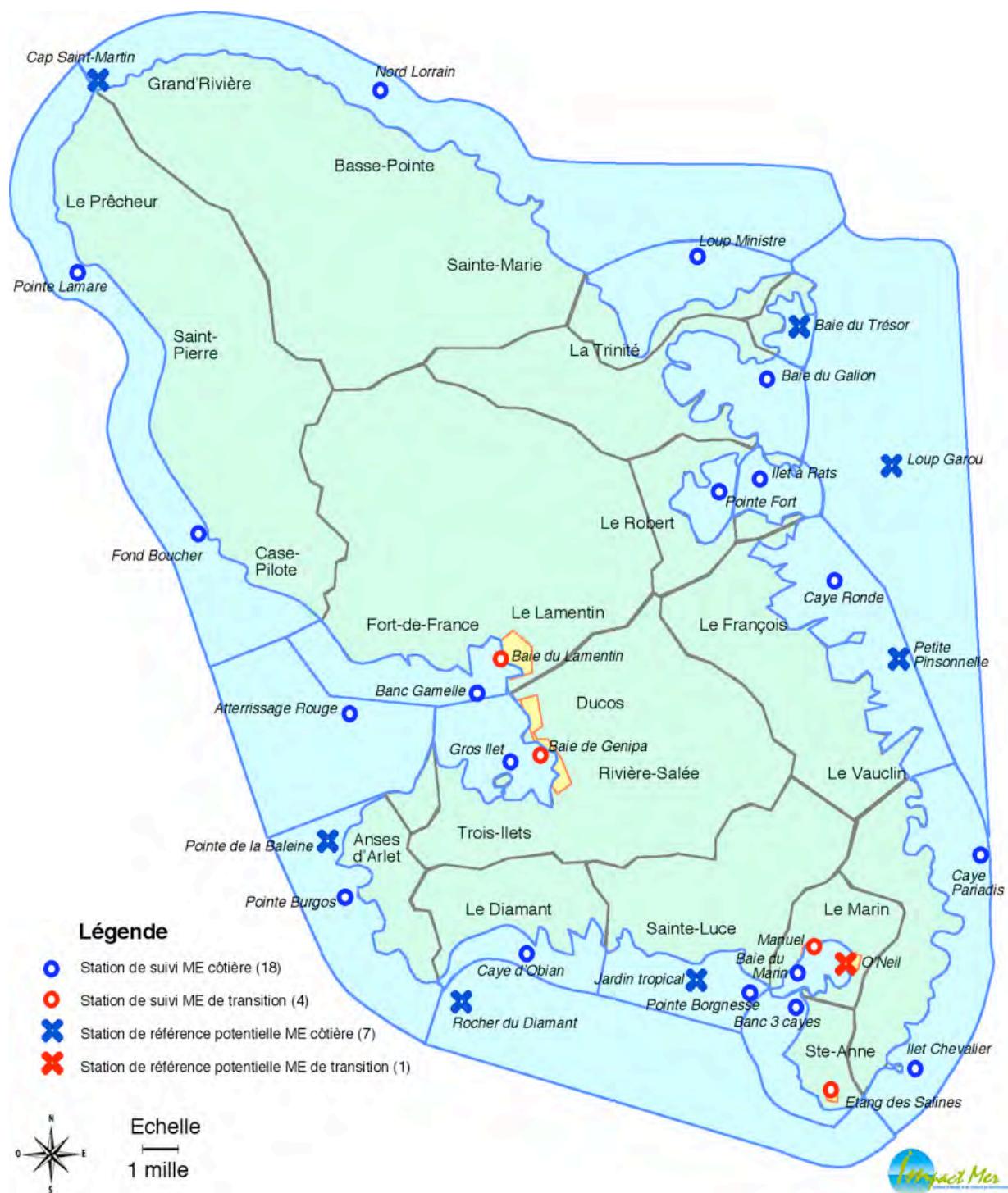


Figure 4 : Carte représentant les stations du réseau de suivi des masses d'eau littorales (masses d'eau côtières et de transition) de Martinique. (Les stations de référence sont susceptibles d'être modifiées, selon les premiers résultats du suivi.)

## 2.1.4 Détail des stations du réseau de suivi

Le détail de chaque station extrait de la caractérisation du district hydrographique de la Martinique (Impact-Mer in Asconit Consultants & Impact-Mer, 2004b) est indiqué en annexe 1. La position des sites est indiquée en UTM 20 – WGS 84. Les points GPS indiquent la localisation des stations sur le terrain, les points théoriques sont indiqués en annexe 2. La position exacte des sites sera précisée lors de la mise en place du suivi sur le terrain.

Les sites de suivi rapide ne sont pas détaillés ici car leur localisation n'est à ce jour qu'indicative. Il conviendra de les géoréférencer lors de la première campagne d'étude. Le choix précis du site est laissé à l'appréciation de l'équipe effectuant les suivis.

### 2.1.4.1 Secteur Baie de Fort-de-France

La baie de Fort-de-France est composée de cinq masses d'eau : trois masses d'eau côtières (FRJC001, FRJC015 et FRJC016) et deux masses d'eau de transition (FRJT003 et FRJT004).

La baie de Fort-de-France est une zone riche en coraux. 38 espèces ont été observées par Bouchon et Laborel en 1986, malgré le niveau de pollution élevée. Dans la baie la richesse spécifique maximale se trouve entre 5 m et 10 m de profondeur ; en deçà, l'envasement et la turbidité de l'eau s'opposent à la survie des coraux.

Trois sites du suivi RNO (paramètres physicochimiques) seront utilisés pour la surveillance des masses d'eau côtières. Deux autres sites vont être déterminés pour étudier les masses d'eau de transition.

Les stations de suivi sont décrites ci-dessous :

- site **Banc Gamelle**, dans la ME FRJC015 : site RNO 203, vers la bouée 4L.

Position GPS : 711 000 / 16 12 400, profondeur : -21 m. Accès par Fort-de-France ou Trois-Îlets.

Descriptif : caye couverte d'herbier à *Thalassia testudinum* avec coraux épars.

- site **Gros îlet**, dans la ME FRJC001 : site RNO 204, vers la bouée sud de la caye Sobbé.

Position GPS : 714 000 / 16 09 800, profondeur : -8 m. Accès par la marina de la Pointe du Bout ou Trois-Îlets.

Descriptif : le site montre des vestiges de vie corallienne florissante ; actuellement la biocénose dominante est un herbier de *T. testudinum* très envasé (Bouchon & Laborel, 1986 ; Pérès, comm. pers.).



**Figure 5 : Position des stations Banc Gamelle et Gros Ilet dans le fond de la baie de Fort-de-France.**

- site **Atterrissage Rouge**, dans la ME FRJC016 : site RNO 207, vers la bouée de chenal rouge n°1, proche du banc du Gros Ilet.

Position GPS : 706 550 / 16 12 180, profondeur : -14 m. Accès par Fort-de-France ou Trois-Îlets.

Description : le site, à dominance corallienne, semble en relativement bon état.



**Figure 6 : Position du site RNO : Atterrissage rouge, dans la baie de Fort-de-France.**

- site **Baie du Lamentin**, dans la MET FRJT003 : au sud du morne Cabris, station de suivi des huîtres RNO.

Position GPS : 712 400 / 16 15 300, profondeur : -1 m. Accès par le Club de voile Neptune ou par le port Cohé.

Descriptif : le site se trouve en bordure de mangrove, au nord de la rivière La Lézarde. Le bassin versant du Lamentin est un des plus importants en Martinique du point de vue superficie et activité anthropique. Les pressions sont d'origine urbaine, industrielle et agricole.



**Figure 7 : Position du site Baie du Lamentin dans la mangrove de la Lézarde.**

- site **Baie de Genipa**, dans la MET FRJT004 : entre les rivières Manche et Salée.

Position GPS : 716 250 / 16 09 600, profondeur : -1 m. Accès par le canal de Ducas.

Descriptif : le site se trouve dans une baie de mangrove. Les apports d'eau douce se font principalement par la Rivière Salée et les canaux de Ducos et Petit Bourg. Le bassin versant, essentiellement agricole est de plus en plus urbanisé. Les flux de matière en suspension dans la baie de Genipa sont les plus importants de la baie de Fort-de-France.



**Figure 8 : Position du site Baie de Genipa dans la masse d'eau de transition FRJT004.**

#### 2.1.4.2 Secteur Anses d'Arlet

La zone des Anses d'Arlet est composée d'une seule masse d'eau côtière (FRJC003). Il est recommandé de prospection deux sites dans cette masse d'eau.

La côte Caraïbe supporte des communautés corallines riches, dont le développement récifal est peu important (Bouchon & Laborel, 1986)

Description des stations de suivi :

- site **Pointe de la Baleine**, dans la ME FRJC003. Site de référence potentiel.

Position GPS : 705 000 / 16 06 000, profondeur : -15 m. Accès par le village Anse d'Arlet ou Grande Anse.

Descriptif : la géomorphologie du site est une pente rocheuse couverte de coraux en bon état de santé avec peu de couverture algale (quelques Sargasses), donc on suppose une pression anthropique faible provenant des activités de la baie de Fort-de-France.

- site **Pointe Burgos**, dans la ME FRJC003.

Position GPS : 705 700 / 16 03 200, profondeur : -15 m. Accès par la commune Anse d'Arlet ou le lieu-dit Grande Anse.

Description : le site est un tombant corallien en bon état. La zone est souvent sujette à de forts courants.



Figure 9 : Position des sites des Pointes Baleine et Burgos dans la masse d'eau Anses d'Arlet.

#### 2.1.4.3 Zone méridionale

La zone méridionale est composée de cinq masses d'eau côtières (FRJC009, FRJC010, FRJC017, FRJC018 et FRJC019), une masse d'eau de transition (FRJT002) séparée en deux mangroves et une lagune côtière (FRJT001).

Les peuplements des récifs de la côte méridionale et des tombants rocheux de la côte sous le vent atteignent leur richesse spécifique maximale vers 20 m – 25 m de profondeur. Dans cette tranche

bathymétrique les coraux sont abrités des houles cycloniques et bénéficient d'un éclairement encore suffisant (Bouchon & Laborel, 1986) quand l'eau est peu chargée en particules sédimentaires.

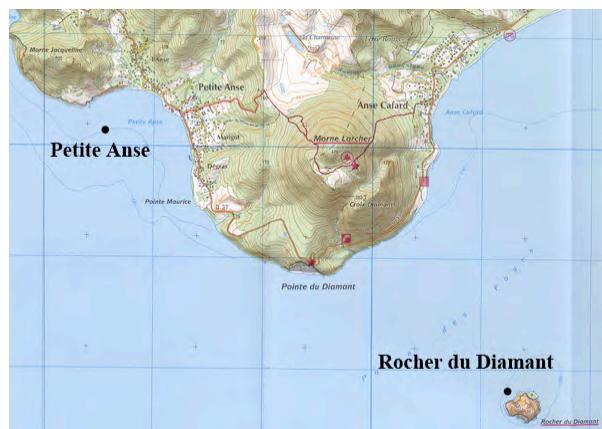
Deux sites du suivi IFRECOR vont être utilisés pour la surveillance des paramètres biologiques (coraux, oursins, poissons) : Jardin Tropical et Pointe Borgnesse.

Description des stations de suivi :

- site du **Rocher du Diamant**, dans la ME FRJC019. Site de référence potentiel.

Position GPS : 711 570 / 15 97 760, profondeur : -15 m. Accès par la commune du Diamant.

Descriptif : le rocher du Diamant est un îlet au sud ouest de la Martinique. La partie nord est abritée et le substrat rocheux est couvert de Sargasses et autres macro-algues. La face au vent, située plus à l'ouest, est constituée de formation corallienne en bon état de santé entre 12 et 23 m de profondeur (cette zone est souvent traversée par des courants forts).

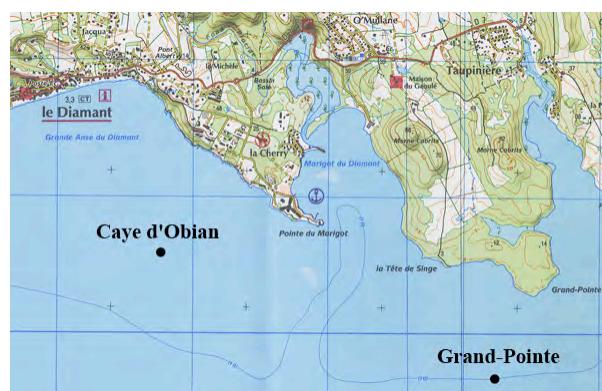


**Figure 10 : Position du site Rocher du Diamant à l'extrême sud ouest de la Martinique.**

- site **Caye d'Obian**, dans la ME FRJC018.

Position GPS : 713 700 / 16 00 520, profondeur : -5 m à -10 m. Accès par la commune du Diamant.

Descriptif : le site est une caye peu profonde où la présence de Sargasse a été signalée (Brugneaux, comm. pers.).



**Figure 11 : Position de la station Caye d'Obian sur la côte méridionale.**

- site **Jardin Tropical**, dans la ME FRJC017 : station de suivi IFRECOR proche de la Grande Caye. Site de référence potentiel.

Position GPS : 723 600 / 15 99 200, profondeur : - 7 m. Accès par la commune de Ste Luce ou la marina du Marin.

Descriptif : le site possède une grande richesse spécifique corallienne (coraux vivants de 56 % à 71 %, colonies de taille remarquable) et ichtyologique. Le peuplement algal est limité et le site est considéré comme en étant en très bon état de santé. Un transect permanent est installé à 7 m de profondeur (Brugneaux & Pérès, 2005).



Figure 12 : Position de la station Jardin Tropical.

- site **Pointe Borgnesse**, dans la ME FRJC017 : station de suivi IFRECOR.

Position GPS : 725 850 / 15 98 220, profondeur : -11 m. Accès par la commune de Ste Luce ou la marina du Marin.

Descriptif : la station se trouve sur la pente externe récifale dont le substrat bioconstruit est constitué de grandes colonies coraliennes (recouvrement de 30 % à 35 % de 2001 à 2003), de richesse spécifique élevée (23 espèces) surtout en mauvais état de santé. Le recouvrement algal est assez important (53 % en 2001 et 50 % en 2003). Un transect permanent est installé sur le site à 11 m de profondeur (Brugneaux *et al.*, 2004).

- site **Banc des Trois Cayes**, dans la ME FRJC009 : caye la plus à l'ouest du banc des 3 cayes.

Position GPS : 727 400 / 15 98 200, profondeur : -4 m. Accès par la marina du Marin.

Descriptif : la biocénose dominante du site est un peuplement corallien en forte densité entouré d'algue et de communauté mixte (Impact-Mer, 2001c).

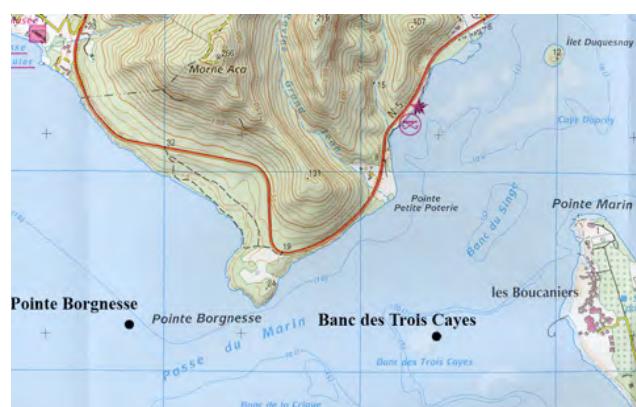
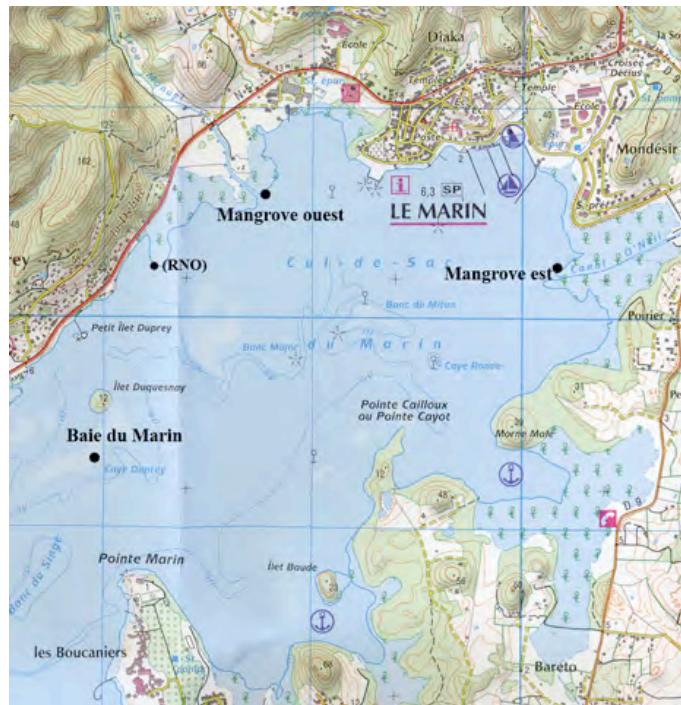


Figure 13 : Position des stations Pointe Borgnesse (site IFRECOR) et Banc des Trois Cayes.

- site **Baie du Marin**, dans la ME FRJC010 : sur la caye Duprey au sud de l'îlet Duquesnay.

Position GPS : 727 900 / 15 99 340, profondeur : -5 m. Accès par la marina du Marin.

Descriptif : l'écosystème dominant du site est une communauté mixte composée de colonies coralliniennes (en faible densité et en état dégradé), de nombreuses éponges sur un substrat meuble avec herbier à *T. testudinum* (Impact-Mer, 2001a).



**Figure 14 : Position des stations de la baie du Marin. Les sites Mangrove ouest et Mangrove est concernent la masse d'eau de transition FRJT002. La station de suivi des *Isognomon* (RNO) se trouve au sud du site Mangrove ouest.**

- site **Mangrove Est du Marin**, dans la MET FRJT002 : devant le canal O'Neil. Site de référence potentiel pour les mangroves.

Position GPS : 730 170 / 16 00 240, profondeur : surface. Accès par la marina du Marin.

Descriptif : la mangrove située à l'est de la baie du Marin est abritée du clapot. Le substrat est de type vaseux. La rivière O'Neil est chenalée pour le passage des yoles. Le bassin versant moyennement urbanisé est très peu arrosé. Les activités portuaires sont une forte pression pour la baie et les mangroves.

- site **Mangrove Ouest du Marin**, dans la MET FRJT002 : à l'embouchure de la rivière Trou Manuel (station de suivi des huîtres RNO au sud de la mangrove Duprey).

Position GPS : 728 800 / 16 00 600, profondeur : surface. Accès par la marina du Marin.

Descriptif : la zone de mangrove à étudier est située au nord de l'embouchure de la rivière Trou Manuel. Elle est essentiellement constituée de palétuviers du genre *Rhizophora*. Le site est plus ou moins exposé au clapot et le substrat est vaseux (vase grise). La description de la mangrove entre le bourg, l'embouchure de la ravine Trou Manuel et Duprey a été effectuée par Impact-Mer (2004).

A 600 m au sud-ouest se trouve la station de suivi des bivalves *Isognomon alatus* dans le cadre du programme RNO. La station RNO intégrera le suivi biologique du site Mangrove Ouest du Marin.

- site **Etang des Salines**, dans la MET FRJT001 : au sud de l'étang.

Position GPS : 729 300 / 15 93 000 (selon possibilité et proximité de l'herbier), profondeur : subsurface. Accès par la route des Salines.

Descriptif : l'étang est une lagune sursalée reliée à la mer par deux canaux (ouest et sud) dont l'un d'eux est en partie comblé. Le renouvellement en eau est très faible. La lagune est peu profonde (1 m maximum). La majeure partie du fond est occupée par une couche superficielle de vase molle pouvant atteindre 1 m d'épaisseur. La macro-faune benthique est essentiellement constituée de crustacés. La faune ichtyologique est relativement riche (diversité spécifique élevée) et abondante. Trois zones d'algues et d'herbiers ont été recensées dans la partie sud de la lagune. (Saffache, 2000; Unesco, 1986; Bouchon *et al.*, 1998; Monti, 2001).



Figure 15 : La station Etang des Salines située à l'extrême sud est de la Martinique est un site de masse d'eau de transition (lagune côtière).

#### 2.1.4.4 Secteur Sud Atlantique

La zone sud Atlantique est composée de sept masses d'eau côtières (FRJC005, FRJC006, FRJC007, FRJC008, FRJC011, FRJC013 et FRJC014).

Sur la côte Atlantique la barrière récifale est d'origine algale plus que corallienne. On trouve des prairies de sargasses sur les récifs. Les peuplements coralliens ne sont bien représentés qu'en arrière de la barrière récifale, c'est-à-dire dans le lagon (Bouchon & Laborel, 1986).

Un site du suivi IFRECOR va être utilisé pour la surveillance des paramètres biologiques (îlet à rats).

Description des stations de suivi :

- site **Îlet Chevalier**, dans la ME FRJC006.

Position GPS : 734 700 / 15 96 000, profondeur : -6 m. Accès par le Cap Chevalier.

Descriptif : la zone est couverte par des herbiers à *Thalassia testudinum* et / ou *Syringodium filiforme*, sur un substrat meuble ou corallien de faible profondeur. Le site est proche du récif barrière il risque donc d'être fortement agité. La position du site sera modifiée si nécessaire.



Figure 16 : Position de la station Ilet Chevalier. Le site à étudier est un herbier.

- site **Caye Pariadis**, dans la ME FRJC006.

Position GPS : 736 000 / 16 09 000 , profondeur : -7 m. Accès par le Vauclin.

Descriptif : la caye Pariadis culmine entre 1 m et 2 m de profondeur. La zone d'étude est située à l'abri du récif barrière, elle risque cependant d'être agité. La position du site sera modifiée si nécessaire. Les biocénoses de cette zone ont été peu étudiées, il pourrait s'agir d'herbiers ou de communautés mixtes.

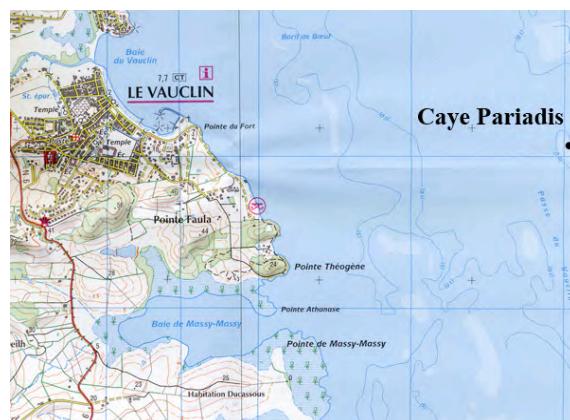


Figure 17 : Position de la station à l'ouest de la Caye Pariadis.

- site **Petite Pinsonnelle**, dans la ME FRJC008. Site de référence potentiel.

Position GPS : 733 400 / 16 15 000, profondeur : -6 m. Accès par Le François.

Descriptif : le site est constitué d'une caye de 0 à 4 m de profondeur puis d'une pente vers l'intérieur du lagon. Le substrat est mixte, corallien et sableux. Les biocénoses présentes sont principalement des herbiers de *Thalassia testudinum* avec des coraux typiques d'herbier. Ce site est proche du récif barrière qui le protège partiellement des déferlements les plus violents (Battistini, 1978).

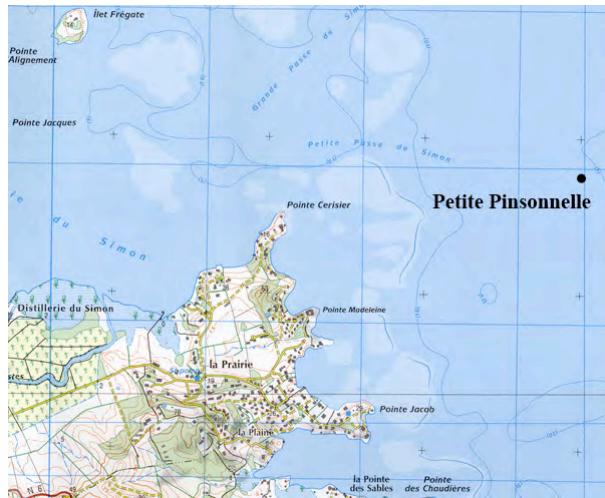


Figure 18 : Position du site Petite Pinsonnelle située au large de la baie du Simon.

- site **Caye Ronde**, dans la ME FRJC008.

Position GPS : 729 800 / 16 18 700, profondeur : -8 m à -12 m. Accès par Le François.

Descriptif : le station est située sur une petite caye face à la commune du François. La caye est couverte d'herbiers.



**Figure 19 : Le site Caye Ronde est situé au nord est de la commune du François.**

- site **Illet à Rats**, dans la ME FRJC007 : ouverture de la baie du Robert : station de suivi IFRECOR.

Position GPS : 726 400 / 16 24 450, profondeur : -3 m. Accès par Le Robert, Pointe Fort.

Descriptif : le site est situé sur la pente externe du récif frangeant. La station étudiée par l'OMMM grâce à un transect est dominée par les algues (61 %), le recouvrement corallien est faible (26 %). On note la présence de gorgones (Brugnaux *et al.*, 2004).

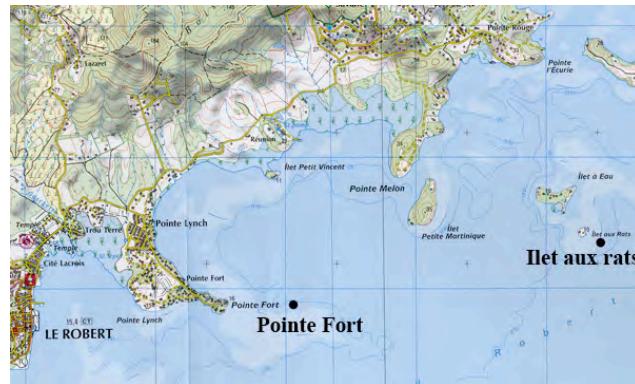


Figure 20 : Les sites Pointe Fort et Ilet à Rats (station IFRECOR) sont situés dans le havre du Robert.

- site **Pointe Fort** dans la ME FRJC005 : fond de la baie du Robert.

Position GPS : 724 100 / 16 23 930, profondeur : -4 m. Accès par Le Robert, Pointe Fort.

Descriptif : le site est situé sur le tombant de la caye de Pointe Fort. La biocénose présente est une communauté mixte (communauté corallienne et herbier à *Thalassia testudinum*) dégradée (Impact-Mer, 2005).

- site **Baie du Galion**, dans la ME FRJC014 : vers la Pointe Brunel.

Position GPS : 726 600 / 16 32 100, profondeur : -5 m à -10 m. Accès par Le Robert, Pointe Fort.

Descriptif : le site est un tombant situé vers l'entrée de la baie.

- site **Baie du Trésor**, dans la ME FRJC013 : cayes centrales face à la Pointe Salomon. Site de référence potentiel pour les baies.

Position GPS : 727 400 / 16 32 500, profondeur : -5 m à -10 m. Accès par Le Robert, Pointe Fort ou Spoutourne.

Descriptif : le site est composé d'un front récifal peu profond et d'une zone épirécifale où se trouvent des herbiers et coraux épars, envahi de sargasses par endroits (Rathier & Tsiodoulos, 1991). La baie du Trésor est une enclave maritime protégée des vents dominants et de la houle. La baie du Trésor est une ZNIEFF marine (Bouchon *et al.*, 1997) qui borde le littoral de la réserve de la Caravelle. Elle fait l'objet d'un cantonnement de pêche et avait été proposée et étudiée pour sa mise en réserve marine (Impact-Mer, 1998).

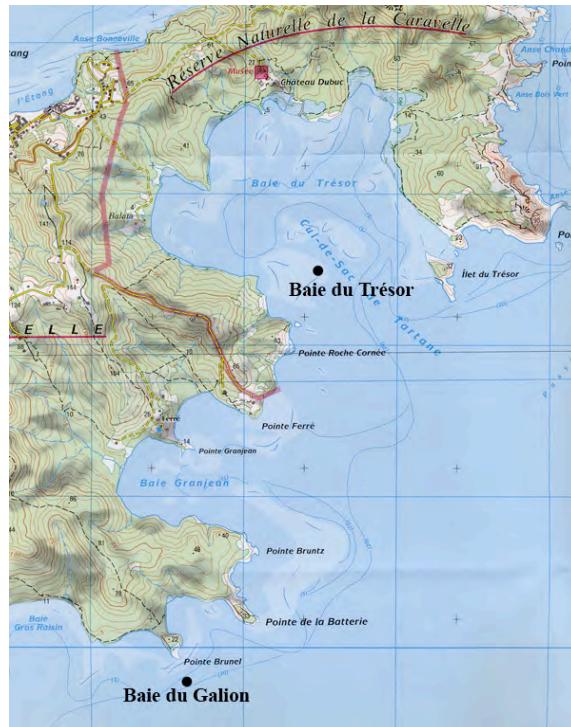
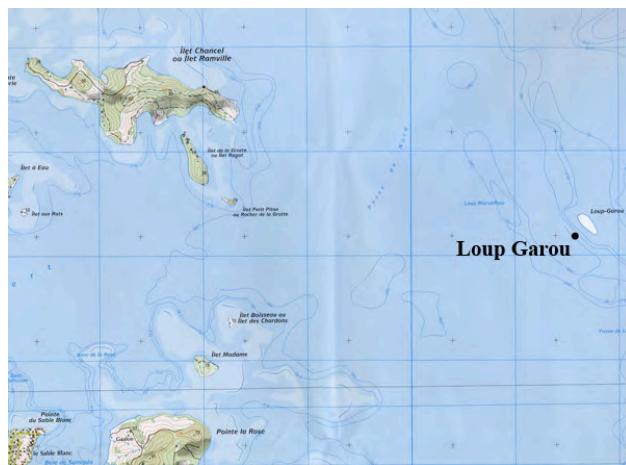


Figure 21 : Les stations Baie du Galion et Baie du Trésor sont situées au sud de la Caravelle.

- site **Loup Garou** dans la ME FRJC011. Site de référence potentiel.

Position GPS : 731 600 / 16 24 200, profondeur : -5 m à -15 m. Accès par Le Robert, Pointe Fort.

Descriptif : la station est située sur le récif barrière, il est donc difficile d'accès en cas de forte houle mais l'îlet protège le site des fortes agitations. On trouve 2 types de communautés benthiques distinctes : un peuplement corallien dense et une communauté algale à base de sargasses descendant jusqu'à 20 m de profondeur (Bouchon & Laborel, 1986).



**Figure 22 : Le site Loup Garou est situé au large de la baie du Robert.**

### 2.1.4.5 Secteur Nord Atlantique

La zone nord Atlantique est composée de deux masses d'eau côtières (FRJC004 et FRJC012).

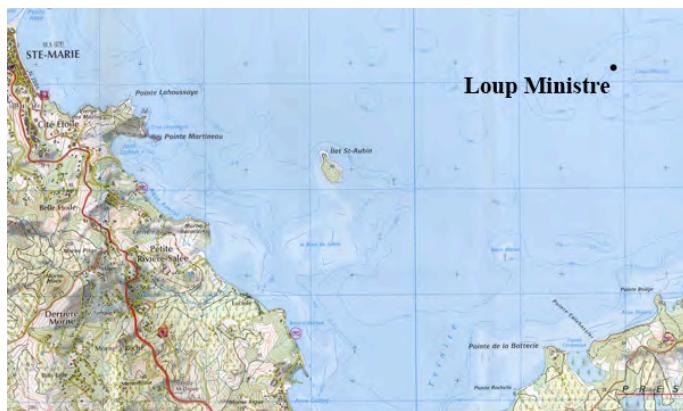
La côte Atlantique nord est majoritairement constituée d'une pente sableuse soumise à une forte houle. Quelques herbiers sont dispersés le long de cette masse d'eau mais leur localisation précise ne sera connue que courant 2006 grâce à une reconnaissance des fonds marins réalisée par sonar (OMMM). Les sites seront donc probablement repositionnés après analyse de ces résultats.

Description des stations de suivi :

- site **Loup Ministre**, dans la ME FRJC012.

Position GPS : 721 800 / 16 35 150, profondeur : -5 m à -10 m. Accès par Sainte Marie.

Descriptif : le site est situé sur un loup (haut fond récifal) au nord de la presqu'île de la Caravelle. La station est difficile d'accès car très exposée à la houle et aux vagues.



**Figure 23 : Le site du Loup Ministre est situé à l'ouverture du havre de Trinité.**

- site **Nord Lorrain** (ou Marigot), dans la ME FRJC004.

Position GPS : 712 400 / 16 41 100 (approximation), profondeur : -9 m à -20 m. Accès par Sainte Marie.

Descriptif : la station reste à définir en fonction des premiers résultats du sonar utilisé pour la cartographie du littoral martiniquais (avril 2006, OMMM). Le site est constitué d'une pente sableuse très exposée à la houle et aux vagues où l'on trouve quelques herbiers.



**Figure 24 : Le site Nord Lorrain sera définitivement positionné courant 2006 après une étude cartographique dans le secteur nord Atlantique.**

- site **Cap Saint Martin**, dans la ME FRJC004. Site de référence potentiel.

Position GPS : 693 400 / 16 44 200, profondeur : -15 m. Accès par Grand Rivière.

Descriptif : le site est principalement constitué de fond sableux mais on rencontre quelques colonies corallines (Brugneaux, comm. pers.). Le site peut être exposé à la houle et est donc difficile d'accès.



**Figure 25 : Le site Cap Saint Martin est situé à l'extrême nord de la Martinique.**

#### **2.1.4.6 Secteur Nord Caraïbe**

La zone 6 est composée d'une seule masse d'eau côtière (FRJC002).

La côte nord Caraïbe est caractérisée par des pentes souvent importantes. Cette forte inclinaison limite la surface colonisable par les peuplements benthiques entre 0 et 40 m de profondeur. Par ailleurs le nord est marqué par des épandages sous-marins volcaniques originaires de la Montagne Pelée et des Pitons du Carbet. L'action mécanique des houles cycloniques sur des pentes sableuses instables limite le développement des constructions coraliennes. Néanmoins les peuplements coralliens recensés en 1986 par Bouchon et Laborel montrent une forte richesse spécifique.

Un site de suivi IFRECOR va être utilisé pour la surveillance des paramètres biologiques (Fond Boucher).

Description des stations de suivi :

- site **Pointe Lamare**, dans la ME FRJC002 : au sud du Prêcheur.

Position GPS : 692 250 / 16 34 850, profondeur : -15 à 25 m. Accès par Le Prêcheur ou Saint Pierre.

Descriptif : le site est composé d'une pente sableuse ponctuée de falaises rocheuses plus ou moins recouvertes de coraux.

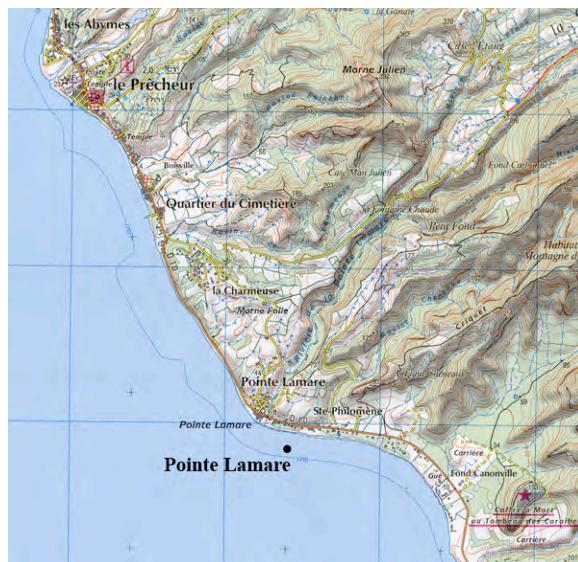


Figure 26 : La station Pointe Lamare est située au sud du Prêcheur.

- site **Fond Boucher**, dans la ME FRJC002 : station de suivi IFRECOR.

Position GPS : 698 400 / 16 21 100, profondeur : 8,5 m. Accès par Case Pilote.

Descriptif : le site est constitué d'une pente rocheuse entrecoupée de coulées sédimentaires. La richesse spécifique décroît lentement avec la profondeur, jusqu'à une pente sédimentaire (vers 30 m de profondeur) (Bouchon & Laborel, 1986). Les biocénoses sont constituées de gazon algal (45 %) et d'un placage corallien (19 %) sur substrat volcanique (Brugneaux *et al.*, 2004).

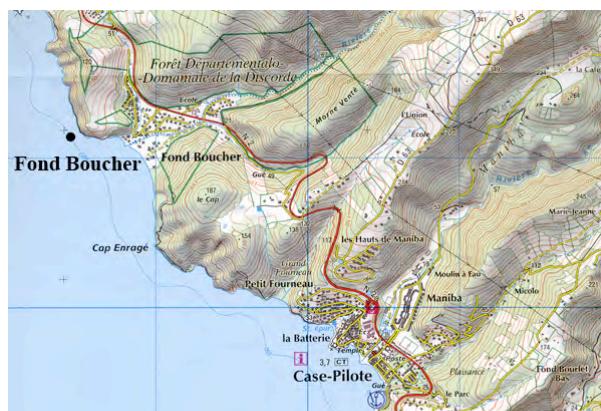


Figure 27 : Le site Fond Boucher est une station de suivi IFRECOR.

## 2.1.5 Intégration des réseaux de surveillance existants

Il existe en Martinique plusieurs réseaux de surveillance de la qualité du milieu marin. Il s'agit principalement des réseaux IFRECOR et RNO décrit ci-après (Figure 28). Parmi les sites des suivis existants, seules les stations répondant aux critères de sélection des sites du suivi DCE seront sélectionnées.

### 2.1.5.1 Réseau de surveillance IFRECOR

Dans le cadre de l'extension du programme de suivi des écosystèmes aquatiques caribéens, IFRECOR prévoit en 2006 la mise en place d'une douzaine de sites répartis autour de la Martinique afin de les caractériser et d'évaluer leur état de santé. Le choix de ces sites est établi selon les exigences du réseau de suivi de la DCE. Les stations IFRECOR (4 stations existantes et 12 nouvelles prévues en 2006 avec un suivi « allégé ») participeront au réseau de suivi biologique des masses d'eau côtières. Le protocole d'étude à mettre en place sera adapté à partir du manuel d'étude des zones tropicales établi en 2001 par Bouchon *et al.*.

Les douze stations de suivi IFRECOR qui seront mises en place par l'OMMM en 2006 sont les suivantes :

Le **Gros Ilet**, le site **Atterrissage Rouge** et **Banc Gamelle** dans la baie de Fort-de-France

La **Pointe de la Baleine** et la **Pointe Burgos** dans la zone des Anses d'Arlet

Le **Rocher du Diamant** et le **Banc des trois Cayes** sur la côte méridionale

Le **Cap Chevalier** et le **Loup Garou** pour la zone Atlantique sud

Le **Loup Ministre** et le **Lorrain** pour la zone Atlantique nord

La **Pointe Lamare** pour la zone Caraïbe nord

### 2.1.5.2 Réseau de suivi RNO

Le Réseau National d'Observation (RNO) du milieu marin, coordonné par IFREMER (Didier Claisse) en relation avec la Cellule de Qualité des Eaux Littorales (CQEL), est mis en place en Martinique depuis Septembre 2001. Il a pour principal objectif d'évaluer l'enrichissement du milieu marin en nutriments, par les apports continentaux : qualité des eaux (CQEL) et contamination de la matière vivante (IFREMER).

+ Qualité des eaux (CQEL)

Actuellement le suivi hydrobiologique (analyse des paramètres physicochimiques) est effectué sur sept sites dans la baie de Fort-de-France. Trois stations seront intégrées au suivi des masses d'eau de la DCE. Les données obtenues sur les quatre sites non intégrés au suivi DCE pourront cependant être analysées afin de mieux comprendre le fonctionnement de la baie de Fort-de-France.

Les paramètres mesurés lors des suivis RNO sont les suivants : la température (en °C), la salinité, les matières en suspension (en mg / l), et les nutriments (en µmol / l) tels que l'ammonium, les nitrates, les nitrites, et les phosphates.

+ Contamination de la matière vivante (IFREMER)

Le suivi des contaminants dans la matière vivante (composés organostanniques : TBT, MBT et DBT ; PCB et métaux) a été initié en 2002 sur des espèces sentinelles : l'huître de palétuvier *Crassostrea rhizophorae* et « l'huître » plate de palétuvier *Isognomon alatus*. Actuellement les prélèvements sont effectués quatre fois par an en quatre stations : les mangroves du Lamentin (rivière Lézarde), de Ducos (baie de Génipa), du Marin (site Duprey) et du Robert (Anse Coco). Selon D. Claisse, coordinateur du RNO, pour les suivis à venir, seule *Isognomon alatus* sera

étudiée car celle-ci présente les avantages d'être ubiquiste et d'avoir une croissance plus rapide que *Crassostrea*. La surveillance de bivalves se heurte cependant à un problème d'instabilité des gisements naturels.

Le réseau de suivi de la DCE peut s'appuyer sur les résultats obtenus pour les sites des baies du Lamentin, de Ducos et du Marin pour l'étude biologique des masses d'eau de transition. Les trois principales mangroves étant couvertes par le suivi, une extension du RNO contamination de la matière vivante n'est pas nécessaire pour l'instant.

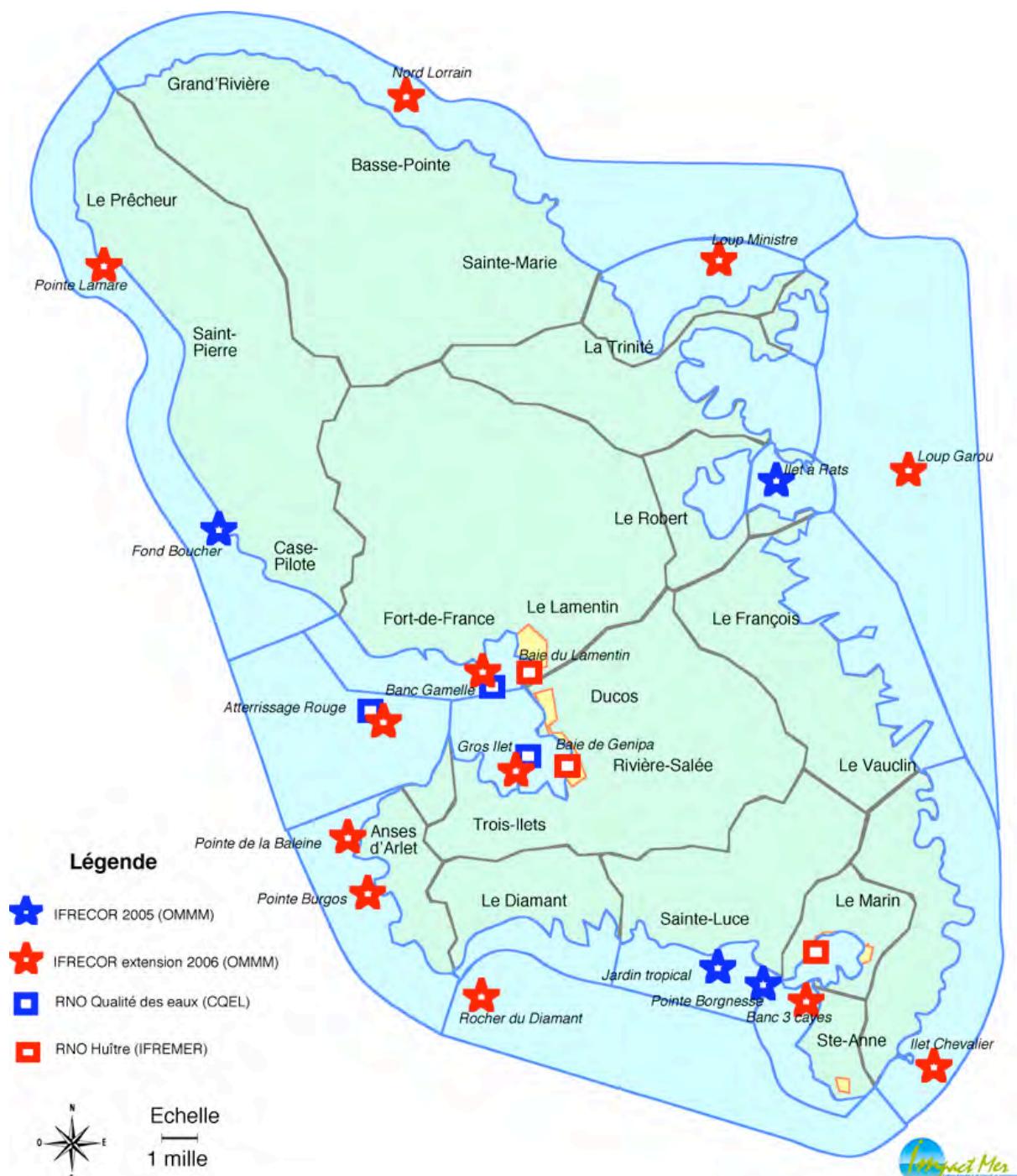


Figure 28 : Carte des réseaux de suivi existants et en prévision pour 2006. Le nombre de stations du réseau IFRECOR passe de 4 à 16. Le réseau RNO (qualité des eaux et contamination de la matière vivante) ne sera pas étendu en 2006.

### 2.1.5.3 Autres réseaux de suivi

Il existe d'autres réseaux de suivi du milieu marin tels que le **suivi de la qualité des eaux de baignade** effectué par la DSDS et le **suivi de la qualité des eaux et des sédiments dans les principaux ports** de l'île (REPOM) effectué par la CQEL.

L'autosurveillance des rejets littoraux issus des stations d'épuration et des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) est obligatoire en vertu notamment de la Circulaire du 4 février 2002 relative à l'action nationale de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans l'eau par les installations classées. L'autosurveillance des rejets des STEP et ICPE accuse un retard important mais il devrait être mis en place en Martinique.

Ces suivis ne pourront pas s'intégrer au réseau de surveillance des masses d'eau de la DCE. En effet les prélèvements effectués au niveau des eaux de baignade, des ports ou à proximité d'une ICPE ne sont pas représentatifs de l'ensemble d'une masse d'eau car trop proches des zones de pollution évidente.

Cependant leurs résultats pourront être mis en parallèle des résultats du suivi de surveillance instauré par la DCE, permettant une interprétation plus complète du suivi. De plus, ils pourront éventuellement intégrer le réseau de suivi opérationnel.

## 2.2 ADAPTATION DES PARAMETRES DE SUIVI AU MILIEU TROPICAL INSULAIRE

### 2.2.1 Liste des paramètres à suivre selon la DCE

#### 2.2.1.1 *Paramètres biologiques*

+ Pour les masses d'eau côtières : (annexe V, article 1.1.4. de la DCE)

**Phytoplancton** : composition, abondance et biomasse

**Flore aquatique** (autre que le phytoplancton) : composition et abondance

**Faune benthique invertébrée** : composition et abondance

+ Pour les masses d'eau de transition : (annexe V, article 1.1.3.)

**Phytoplancton** : composition, abondance et biomasse

**Flore aquatique** (autre que le phytoplancton) : composition et abondance

**Faune benthique invertébrée** : composition et abondance

**Ichtyofaune** : composition, abondance et structure d'âge

#### 2.2.1.2 *Paramètres hydromorphologiques soutenant les paramètres biologiques*

+ Pour les masses d'eau côtières :

**Conditions morphologiques** (variation de la profondeur ; structure et substrat de la côte ; structure de la zone intertidale)

**Régime des marées** (direction des courants dominants et exposition aux vagues)

+ Pour les masses d'eau de transition :

**Conditions morphologiques** (variation de la profondeur ; quantité, structure et substrat du lit ; structure de la zone intertidale)

**Renouvellement des eaux** (débit d'eau douce et exposition aux vagues)

#### 2.2.1.3 *Paramètres chimiques et physicochimiques soutenant les paramètres biologiques*

+ Pour les masses d'eau côtières et de transition :

**Paramètres généraux** (transparence, température de l'eau, bilan d'oxygène, salinité, concentration des nutriments)

**Polluants spécifiques** (substances prioritaires, autres substances polluantes)

## 2.2.2 Définition provisoire des conditions de référence

La définition des conditions de référence est donnée par le groupe de travail européen CIS 2.4 (COAST) :

« **Une condition de référence** est une description des éléments de qualité biologique présents ou devant être présents en condition de « très bon état », c'est-à-dire avec aucune influence humaine ou une influence mineure. Le but recherché dans l'établissement de **normes** pour les conditions de référence est de permettre l'évaluation de la qualité écologique en fonction de telles normes. »

La définition générale de la qualité écologique de chaque paramètre est donnée par les textes de la DCE (Annexe V, article 1.2. de la DCE, cf annexe 7 de ce document).

Chaque type de masse d'eau côtière est formé de plusieurs types de communautés benthiques, selon les conditions physiques. La qualité des eaux influe différemment sur les écosystèmes selon leur exposition aux agitations, aux courants, au substrat et à la profondeur. Le très bon état doit prendre en compte l'ensemble de ces facteurs.

Il est difficile de définir des conditions de référence pour les types de masses d'eau littorales en Martinique, voire dans les Petites Antilles. Il est donc nécessaire de les définir pour l'instant à partir d'avis d'experts.

Les Normes de Qualité Environnementales (**NQE**) de certains paramètres physicochimiques ont été proposées par plusieurs groupes de travail français (IFREMER). Cependant, on note que les NQE n'ont pas encore été approuvées officiellement par la Commission Européenne. Les NQE sont donc basées uniquement sur la législation française relative à la pollution des milieux aquatiques par les substances dangereuses (décret 2005-378 du 20 avril 2005, et ses deux arrêtés des 20 et 27 avril 2005 et l'arrêté pour le DDT du 6 septembre 2005). De plus, on remarque que ces valeurs ont été déterminées pour les masses d'eaux européennes tempérées, il faudra donc préciser ou modifier certaines valeurs en fonction du contexte tropical Martiniquais.

Pour les masses d'eau de transition, la définition des normes est encore en discussion. Il semble que leurs normes de qualité seront assimilées aux normes de qualité des eaux côtières.

L'Annexe V 1.4.1. (ii) de la DCE précise :

« les résultats des systèmes utilisés (de classification) [...] sont exprimés comme des ratios de qualité écologique aux fins de la classification de l'état écologique. Ces ratios représentent la relation entre les valeurs des paramètres biologiques observées pour une masse d'eau de surface donnée et les valeurs de ces paramètres dans les conditions de référence applicables à cette masse. Le ratio est exprimé comme une valeur numérique entre zéro et un, le très bon état écologique étant représenté par des valeurs proches de un et le mauvais état écologique, par des valeurs proches de zéro. [...] La description des conditions de référence biologique doit permettre la comparaison des résultats des contrôles avec les conditions de référence afin de calculer le Ratio de Qualité Écologique (RQE). »

Les descriptions complètes des conditions de référence pour les eaux de transition et eaux côtières ne seront pas possibles à ce stade du fait du manque de données sur certains éléments de qualité biologique.

D'après Bouchon (2004), 80 % des récifs coralliens de la région Caraïbe présentent des signes d'altération. Il sera difficile de trouver un site de référence pour chaque type de masse d'eau défini (baie, récif barrière, etc.).

Le référentiel de l'état de santé biologique de chaque communauté benthique a été mis au point et adapté à partir des critères d'évaluation de la dégradation des communautés coralliniennes dans la région Caraïbe (Bouchon et al., 2004). La caractérisation des masses d'eau a été effectuée à partir des données disponibles et sur expertise.

Les masses d'eau côtières sont hétérogènes : la plupart présente, sur de très petites surfaces, des conditions abiotiques diverses et des peuplements très variés dont la sensibilité aux pollutions est

différente. L'exercice est donc particulièrement difficile. Le système de classification choisi tente de prendre en compte ces différentes conditions.

Par exemple, dans le fond d'une baie, il paraît normal qu'un herbier situé près d'une mangrove et de l'embouchure d'une rivière présente des signes d'envasement. Le degré d'envasement doit cependant être pris en compte. Un herbier situé sur une caye au vent ne doit pas présenter ces signes. Un petit récif corallien peut être en très mauvais état et côtoyer un herbier de bonne qualité.

Pour le classement qualitatif de la masse d'eau dans son ensemble, c'est le facteur limitant qui sera déterminant, temporisé par les conditions abiotiques « naturelles » et par une « moyenne » générale sur la masse d'eau. C'est pourquoi le choix des stations de suivi comporte généralement des communautés corallliennes, les plus sensibles. Après avoir croisé les informations disponibles (physiques, pressions et biologiques), l'expertise déterminera le classement des masses d'eau selon les cinq états qualitatifs allant du TBE au TME (Très Bon Etat, Bon Etat, Etat Moyen, Mauvais Etat, Très Mauvais Etat).

### 2.2.2.1 Conditions de référence pour les paramètres biologiques

Dans la région caribéenne, les paramètres biologiques à évaluer tels que le phytoplancton, la flore aquatique, la faune benthique et l'ichtyofaune ne sont étudiés pour certains que depuis quelques années. Ces études sont disparates et peu d'entre elles sont menées en Martinique.

Il n'existe toujours aucun outil de classification spécifique des milieux littoraux validé au niveau national, encore moins aux Antilles. Les états de référence pour l'ensemble des biotopes ne sont donc pas définis.

L'état des lieux du district hydrographique a été réalisé en partie à l'aide des travaux de classification qualitative de Bouchon *et al.* (2004). Le tableau 3 synthétise ces résultats en les adaptant aux recommandations de la DCE.

Elément de qualité biologique	Disponibilité des données et adaptation au suivi de la DCE
Phytoplancton	Aucune donnée qualitative et quantitative dans les eaux côtières de la Martinique.
Algues macroscopiques et « marées vertes »	Algues vertes calcaires et autres macro-algues (brunes notamment) sont prises en compte dans l'état des herbiers (substrats meubles) et communautés corallliennes (substrats durs) Prolifération des algues vertes (ulves et filamenteuses)
Herbiers de Phanérogames marines	1- <i>Thalassia testudinum</i> pur 2-Herbier mixte ou <i>Syringodium</i> seul, avec ou sans macro-algues vertes calcaires 3-Signes d'eutrophisation ou de sédimentation 4-Eutrophisation ou Hyper sédimentation marquées 5-Herbier très clairsemé envasé ou envahi par macro-algues
Communautés corallliennes	1-Coraux denses non nécrosés, absence de macro-algues, gazon algal 2-Coraux non ou peu nécrosés, rares macro-algues ou sédimentation 3-Coraux avec nécroses, peuplement dominé par macro-algues ou hyper sédimentation 4-Majorité de coraux morts, couverts de macro-algues ou envasés 5-Mortalité quasi totale des coraux, aucune espèce sensible
Fonds sédimentaires nus	Aucune donnée sur la faune endogée des sédiments meubles (fonds nus, sablo-vaseux ou vaseux). Ces fonds d'intérêt moindre ne rentreront pas dans le référentiel des MEC.
Ichtyofaune	Quasi-absence de données. La surpêche des petits fonds côtiers est quasi générale en Martinique. Nous avons intégré cette donnée pour qualifier la pression, mais nous l'avons écartée pour l'état actuel du district hydrographique.

Tableau 3 : Synthèse de la disponibilité des données biologiques en Martinique. Lorsque les données sont présentes, il est possible de mettre au point une classification en 5 états (0 = Très Mauvais Etat, 0.2 = Mauvais Etat, 0.4 = Etat Moyen, 0.6 = Bon Etat, 0.8 = Très Bon Etat).

Cette classification simplifiée doit être complétée et validée à terme. Le suivi sera aisément mis en place pour les herbiers et communautés corallliennes. La typologie est compatible avec la future cartographie des biocénoses et la méthodologie du suivi. Elle a déjà été appliquée à la baie du Robert (Impact-Mer, 2005). Les autres paramètres imposés par la DCE (phytoplancton et ichtyofaune) devront faire l'objet d'études complémentaires.

Ainsi, l'évaluation de la qualité biologique sera basée dans un premier temps sur des expertises reposant sur quelques études menées dans la Caraïbe. Ces conditions de référence définies sur avis d'experts seront provisoires et pourront évoluer dans le temps, en fonction des résultats des études scientifiques en cours, et de l'avancement du suivi des masses d'eau.

Dans le cadre des études annexes de la DCE, il serait d'ailleurs nécessaire d'initier un programme de calibration des paramètres spécifiquement pour les Petites Antilles (étude à réaliser conjointement avec la Guadeloupe éventuellement).

## Le Phytoplancton

Les eaux tropicales au large des Antilles sont oligotrophes, c'est-à-dire pauvres en éléments nutritifs. Ce qui implique un milieu océanique pauvre également en organismes planctoniques. Peu d'études sur le plancton ont été recensées dans les eaux côtières des Petites Antilles (Paulmier, 1993). Il ne semble pas y avoir de phénomène de bloom de micro-algues toxiques dans les eaux martiniquaises, alors que cela arrive couramment en Floride (red-tide).

### + Biomasse

La **Chlorophylle a** est considérée comme un indicateur de la biomasse du phytoplancton et donc révélateur de l'état de santé de la masse d'eau. Il peut exprimer le résultat d'une éventuelle dystrophie, il est donc bioindicateur d'eutrophisation (IFREMER, 2002).

En ce qui concerne le suivi des masses d'eau côtières de la DCE, l'étude du phytoplancton doit être réalisée sur les plans quantitatifs et qualitatifs afin de déterminer la biomasse, l'abondance et la composition spécifique des échantillons prélevés dans les masses d'eau côtières et de transition (Pellouin-Grouhel, 2005).

Dans les Petites Antilles aucune norme n'est disponible pour les trois paramètres à mesurer. Les périodes productives n'étant pas identifiées en Martinique, leur mesure sera indispensable tout au long de la première année du suivi. Par la suite, le plan d'échantillonnage sera réévalué en fonction des premiers résultats. L'échantillonnage et l'analyse du phytoplancton sont valables pour ces trois indicateurs. Ils reposent sur un même échantillon prélevé en sub-surface à chaque station.

La **biomasse** est calculée à partir du dosage de la Chlorophylle a. Les Phéopigments ne seront pas pris en compte car ils présentent une trop grande variabilité et sont influencés par certaines classes phytoplanctoniques (Pellouin-Grouhel, 2005). Les masses d'eau de transition, bien que eutrophes, sont supposées ne pas être le siège de production interne forte étant donné la forte turbidité des eaux. Ce milieu est supposé être une zone d'accumulation temporaire de la biomasse chlorophyllienne venue des bassins versants en amont. Les prélevements dans ces écosystèmes seront effectués légèrement au large de la frange arborescente pour ne pas trop subir l'influence de l'ombrage et de l'eau douce. Les résultats seront à analyser avec précaution du fait des particularités du milieu décrites ci-dessus. L'analyse tiendra compte des débits de rivière et des données en amont obtenues lors du suivi DCE des eaux continentales.

Les mesures de Chlorophylle a seront obligatoirement accompagnées des paramètres explicatifs (température, salinité, turbidité, débit des rivières). Les méthodes de prélèvement et d'analyse devront répondre aux exigences de l'agrément « eaux salines et saumâtres » du MEDD actuellement en cours de révision. La mesure quantitative de la Chlorophylle a sera effectuée en laboratoire selon la méthode spectrophotométrique dite de Lorenzen, ou selon la méthode fluorimétrique de Neveux (toutes deux décrites dans Aminot & Kerouel, 2004). La limite de quantification de la méthode analytique doit être de 0,5 µg / l et la précision de 10 % (Pellouin-Grouhel, 2005).

Plusieurs classifications ont été établies concernant la biomasse du phytoplancton, mais celles-ci varient beaucoup en fonction des usages et des milieux étudiés. NOAA (1999, *in* IFREMER, 2002) propose des seuils pour les eaux estuariennes des Etats-Unis :

Etat hypereutrophe : > 40 µg / l

Niveau élevé : 20 - 40 µg / l

Niveau moyen : 10 - 20 µg / l

Niveau faible : 0 - 10 µg / l

Joanny (2001 *in* IFREMER, 2002) fait référence à une seuil de 20 µg / L et IFREMER (2002) définit 3 classes selon les usages (0-20, 20-40, >40 µg / l) et 5 classes selon les potentialités biologiques (0- 10, 10-20, 20-40, 40-50, >50 µg / l). Dans le contexte caribéen des valeurs de chlorophylle a variant de 0.05 à 10 µg / l ont été enregistrées entre avril et mai 1990 dans les eaux du large (de la surface à 100 m de profondeur) (projet CORE) (Impact-Mer, 2000a). Nous proposons donc une grille de classification provisoire adaptée aux Petites Antilles (Tableau 4).

Etat qualitatif	Seuils
1 = Très bon état	> 0.1 µg / l
2 = Bon état	0.1 µg / l < x < 1 µg / l
3 = Etat moyen	1 µg / l < x < 5 µg / l
4 = Mauvais état	5 µg / l < x < 10 µg / l
5 = Très mauvais état	> 10 µg / l

Tableau 4 : Seuils de référence provisoires pour l'analyse de la Chlorophylle a lors du suivi des masses d'eau en Martinique.

Cette grille pourra faire l'objet d'une révision après analyse des premiers résultats du suivi.

En l'absence de donnée concernant la différence de productivité en zone de transition et en eau cotière, les seuils choisis seront identiques pour les deux types de masses d'eau.

#### + Abondance et composition

**L'abondance** et la **composition** sont mesurées grâce aux **efflorescences phytoplanctoniques**. L'indicateur d'abondance est évalué à partir de l'identification taxinomique et du dénombrement de toutes les cellules phytoplanctoniques présentes, identifiables en microscopie optique (selon les procédures décrites dans les documents de prescription REPHY en cours de révision). On définira un bloom phytoplanctonique à partir de  $10^5$  cellules par litre en raison du caractère oligotrophe des eaux caribéennes (généralement un bloom est caractérisé par  $10^6$  cellules / l). Cette définition devra être validée par la suite. La composition du phytoplancton peut beaucoup varier selon la masse d'eau échantillonnée (Paulmier, 1993). La composition spécifique et l'abondance phytoplanctonique changent selon le lieu de prélèvement (masse d'eau de transition, baie, eau côtière, eau du large). Les variations sont fonction des apports d'eau douce, des agitations, de l'ensoleillement et des épisodes venteux.

- **L'abondance** de phytoplancton est un indicateur d'eutrophisation intéressant qu'il convient de surveiller même si à priori les eaux caribéennes seront peu touchées par le phénomène. IFREMER (2002) propose d'étudier la fréquence des blooms par plans de gestion, ainsi pour une durée de 6 ans, en eaux tempérées les seuils sont les suivants : Etat de référence : < 6 blooms

Bon état : de 6 à 12 blooms

Etat moyen : de 12 à 24 blooms

Etat médiocre : de 24 à 48 blooms

Mauvais Etat : > 48 blooms

Mais dans le contexte tropical, cet indicateur doit être adapté, nous proposons donc la grille suivante (Tableau 5). Classification provisoire qui pourra faire l'objet d'une révision selon les premiers résultats du suivi.

Etat qualitatif	Seuils
1 = Très bon état	> 2 blooms
2 = Bon état	2 à 5 blooms
3 = Etat moyen	6 à 10 blooms
4 = Mauvais état	11 à 20 blooms
5 = Très mauvais état	> 20 blooms

Tableau 5 : Seuils de référence arbitraires concernant la fréquence des blooms phytoplanctoniques dans les masses d'eau littorales de Martinique par plan de gestion (6 ans).

On note que la fréquence des blooms observés par plan de gestion dépend de la fréquence annuelle du suivi. Les seuils déterminés ci-dessus sont valables pour un suivi mensuel. Si les campagnes d'échantillonnage sont plus espacées dans le temps, le nombre de blooms par seuil devra être réévalué.

- L'indicateur de **composition** cible un sous-ensemble de cette population : les espèces **nuisibles** pour l'écosystème. Les données du microplancton et du nanoplancton seront utilisées pour caractériser les eaux côtières. La métrique retenue est le nombre d'occurrences de blooms spécifiques (par taxon) annuels calculé sur la durée du plan de gestion (6 ans) qui indique l'abondance maximale observée pour chacune des deux classes de taille.

En ce qui concerne la composition du phytoplancton, on note que les espèces nuisibles sont soit des toxiques pour la faune marine, soit des toxiques pour l'Homme, soit indicatrices d'eutrophisation et donc de gêne pour l'environnement.

IFREMER (2002) a défini 5 classes d'occurrence de blooms toxiques pour le littoral métropolitain : aucun bloom : très bon état, de 1 à 2 blooms : bon état, de 3 à 5 blooms : état moyen, de 5 à 10 blooms : mauvais état, plus de 10 blooms : très mauvais état. Ceux-ci ont été adaptés au contexte martiniquais (Tableau 6).

Etat qualitatif	Seuils
1 = Très bon état	0 bloom
2 = Bon état	1 à 2 blooms
3 = Etat moyen	3 à 4 blooms
4 = Mauvais état	5 à 6 blooms
5 = Très mauvais état	> 6 blooms

Tableau 6 : Seuils de référence provisoires concernant la fréquence des blooms phytoplanctoniques toxiques ou nuisibles dans les masses d'eau littorales de Martinique.

#### Protocole d'échantillonnage :

Les prélèvements seront effectués en matinée ou milieu de journée, à condition qu'il n'y ait pas eu de vent fort la journée précédant le prélèvement. Un échantillon d'eau de mer est prélevé à 1 m sous la surface grâce à une bouteille de type Niskin. Le volume nécessaire (2 fois 1 l) est stocké dans des flacons en verre. Une filtration grossière (tamisage à 300 µm) doit être effectuée afin d'éliminer le zooplancton et les débris végétaux. L'analyse des échantillons doit avoir lieu au plus tard dans les 8h suivant le prélèvement. Pour conserver les échantillons non filtrés pendant ce laps de temps, il convient d'ajouter de la poudre de MgCO<sub>3</sub> ou quelques ml de suspension de carbonate et de les placer au frais et à l'abri de la lumière.

- Pour l'analyse de la Chlorophylle a : Après filtration à 2 µm, les filtres peuvent être conservés à à l'abri de la lumière à -20°C pendant au moins trois semaines en attendant d'être analysés. Les filtres peuvent être conservés avec ou sans solvant d'extraction (acétone à 90 %) avant d'être analysés

par la méthode de Lorenzen (mesure monochromatique) en laboratoire (Aminot & Chaussepied, 1983).

- Pour l'abondance et la composition du phytoplancton : le filtrat issu de la filtration à 300 µm est analysé en terme de composition et d'abondance au microscope inversé (la liste des espèces toxiques ou indicatrices d'eutrophisation en Métropole et en Guyane est en annexe 4)

- analyse en laboratoire
- 1 prélèvement / mois en sub-surface la première année puis adaptation selon résultats

Une étude annexe de la DCE concernant le phytoplancton devrait être mise en place. Les thématiques pourraient être : la composition spécifique et les successions saisonnières du phytoplancton, l'état bioindicateur du phytoplancton face à l'eutrophisation au niveau marin et continental (ex : les Diatomées planctoniques et benthiques). Les techniques utilisées en métropole pour le phytoplancton sont à adapter dans les Petites Antilles (Bouchon, comm. pers.).

## La macro-flore aquatique

### + Phanérogames marines

Les suivis des **herbiers de phanérogames marines** (*Thalassia testudinum* et *Syringodium filiforme*) seront réalisés sur les sites d'herbiers ou de communautés mixtes (mélange d'herbiers et de peuplements coralliens). La méthodologie du suivi à mettre en place est celle inspirée du manuel technique de Bouchon *et al.* (2001). Il s'agit d'une caractérisation de l'état des Phanérogames, d'une estimation quantitative des principaux macro-invertébrés vivant dans les herbiers et d'un inventaire qualitatif de la flore et de la faune associée de cet habitat.

L'évaluation des herbiers se fera tous les 3 ans dans les masses d'eau côtières et de transition (lorsque les conditions de visibilité seront suffisantes).

*T. testudinum* est capable de se développer en eaux très turbides jusqu'au contact de la mangrove où elle est généralement complètement envasée. La turbidité limite alors la profondeur atteinte par les herbiers. Cette phanérogame marine est à la base d'un écosystème primordial. Les herbiers jouent un rôle considérable dans le fonctionnement des écosystèmes littoraux (rôle de frayerie, de nurserie, de refuge et de nourricerie), la protection des côtes et des formations coralliniennes par la fixation du sédiment. Ils possèdent donc indirectement une valeur économique considérable. Les herbiers de *Thalassia* sont sensibles aux effets de la pollution organique (Hartog, 1970) et à l'enrichissement en nutriments minéraux (azote et phosphore). On rencontre *T. testudinum* entre la surface et plus de 10 m de profondeur.

*S. filiforme* forme des peuplements purs ou des herbiers mixtes avec *T. testudinum*. Cette phanérogame se rencontre entre 1 et 8 m de profondeur.

La classification de l'état de santé des herbiers renseigne sur leur composition. La typologie a été établie par C. Bouchon et adaptée par Impact-Mer pour être en conformité avec la DCE. Elle permet de déterminer cinq classes hiérarchisées allant du très bon état au très mauvais état (Tableau 7).

Indice de l'Etat de Santé	Caractéristique 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 = état moyen	Signe d'eutrophisation ou de sédimentation
4 = mauvais état	Herbier avec macroalgues ou envasé. Eutrophisation ou hypersédimentation marquée
5 = très mauvais état	Herbier envahi par les macroalgues ou envasé

Tableau 7 : La composition des herbiers est indiquée par leur état de santé. La classification est basée sur 5 états conformément à la Directive Cadre sur l'Eau.

La classification de l'abondance des herbiers est basée sur la densité de plants et la hauteur de la canopée, c'est-à-dire la longueur maximale des feuilles (Tableau 8).

Classification de l'abondance	Caractéristique d'abondance des herbiers
1 = Très bon état	Herbier dense et haut
2 = Bon état	Herbier dense et court
3 = Etat moyen	Herbier peu dense et haut
4 = Mauvais état	Herbier peu dense et court
5 = Très mauvais état	Herbier clairsemé et très court

Tableau 8 : L'abondance des herbiers est déterminée en fonction de leur densité et de leur hauteur de canopée.

Protocole :

La composition des herbiers sera estimée visuellement, grâce à la typologie établie (Tableau 7). En cas d'herbier mixte un pourcentage de recouvrement de chaque espèce sera évalué. L'abondance de la population de Phanérogames est caractérisée par deux descripteurs : la **densité** et la **longueur maximale des feuilles** (Tableau 8). Pour l'étude de la densité, les plants seront dénombrés par unité de surface (quadrat de 10 cm x 20 cm, nombre de réplicats = 20). La hauteur de canopée sera estimée par la mesure de cent plants pris au hasard. L'état de santé de l'herbier sera estimé visuellement.

- analyse *in situ*
- 1 campagne en plongée tous les 3 ans

#### + Macro-algues

Les macro-algues sont à étudier dans le cadre de la DCE. En milieu tropical les algues constituent plus souvent un indice d'eutrophisation qu'un algue ayant un intérêt écologique propre, ce qui, au regard de la DCE ne présente pas un intérêt majeur. Leur présence permet l'interprétation de l'état de santé de l'environnement marin, en terme d'eutrophisation. Cependant la littérature concernant ce sujet aux Antilles est pauvre. Pour pallier ce manque d'étude et de publication, la détermination de l'état « eutrophisé » par les macro-algues se fera sur expertise. Celle-ci se basera sur la répartition et le recouvrement des espèces indicatrices et selon le type de substrat colonisé.

Les algues les plus communes du littoral martiniquais qu'il est important d'identifier sont mentionnées, à titre indicatif (liste non exhaustive) dans le tableau 9.

Types de macro-algues	Genre ou espèce
Algues vertes	<i>Codium</i> sp. <i>Caulerpa racemosa</i> * <i>Rhipilia tomentosa</i> <i>Avrainvillea</i> sp. <i>Halimeda opuntia</i> , <i>H. discoidea</i> , <i>H. incrassata</i> <i>Enteromorpha</i> sp.* <i>Ulvales</i> ( <i>Ulva</i> et <i>Ulvaria</i> )
Algues rouges	<i>Amphiora fragilissima</i> <i>Peyssonnelia</i> sp. <i>Acantophora</i> sp.
Algues brunes	<i>Sargasses</i> * <i>Dictyota</i> les* <i>Padina</i> sp. <i>Turbinaria</i> sp.*

Tableau 9 : Liste des espèces d'algue dont il faudra tenir compte lors des suivis biologiques. \* : espèces algales pouvant être proliférantes.

Les cyanobactéries qui sont caractéristiques d'un enrichissement en matière organique devront être prises en compte lors des suivis biologiques d'herbiers ou de communautés coraliennes.

#### Protocole :

Sur chaque station d'étude la présence et l'abondance relative d'algues citées précédemment seront notées. Cependant, aucun suivi particulier pour l'abondance ne sera mis en place. En croisant les données physicochimiques et les données biologiques, il sera possible de déterminer quelles sont les espèces bioindicatrices de l'état du milieu, et de confirmer ou non les seuils d'eutrophisation proposés par Lapointe et al. (1994, Florida Keys) concernant les seuils d'eutrophisation des nutriments pour les herbiers. L'analyse des macro-algues est intégrée au suivi des herbiers de phanérogames et des communautés coraliennes.

## La faune benthique :

### + Communautés coraliennes :

Plusieurs études des peuplements coralliens ont été effectuées en Martinique notamment par l'UAG (Bouchon C.), Impact-Mer et l'OMMM.

La méthodologie adoptée est issue du manuel Bouchon et al., 2001. Il s'agit d'une caractérisation de l'état des peuplements coralliens et des autres groupes d'organismes benthiques (algues et invertébrés sessiles) et d'un inventaire qualitatif de la macroflore et de la macrofaune benthique. Ce protocole d'évaluation rapide de l'état des communautés benthiques récifales est adapté à la Caraïbe.

L'évaluation des peuplements coralliens se fera tous les 3 ans dans les masses d'eau côtières.

A l'instar des herbiers, il a fallu simplifier la grille de classification pour établir l'état des lieux du district (Impact-Mer 2004, méthodologie adaptée de Bouchon et al. 2004). Les indicateurs retenus sont la présence de macro-algues, les signes d'hypersédimentation et le degré de nécrose des colonies coraliennes. Les oursins et les gorgones seront pris en compte lors du suivi. Les autres invertébrés fixés non considérés comme bio-indicateurs ont été écartés.

L'état de santé des communautés mixtes et coraliennes est indiqué dans le tableau 10. Le très bon état est caractérisé par un peuplement corallien (dense ou non), sans nécrose et sans macro-algue.

Il doit cependant être temporisé par les conditions abiotiques du site (fond de baie, zones exposées aux cyclones...).

Indice de l'Etat de Santé	Peuplement Corallien
1 = Très bon état	Coraux non nécrosés avec gazon algal et absence de macro-algues
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 = Mauvais état	Coraux nécrosés avec macroalgues et/ou hypersédimentation et envasement
5 = Très mauvais état	Coraux morts ou envahis de macroalgues ou totalement envasés, aucune espèce sensible

Tableau 10 : Etat de santé des communautés corallieennes réparti en cinq classes.

Protocole d'échantillonnage de type IFRECOR :

La méthode développée pour caractériser les communautés corallieennes est le “**point intercept**”. Tous les organismes recouvrant un transect de 60 m de long (sur un même type d'habitat et un même isobathe) seront pris en compte. Longueur, largeur, hauteur et état de santé (Tableau 10) de chaque colonie seront estimés visuellement. Le taux de recouvrement des algues (distinction entre algues vertes, brunes et rouges, molles et calcifiées) sera mesuré le long du transect. L'état de santé du peuplement corallien sera estimé visuellement.

- analyse *in situ*
- 1 campagne en plongée tous les 3 ans

+ Suivis rapides :

En complément des stations de suivi biologique, onze stations supplémentaires sont proposées pour effectuer des suivis rapides. Ces sites vont permettre de survoler des zones hétérogènes pour une vision plus globale de la masse d'eau. Ces sites, essentiellement localisés dans les baies sont listés (Tableau 2, p 12) mais pas géoréférencés. Leur localisation précise est laissée à l'appréciation de l'équipe effectuant les suivis biologiques. Le site devra être peu profond pour une observation en apnée (profondeur maximale : 8 m). Les indications concernant le type de biocénoses, espèces bioindicatrices dominantes et son état de santé seront pris en compte.

Deux protocoles :

- La méthode appelée « *Manta Tow* » (Rogers C.S. et al., 1994), consiste à remorquer un plongeur / apnéiste derrière une embarcation légère allant à faible vitesse au dessus d'un récif, d'une caye ou d'un herbier. L'observateur note les **biocénoses** présentes ainsi que leur **état de santé** le long du parcours rectiligne ou circulaire. Le pilote note les points GPS à des intervalles de temps prédéfinis et à chaque changement de direction. La difficulté de cette méthode est le suivi dans le temps. Il est difficile de faire le même trajet 2 fois de suite (dérive du bateau, de l'observateur).

- Il est recommandé de faire des survols de zones autour de points précis. L'observateur tourne autour du bateau ancré (point fixe repéré par GPS) dans un rayon de 20 m. Il note alors les biocénoses rencontrées et leur état de santé. Cette méthode permet de suivre rapidement des sites fixes dans le temps. Elle peut être pratiquée en apnée ou en plongée.

## Paramètres biologiques pour les masses d'eau de transition

Les eaux de transition sont par définition très variables en terme de salinité, de turbidité (embouchure de rivière), en concentration de minéraux, matières organiques et autres substances naturelles ou anthropogéniques. Cette variabilité dépend en partie des cycles saisonniers, des épisodes météorologiques et des marées.

Quelles espèces indicatrices, quels peuplements suivre dans les mangroves ? On note le faible nombre d'études scientifiques de ces milieux dans les Petites Antilles. Plusieurs pistes ont été explorées : peuplements ichtyologiques, épiphytes (notamment mollusques bivalves, vers, éponges et crustacés), macrofaune et méiofaune du sédiment, herbiers de mangrove, etc. (voir annexe 6).

L'état écologique des mangroves est une notion complexe car les conditions d'environnement varient beaucoup (spatialement et temporellement) de façon naturelle et sous l'effet des pressions anthropiques. La dégradation, dans le sens dépérissement, peut faire partie des processus naturels. Cet aspect est peu étudié par les scientifiques. Dans ce contexte, l'influence indirecte des activités humaines n'est pas toujours facile à mettre en évidence (Imbert, comm. pers. 2006).

### L'ichyofaune (MET)

Selon les textes de la DCE, l'abondance, la composition et la structure d'âge des **poissons** des masses d'eau de transition doivent être analysées.

Les masses d'eau de transition du district Martiniquais sont représentées par quatre stations de mangrove et une station de lagune côtière. La superficie de ces masses d'eau est relativement faible et la turbidité y est importante. Leur hétérogénéité spatiale et temporelle rend difficile la mise en place d'un système d'étude ponctuel qui sera peu représentatif de la masse d'eau.

Quelques études ont été réalisées dans la Caraïbe sur les mangroves (Salvat, 1977 ; Marem, 1997, etc.), les poissons de mangrove (Louis, 1983) et les poissons d'étang (Bouchon *et al.*, 1998) mais les peuplements ichtyologiques sont très fluctuants. Les techniques employées sont lourdes, ponctuelles, destructrices et peu représentatives de l'état de la masse d'eau. Il n'est donc pas conseillé dans un premier temps de suivre le paramètre ichtyologique dans les masses d'eau de transition de Martinique.

Une étude pour déterminer l'existence des espèces de poissons bioindicatrices de l'état de santé de l'écosystème mangrove est à mettre en place. Par la suite, il serait envisageable de réaliser des suivis ichtyologiques dans le cadre des suivis DCE.

### Faune endogée (MET)

Il est recommandé d'étudier la **faune endogée du sédiment**. Le suivi de la faune endogée s'impose du fait de sa représentativité dans les sédiments meubles, et parce que ces peuplements sont sensibles à la contamination et à l'excès de matière organique (Guillaumont, 2005). De plus ce sont des biocénoses soumises à diverses pressions anthropiques (eutrophisation, contamination). Très peu d'études ont été menées sur le sujet, pourtant il semble que la faune endogée soit actuellement le meilleur indicateur de l'état de santé des mangroves (D. Monti, C. Bouchon, J.P. Quod, comm. pers., 2006). La recherche bibliographique auprès des différents spécialistes (Mollusques, Annélides, Crustacés) sera nécessaire. La richesse et la composition de la macrofaune et de la méiofaune indiquera la qualité des masses d'eau de transition. Le protocole de surveillance s'appuiera sur la norme ISO 16665 (Pr NF EN ISO 16665).

#### Protocole :

*L'étude de la macrofaune et de la méiofaune endogées se fait par prélèvements au carottier ou à la benne dans les sédiments fins (1 à 3 points par masse d'eau de transition, profondeur de prélèvement d'au moins 15 cm). Les paramètres mesurés seront le dénombrement de chaque taxon (espèce, si possible) et la biomasse spécifique par station. Le protocole d'étude préconise la coloration au rose bengale, la formolation (concentration variant selon la quantité de matière organique dans le sédiment), puis la mise en seaux étanches et tri en cuvette après tamisage-rincage à la maille de 1 mm (D. Monti, comm. pers. 2006). La phase de tri et d'identification des organismes risque d'être longue et coûteuse vu qu'il n'existe pas de clé de détermination générale pour l'endofaune des Petites Antilles et aucun spécialiste localement. La méthodologie retenue pour déterminer la biomasse spécifique par station est le « poids sec libre de cendres ». Une collection de spécimens de chaque espèce sera conservée comme référence et comme outil d'intercalibration (Guillaumont, 2005). De plus la granulométrie et le taux de matière organique dans le sédiment seront mesurés.*

Une étude particulière de la faune endogée du sédiment des mangroves doit être mise en place vu son importance pour l'étude des masses d'eau de transition dans le cadre de la DCE. L'étude concernera essentiellement la systématique des divers groupes faunistiques. Il faut faire appel à des spécialistes pour acquérir les méthodes et techniques adaptables au milieu caribéen.

#### 2.2.2.2 Analyse des paramètres hydromorphologiques

Les paramètres hydromorphologiques permettent de décrire les stations de suivi d'un point de vue structurel. Ces paramètres ne sont pas déclassants. De ce fait, aucun seuil ne leur sera attribué. Cependant, ces paramètres peuvent être explicatifs des indicateurs biologiques ou physicochimiques.

Les paramètres hydromorphologiques à étudier sont les suivants :

- + Vitesse et direction des courants dominants (MEC)
- + Variation de la profondeur (MEC et MET)
- + Géomorphologie (MEC et MET)
- + Substrat (MEC et MET)
- + Exposition aux vagues (MEC et MET)
- + Débit d'eau douce (MET)

Les paramètres hydromorphologiques seront relevés tous les 6 ans. Les changements hydromorphologiques dans le milieu marin se produisent *a priori* à longue échelle. Ces paramètres pourront être relevés plus fréquemment en cas d'importants aménagements du milieu littoral.

#### Protocoles d'étude :

- *L'étude courantologique en deux dimensions permet une vue globale du littoral martiniquais (la courantologie en 3 D n'étant pas adaptée au contexte). La méthode préconisée est celle du lâcher / suivi de flotteur à drogue de type SOGREAH. Ce sont des flotteurs dont on suit la dérive en surface avec un GPS (le flotteur est relié à un drogue, sorte de « parachute » immergé à différentes profondeurs) (Impact-Mer, 2000b). Cette technique est lourde et très coûteuse.*

*Il est également possible de faire un estimation courantologique à partir des connaissances du milieu, d'une analyse des cartes SHOM et d'une vérification de terrain (lors des plongées pour les suivis biologiques par exemple). Cette étude est moins précise que la précédente mais également beaucoup moins coûteuse.*

- Les différentes **profondeurs** de la zone d'étude seront repérées par sondeur manuel.
- La **géomorphologie** est indiquée par un ou plusieurs observateurs sous marin.
- Le **substrat** est analysé grâce à des prélèvements de sédiments à la benne si le substrat est meuble, et décrit visuellement s'il s'agit de substrat dur. Seuls les premiers centimètres superficiels de sédiment meuble seront analysés (granulométrie) en laboratoire de géotechnique local (voir protocole détaillé en annexe 5.2). Ceux-ci correspondent aux apports les plus récents.
- **L'exposition aux vagues** se détermine visuellement en fonction des courants et vents dominants. L'expertise se basera sur l'analyse des cartes SHOM, la bibliographie sur les houles cycloniques, les modélisations existantes (Météo France et autre), et une analyse visuelle de terrain en période d'alizés établis.
- Les débits d'eau douce des rivières arrivant aux mangroves et à la lagune côtière seront mesurés en amont ou dans les chenaux si le lit est bien identifié. Plusieurs méthodes peuvent être envisagées : *Un jaugeage par dilution.*

*Une mesure point par point au courantomètre si le régime d'écoulement est suffisant et pas trop important.*

*Une étude bibliographique, pour connaître les débits et étiages (en moyenne et en période de crue) des rivières amont. Il sera judicieux de lier les informations obtenues avec le suivi DCE des eaux superficielles continentales.*

De plus, toutes les données historiques, anecdotiques, de localisation ou d'observation peuvent être ajoutées. Les sources de pollution directe (STEP, aménagement etc.) seront recensées. Ces informations peuvent être importantes pour interpréter la tendance globale des résultats obtenus lors des suivis biologiques ou physicochimiques.

- Etude *in situ* (flotteurs à drogue, sondeur, benne, courantomètre, etc.)
- 1 relevé tous les 6 ans

+ Sédimentation

Un paramètre important doit être ajouté à la liste des descripteurs du milieu. Il s'agit de la **Sédimentation**. Ce phénomène touche de nombreux sites en Martinique, que ce soit dans les mangroves et les baies (herbiers peu profonds) essentiellement, ou les récifs peu exposés au clapot et les bas de tombants récifaux. Ce paramètre sera relevé tous les 3 ans, durant les suivis de la faune et la flore benthique par exemple. L'appréciation de l'hypersédimentation se fait selon 5 classes (Tableau 11)

Etat qualitatif	Appréciation de la sédimentation	Descriptif
1 = Très bon état	Nulle	Absence de pellicule sédimentaire
2 = Bon état	Faible	Traces de sédimentation fine sur quelques organismes vivants
3 = Etat moyen	Moyenne	Fine pellicule de sédiment à la surface des organismes vivants et le substrat
4 = Mauvais état	Forte	Hypersédimentation bien visible, organismes couverts de sédiment, nécrose des colonies coralliniennes
5 = Très mauvais état	Très forte	Organismes étouffés par les sédiments, nécrose importante, risque de mortalité, milieu à tendance envasé

Tableau 11 : Qualification des masses d'eau selon 5 état de sédimentation.

Ce paramètre entre dans la classification de l'état qualitatif des biocénoses benthiques mais il est important pour l'état général de la masse d'eau et doit faire l'objet d'un relevé et d'une classification à part. Il sera évalué visuellement, donc laisse place à une certaine subjectivité.

Les résultats des analyses du substrat meuble seront joints à cette partie de l'étude. Le pourcentage de particules fines type Argile et Silt sera pris en compte pour l'analyse de la sédimentation.

- Observation *in situ*
- 1 fois tous les 3 ans hors saison d'hivernage (lors des suivis biologiques)

L'étude de la sédimentation par des pièges à sédiments, comme cela a été fait dans la baie du Robert (Impact-Mer, 2005) est une analyse plus précise que l'estimation visuelle (taux de sédimentation par hectare et par jour). Cette technique est lourde en logistique et donc en terme de coût. C'est pourquoi cette étude est proposée en complément des suivis de la DCE.

### **2.2.2.3 Conditions de référence pour les paramètres chimiques et physicochimiques**

Les principaux objectifs de la surveillance chimique en milieu côtier sont les suivants :

- 1 - Suivre la qualité générale des eaux, dont les nutriments.
- 2 - Evaluer le niveau actuel de la contamination (état des lieux), suivre son évolution et mettre en évidence les grandes différences de zonation dans la contamination.
- 3 - Apprécier les tendances et l'efficacité des mesures prises pour la réduction des apports en contaminants.

La mise en œuvre d'un réseau de surveillance chimique de produits polluants s'appuie dans un premier temps sur les recommandations nationales (MEDD) et les obligations réglementaires (DCE). Mais les particularités martiniquaises (insularité, climat tropical, culture axée sur la banane et la canne à sucre, manque de réseau d'assainissement, etc...) doivent être prises en compte pour établir la programmation de ce réseau de surveillance.

#### **+ Paramètres généraux**

Pour la DCE, les paramètres physicochimiques viennent soutenir l'interprétation des paramètres biologiques (Pellouin-Grouhel, 2005). Ils sont également indispensables pour l'interprétation des résultats de mesures de contaminants chimiques et des suivis biologiques. Les paramètres physicochimiques retenus par la DCE sont : la turbidité, la température, la salinité, le bilan en oxygène et les nutriments.

Il est également indispensable de noter les conditions météorologiques des trois jours précédents et durant les campagnes d'étude, les conditions de marées, les heures précises de chaque prélèvement.

## Turbidité (en FNU)

L'influence de la turbidité sur les biocénoses est préjudiciable à la photosynthèse et à la survie de certaines espèces faunistiques ou floristiques. Les trois seuils proposés tiennent compte du type de masse d'eau concerné (masses d'eau de transition, les baies et les autres types masses d'eau). La détermination des seuils s'appuie sur la publication de Aminot et Guillaud qui mentionne 10 mg / l de Matière en Suspension (MES) pour les eaux côtières atlantiques européennes et les résultats du RNO 2004 dans la baie de Fort-de-France où des valeurs de 0.2 à 7.6 mg / l ont été enregistrées (moyenne : 1.1 mg / l).

Sachant que : teneur en MES en mg / l = 2 x turbidité en FNU (pour des valeurs inférieures à 20 mg / l).

En Martinique le seuil de **10 FNU sera retenu pour les masses d'eau de transition**, le seuil de **5 FNU sera adopté pour les baies** et le seuil de **1 FNU sera retenu pour les autres types de masses d'eau**. Ces seuils ne sont qu'indicatifs et ne seront pas déclassants. La turbidité permet d'aider à interpréter des données biologiques, notamment l'étagement des espèces en fonction de la profondeur. Il est d'ailleurs important de noter que dans les mangroves une certaine turbidité est normale.

### Protocole :

*La turbidité sera mesurée en sub-surface (0-1 m), en profondeur pour les stations de surveillance et tous les 2 m pour les sites de référence, lorsque ceux-ci seront validés (validation des sites de référence potentiels après au moins un an de suivi et l'analyse des résultats). Afin d'obtenir un profil de la colonne d'eau pour les stations de référence. La fréquence d'échantillonnage sera trimestrielle. La méthode de prélèvement doit être conforme aux préconisations de Aminot et Kerouel (2004). C'est-à-dire un prélèvement d'eau de mer non filtrée, avec une bouteille de type Niskin, qui fera l'objet d'une analyse en laboratoire.*

- Analyse en laboratoire
- 1 prélèvement / 3 mois en sub-surface et en profondeur pour les sites de surveillance
- 1 prélèvement / 2 m / 3 mois pour les sites de référence validés

## Température (en°C)

La température de l'eau est le paramètre principal, avec la salinité, qui affecte la densité des masses d'eau, il est donc important de la mesurer. Elle change en fonction des variations diurne / nocture, de la météo, des saisons, et de la profondeur.

Les Antilles françaises sont situées dans une région tropicale où l'on enregistre des températures moyennes assez élevées mais avec une variation peu importante. Il n'existe cependant pas de valeurs de référence établies pour la température de l'eau. En Martinique les températures de l'eau enregistrées varient entre 26.3°C et 31.6°C (données relevées lors du suivi RNO 2004). Mais il faut noter que lorsque la température de l'eau dépasse les 30°C comme cela a été le cas durant l'hivernage 2005 (août-septembre-octobre), les écosystèmes côtiers s'en trouvent affaiblis : en septembre 2005, une grande partie des colonies coralliniennes a expulsé ses micro-algues symbiotiques (phénomène de blanchissement des coraux et autres Cnidaires) et des éponges (*Xestospongia muta* notamment) ont montré des nécroses de leurs tissus. Le mécanisme précis de la mortalité chez les coraux et les spongiaires n'est pas encore connu dans les Caraïbes, mais le phénomène de blanchissement peut être réversible si les températures élevées ne durent pas plus de 2 mois).

Le **seuil de 30°C** peut être retenu à titre indicatif pour les masses d'eau côtières et de transition. Il faut noter que les résultats obtenus pour le paramètre « température » ne seront pas déclassants. En effet si les températures de l'eau varient anormalement au point de s'éloigner des moyennes,

cela pourrait être dû au changement climatique global. En revanche, les données de température permettront d'aider à l'interprétation des paramètres biologiques.

#### Protocole :

*Les analyses de température seront à effectuer à heure fixe pour chaque station (de préférence le matin). Les prélèvements se feront en sub-surface (0-1 m), en profondeur pour les stations de surveillance et tous les 2 m pour les sites de référence, lorsque ceux-ci seront validés (validation des sites de référence potentiel après au moins un an de suivi et l'analyse des résultats). Afin d'obtenir un profil de la colonne d'eau pour les stations de référence. La fréquence d'échantillonnage sera trimestrielle. La méthode de prélèvement doit être conforme aux préconisations de Aminot et Kerouel (2004). C'est-à-dire un prélèvement d'eau de mer non filtrée, avec une bouteille de type Niskin, qui fera l'objet d'une analyse in-situ grâce à une sonde multiparamètre préalablement étalonnée ; le capteur de la sonde peut également être immergé directement à la profondeur souhaitée.*

*Les mesures de températures sous-marines en directe par capteur / enregistreur sur quelques stations représentatives (stations IFRECOR, IFREMER et houlographe du Conseil Général par exemple) permettront de compléter les données obtenues lors du suivi DCE.*

- analyse *in situ* (sonde ou capteur permanent)
- 1 prélèvement / 3 mois en sub-surface et en profondeur pour les sites de surveillance
- 1 prélèvement / 2 m / 3 mois pour les sites de référence validés

## Salinité (sans unité)

La salinité et la température affectent la densité des masses d'eau : les eaux douces s'étalement en surface, provoquant un panache d'eau saumâtre, avant de se mélanger avec les eaux marines. Ces deux masses d'eau superposées permettent le transport de sédiment fin et de matière organique dissoute.

L'identification des périodes de dessalures importantes, potentiellement préjudiciables aux entités biologiques, est importante pour connaître l'état de santé des masses d'eau. De plus le niveau moyen annuel de salinité permettra de s'assurer de l'appartenance au groupe des eaux littorales (masse d'eau côtière ou de transition) et d'identifier le gradient de dessalure dans les mangroves. On considère comme milieu côtier le domaine où le niveau moyen de salinité est supérieur à 25 (travaux du groupe communautaire littoral / DCE).

L'influence négative de la salinité sur les écosystèmes marins (notamment les communautés récifales) correspond à une forte dessalure. En métropole, le seuil de 12 (PSS 78) est préconisé par la directive 79 / 923 (IFREMER, 2002). Des moyennes de salinité ont été mesurées en milieu caribéen. Par exemple, dans la baie de Fort-de-France la salinité moyenne est de 33,7 (moyenne des mesures du RNO 2003 et 2004), sur les côtes de République Dominicaine la salinité moyenne varie de 36,1 en période d'hivernage, à 37,1 en période de Carême (Chiappone, 2001). On note que les stations proche de la côte sont influencées par les apports d'eau douce des rivières. Deux périodes seront donc distinguées : le carême où, en période d'étiage, la salinité dans les mangroves va augmenter et la période d'hivernage où les crues et la forte hygrométrie risque de faire chuter les mesures de salinité.

**Les seuils de 25 et 27 seront adoptés pour les masses d'eau côtières en période d'hivernage et de Carême. Les seuils de 10 et 20 seront adoptés pour les masses d'eau de transition en période d'hivernage et de Carême.** Cependant on note que le paramètre de salinité n'est pas influencé directement par l'activité humaine donc il ne peut être déclassant. Les données de salinité permettront d'aider à l'interprétation des paramètres biologiques.

**Protocole :**

La salinité sera mesurée en sub-surface (0-1 m), en profondeur pour les stations de surveillance et tous les 2 m pour les sites de référence, lorsque ceux-ci seront validés (validation des sites de référence potentiels après au moins un an de suivi et l'analyse des résultats). Afin d'obtenir un profil de la colonne d'eau pour les stations de référence. La fréquence d'échantillonnage sera trimestrielle. La méthode de prélèvement doit être conforme aux préconisations de Aminot et Kerouel (2004). C'est-à-dire un prélèvement d'eau de mer non filtrée, avec une bouteille de type Niskin, qui fera l'objet d'une analyse *in situ* grâce à une sonde multiparamètre préalablement étalonnée.

- analyse *in situ* (sonde)
- 1 prélèvement / 3 mois en sub-surface et en profondeur pour les sites de surveillance
- 1 prélèvement / 2 m / 3 mois pour les sites de référence validés

## Bilan d'oxygène (DO en mg / l, pourcentage de saturation en %)

### + Oxygène Dissous (DO)

L'oxygène dissous (DO) est un indicateur de qualité pour assurer la vie aquatique dans une masse d'eau (McCutcheon *et al.*, 1993, *in* Chiappone, 2001). L'oxygène dissous est important dans les processus biologiques comme la production primaire et les échanges entre l'eau et l'atmosphère. La concentration en oxygène dissous du renouvellement des eaux, du vent, des agitations du milieu etc. En milieu ouvert les valeurs d'oxygène dissous sont élevées alors qu'en milieu fermé ou abrité elles sont plus faibles. Le pic de concentration en oxygène est généralement enregistré vers midi.

De très faibles teneurs conduisent à des situations d'hypoxies, voire d'anoxies. La teneur absolue en oxygène dissous représente l'oxygène disponible pour les organismes vivants dans la masse d'eau. Deux indicateurs peuvent être pris en compte pour mesurer le bilan en oxygène d'un échantillon d'eau : la **teneur en oxygène dissous** et le **pourcentage de saturation en oxygène** (inversement proportionnel à la température).

Des seuils de la teneur en oxygène dissous ont été définis et utilisés aux Etats-Unis (NOAA, 1999) pendant la période productive : 2 seuils ont été défini pour les usages (2 et 5 mg / l) et 4 seuils ont été choisis pour les potentialités biologiques (1, 2, 5 et 6 mg / l). On note qu'en milieu marin littoral en Martinique on trouve généralement des concentrations de 3 à 4 mg / l. Dans le cadre du suivi de la DCE, une seule valeur a été retenue pour établir le **seuil de la teneur en oxygène dissous : 2 mg / l**. Ce seuil a été choisi en adaptant les données métropolitaines et d'après Chapman & Kimstach (1992, *in* Chiappone, 2001). Cette valeur seuil montre l'incidence du manque d'oxygène sur les organismes sensibles. Une concentration inférieure à 2 mg / l peut conduire à la mort des organismes aquatiques tels que les poissons. Cette valeur est provisoire et fera l'objet d'une réévaluation après la première année du suivi.

**Protocole :**

La teneur en oxygène dissous sera mesurée en sub-surface (0-1 m), en profondeur pour les stations de surveillance et tous les 2 m pour les sites de référence, lorsque ceux-ci seront validés (validation des sites de référence potentiel après au moins un an de suivi et l'analyse des résultats). Afin d'obtenir un profil de la colonne d'eau pour les stations de référence. La fréquence d'échantillonnage sera trimestrielle. La méthode de prélèvement doit être conforme aux préconisations de Aminot et Kerouel (2004). C'est-à-dire un prélèvement d'eau de mer non filtrée qui fera l'objet d'une analyse *in situ* grâce à une sonde multiparamètre préalablement étalonnée. Les prélèvements sont à effectuer à heure fixe pour chaque station (de préférence le matin).

- Analyse *in situ*
- 1 prélèvement / 3 mois en sub-surface et en profondeur pour les sites de surveillance
- 1 prélèvement / 2 m / 3 mois pour les sites de référence validés

### + Saturation en oxygène

Le pourcentage de saturation en oxygène sera également relevé. En Martinique, en milieu marin littoral ouvert les valeurs d'oxygène sont proches de la saturation et parfois sursaturées (100 à 110 %), surtout avant midi. Dans les baies, telles que celle de Fort-de-France, le pourcentage de saturation varie beaucoup (entre 72 et 107 %, Castaing *et al.*, 1986). Les valeurs retenues pour établir le **seuil du pourcentage de saturation en oxygène sont : 85 % pour les milieux ouverts et 75 % pour les baies quasi fermées et les masses d'eau de transition.**

### Protocole :

*Le pourcentage de saturation en oxygène sera mesuré en sub-surface (0-1 m), en profondeur pour les stations de surveillance et tous les 2 m pour les sites de référence, lorsque ceux-ci seront validés (validation des sites de référence potentiel après au moins un an de suivi et l'analyse des résultats). Afin d'obtenir un profil de la colonne d'eau pour les stations de référence. La fréquence d'échantillonnage sera trimestrielle. La méthode de prélèvement doit être conforme aux précautions de Aminot et Kerouel (2004). C'est-à-dire un prélèvement d'eau de mer non filtrée, avec une bouteille de type Niskin, qui fera l'objet d'une analyse *in situ* grâce à une sonde multiparamètre préalablement étalonnée. Les prélèvements sont à effectuer à heures fixes quelque soit la station (de préférence tôt le matin).*

- analyse *in situ* (sonde)
- 1 prélèvement / 3 mois en sub-surface et en profondeur pour les sites de surveillance
- 1 prélèvement / 2 m / 3 mois pour les sites de référence validés

Remarque : les sondes multiparamètres et oxymètres doivent faire l'objet d'opérations rigoureuses de métrologie (contrôle vérification, étalonnage) avant chaque campagne de mesures.

## Concentration des nutriments (en $\mu\text{mol/l}$ )

Les nutriments sont nécessaires au phytoplancton marin et autres producteurs primaires. Or la production primaire affecte la production secondaire, la biomasse des organismes marins et la composition des espèces (Chiappone, 2001). La disponibilité des nutriments affecte également les contrôles « top-down » (prédation) et « bottom-up » (ressources) en milieu côtier. Il a d'ailleurs été démontré qu'en milieu tropical, le taux d'accumulation du Carbonate de calcium, et donc la capacité de construction des récifs coralliens, est inversement proportionnelle à la disponibilité des nutriments (Hallock & Schlager, 1986, *in* Chiappone, 2001). Un excès de nutriments peut provoqué des blooms phytoplanctoniques, ce qui aura des influences sur la concentration d'oxygène dissous et la turbidité de l'eau.

Les concentrations de **phosphore** et **d'azote** seront mesurées. Ces paramètres vont permettre d'analyser une situation d'eutrophisation mais aucunement de l'expliquer à eux seuls. Ce n'est pas parce qu'une concentration en nutriments est élevée ponctuellement que le site peut être considéré en « mauvais état ». C'est pourquoi les seuils d'eutrophisation déterminés à partir d'études dans la Caraïbe (Lapointe *et al.*, 1992 et 1994, Lapointe 1997, Littler *et al.*, 1992) ne seront qu'indicatifs mais pas déclassants. Les données en sels nutritifs permettent l'interprétation des paramètres biologiques.

Lapointe *et al.* (1992) ont déterminé des seuils d'eutrophisation de **0.1  $\mu\text{mol/l}$  de SRP** (Soluble Reactive Phosphorus) et de **1  $\mu\text{mol/l}$  de DIN** (Dissolved Inorganique Nitrogen = ammonium + nitrite + nitrate) pour les communautés coralliniennes. Au-delà de ces concentrations on observe une dominance de macro-algues. L'enrichissement en N et P favorise le développement des épiphytes et

diminue le taux de croissance des rhizomes de *Thalassia testudinum* (Lapointe *et al.*, 1994). Ces seuils seront retenus à titre indicatif pour comprendre l'eutrophisation des biocénoses marines.

#### Protocole

Les concentrations en nutriments seront mesurées en sub-surface (0-1 m) et en profondeur. La fréquence d'échantillonnage sera trimestrielle. La méthode de prélèvement doit être conforme aux préconisations de Aminot et Chaussepied (1983). C'est-à-dire des prélèvements d'eau de mer filtrée, avec une bouteille de type Niskin, sur lesquels seront effectuées des analyses en laboratoire (méthode de Aminot & Kerouel (2004)).

- Analyse en laboratoire
- 1 prélèvement / 3 mois en sub-surface et en profondeur

Remarque : les dosages de l'Azote total et du Phosphore total seraient plus intéressants que les dosages des nutriments inorganiques dissous (Dissolved Inorganic Nitrogen (DIN) et Dissolved Inorganic Phosphorus (DIP)) car ils incluent également la partie organique (Matière Organique Dissoute (MOD) et Matière Organique Particulaire (MOP)) (Chiappone, 2001). Le sujet est encore à l'étude et soumis à discussion car ils incluent l'azote et le phosphore qui ne seraient pas biodisponibles (Aminot, comm. pers. 2006). L'analyse de N total et P total par le laboratoire local (LDA) n'est pas possible actuellement.

Remarque : N et P sont les substances chimiques qui doivent être traitées en priorité dans les plans de gestion concernant le traitement des eaux usées (Lapointe *et al.*, 1994).

## Substances polluantes

Les substances polluantes à étudier dans le suivi de la DCE sont nombreuses. Elles incluent les phytosanitaires, les métaux lourds, les HAP, les solvants, les antifouling etc. Ces substances sont largement utilisées en Martinique. On les retrouve ensuite dans les sols où elles sont stockées jusqu'à leur transfert vers les masses d'eau littorales par des phénomène d'érosion, ruissellement, ou lessivage. Les métabolites issues de la dégradation partielle des molécules sont parfois difficiles à doser dans le milieu marin du fait de leur dissolution, adsorption sur les particules, ou bioaccumulation dans les chaînes trophiques. Quelles sont les impacts sanitaires pour l'Homme et les organismes marins ? De nombreuses études sont en cours pour répondre à cette question.

L'élaboration de la stratégie de surveillance chimique des métaux, pesticides et autres polluants, en zones côtières, s'articule autour de trois axes :

- Le choix des substances
- Le choix des matrices (eau, sédiment, biote)
- Le protocole d'échantillonnage

#### Le contexte :

Au niveau national, il n'existe pas actuellement de réseau de surveillance de la contamination chimique des eaux côtières par les produits phytosanitaires. Un tel réseau de surveillance, en métropole et en Outre-Mer devrait permettre d'inscrire dans la durée l'observation et l'aquisition des données sur la contamination du littoral par les pesticides. Il permettrait de fournir un référentiel nécessaire à l'évaluation de la qualité de l'environnement marin sous différentes latitudes et de comparer les concentrations selon les contextes. Ce réseau permettrait d'établir la chronologie de la

contamination chimique des écosystèmes marins et d'en suivre les tendances (Munsch *et al.*, 2004).

Peu d'études sur les substances polluantes ont été réalisées en Martinique (programme RNO depuis 2001 sur la contamination de la matière vivante ; Bocquené *et al.*, 2002 ; Castaing *et al.*, 1986 ; Cidolit, 1991 ; Monti, 2001). S'appuyant sur peu de données le suivi de la DCE sera imposant dans un premier temps du point de vue des fréquences d'échantillonnage. En effet toutes les substances polluantes devront être analysées lors de la première campagne de suivi. Puis selon les résultats obtenus à l'issue de cette campagne, certaines recherches de composés pourront être abandonnées.

#### Les matrices :

La matrice principale choisie par la Commission Européenne est l'**eau** (eau filtrée pour les métaux et eau totale pour les contaminants organiques). L'analyse de l'eau totale doit être précédée d'une séparation de phase. Car la somme des concentrations en phase dissoute et en phase adsorbée par les MES ne sont pas égales aux concentrations déterminées dans l'eau totale (Marchand *et al.*, 2004).

Il est recommandé de suivre également l'évolution des contaminants chimiques dans les sédiments et dans le biote. Cette surveillance permettrait de voir sur le long terme les effets des mesures de réduction de la contamination.

#### Les phytosanitaires :

En ce qui concerne les produits phytosanitaires, des études (Munsch, 1995) ont montré que les herbicides sont transportés essentiellement sous forme dissoute, la fraction adsorbée par la matière en suspension étant inférieure à 1 %. Les sédiments ne sont donc pas un lieu de stockage pour les herbicides. Les phytosanitaires hydrophobes seront pourtant recherchés dans les sédiments.

En métropole la contamination des eaux côtières par les herbicides est essentiellement due aux herbicides appartenant à trois familles : les Triazines (atrazine, simazine, terbutylazine, et leur produits de dégradation : DEA-déthylatrazine, DIA- désopropylatrazine), les Amides (tébutam) et les Acétanilides (alachlore, métolachlore) (Munsch *et al.*, 2004). Ces substances observées en milieu marin côtier et estuaire s'avèrent persistantes et mobiles dans l'environnement (Tronczynski *et al.*, 1999). Outre la contamination permanente et ubiquiste des eaux littorales par les triazines, les amides et les acétanilides, d'autres substances phytosanitaires sont identifiées de manière plus limitée dans le temps et dans l'espace. Il s'agit du dicloran, du propanil (chloro-anilines), du molinate, des EPTC, du carbofuran (carbamates), du diméthoate, du dianizon et du malathion (organophosphorés) (Readman *et al.* 1993 ; Tronczyński *et al.* 1999a et b *in* Munsch *et al.*, 2004).

En Martinique aussi, les flux de phytosanitaires d'origine tellurique sont à prendre en compte dans le milieu marin. En milieu tropical les quantités et concentrations de phytosanitaires sont généralement importantes. Les cultures de canne à sucre et de banane ont pendant de nombreuses années utilisées en grande quantité des phytosanitaires rémanents tel que le **Chlordécone** (organochloré). En effet Bocquené *et al.* (2002) ont réalisé une évaluation qualitative des apports et un bilan quantitatif et qualitatif des principales substances bioaccumulées dans le milieu marin. Cette étude a mis en évidence la présence généralisée du Chlordécone dans les matières en suspension, les sédiments et quelques espèces marines. De plus le ruissellement et l'écoulement des eaux sont conditionnés par la faible taille des bassins versants (concentrations des produits) et la saisonnalité marquée (période des pluies très marquée accentuant le lessivage). On note que les différents types de masse d'eau sont plus ou moins sensibles aux pollutions. La plupart des cours d'eau débouchent dans les mangroves et les baies qui sont de ce fait plus touchées par la pollution des phytosanitaires. De plus le faible renouvellement des eaux de ces milieux quasi-fermés ne permet pas une dilution efficace des polluants.

#### Les normes de qualité environnementales :

Le groupe d'experts AMPS (Analysis and Monitoring of Priority Substance) joue un rôle dans l'analyse et la définition de la surveillance des substances prioritaires. Selon leur analyse, le bon état

chimique d'une masse d'eau sera déterminé sur la base d'une moyenne arithmétique annuelle des résultats d'analyse de la phase aqueuse.

Les Normes de Qualité Environnementale (NQE) déterminées pour l'ensemble des substances prioritaires de la DCE sont définies comme étant la concentration maximale autorisée de polluant dans l'eau, le sédiment ou le biote, afin de protéger la santé humaine et l'environnement. Ce seuil prend en compte les effets écotoxicologiques directs et indirects (magnification et bioaccumulation dans le biote). La méthodologie de définition des normes est basée sur l'évaluation des risques (Technical Guidance Document et Directives 91/414/CEE et 97/57/EC). Il faut cependant noter que la plupart des normes ne sont discutées et proposées que pour l'étude de la phase aqueuse et le sédiment. Il est pourtant essentiel de déterminer des seuils de pollution dans le biote et les sédiments quand cela est nécessaire.

A l'heure actuelle des propositions de normes sont discutées par les Etats Membres pour la phase aqueuse. Lorsque les seuils ou NQE sont manquants (non défini au niveau métropolitain) il est impossible de les adapter au niveau caribéen. C'est pourquoi les substances non caractérisées par les NQE devront attendre la fin du cycle de gestion (6 ans) pour se voir attribuer une valeur seuil, quelque soit la matrice utilisée. Les NQE européennes disponibles au début des suivis pourront faire l'objet d'une adaptation au niveau caribéen après une première année de suivi.

#### L'échantillonnage :

La fréquence d'échantillonnage préconisé par la DCE est d'une fois par mois pour les substances prioritaires et d'un échantillon tous les trois mois pour les autres substances. Les moyennes annuelles sont ensuite calculées puis comparées avec les NQE. Cependant en cas d'utilisation saisonnière de certaines substances, comme les pesticides, il est possible de calculer et comparer les moyennes mensuelles, avant de faire la moyenne sur l'année pour le contrôle de conformité avec les NQE (Marchand *et al.*, 2004). Si pour une ou plusieurs substances données, les résultats individuels de la surveillance pour l'année précédente ne dépassent pas une valeur spécifique, la surveillance de cette substance pourra être arrêtée durant trois ans, avant d'être réévaluée. A l'inverse, le dépassement d'une valeur (concentration maximale acceptable, non encore défini au niveau européen) liée à la NQE, doit être suivi d'un contrôle d'enquête comme indiqué dans l'annexe V.1.3.3 de la DCE.

Les laboratoires responsables des analyses dans le cadre de la DCE doivent travailler selon des méthodes internationales de référence pour l'assurance et le contrôle qualité. Les méthodes recommandées sont les suivantes (d'après Marchand *et al.*, 2004) :

- ISO/TR 13530, 1997-09 Water Quality – Guide to analytical control for water analysis ;
- UN/ECE Task Force on Monitoring and assessment - Volume 4, Quality Assurance, J.G. Timmerman *et al.*(1996), ISBN 9036945860 ;
- Guidelines on Monitoring and Assessment of Transboundary Rivers - First review of the 1996 guidelines on Water-quality Monitoring and Assessment of Transboundary Rivers, March 2000, ISBN 9036953200.

Les laboratoires doivent également être accrédités ou s'engager dans un processus d'accréditation. Ils devront participer à des essais inter-laboratoires pour calibrer les méthodes d'analyse.

## **Les 33 substances prioritaires au sens de la DCE**

La DCE a défini une liste de 33 substances polluantes à rechercher prioritairement dans les masses d'eau. Certaines d'entre elles sont volatiles et ne sont donc pas adaptées à un suivi en milieu marin. C'est pourquoi les substances ont été classées par ordre de pertinence et de priorité d'analyse pour le milieu marin (Tableau 12). Lors de la première année du suivi toutes les substances seront recherchées pour connaître leur concentration. Par la suite, l'analyse des substances volatiles ou absentes des premiers prélèvements pourra être abandonnée.

Groupe de polluants	Polluants	Log Kow	Valeurs seuil (eau : µg / l, sed : µg / kg biote : mg / kg)		
Métaux	Mercure* Plomb* Cadmium* Nickel*		NQE eauF = 0.3 (MEC) = 0.5 (MET), biote = 0.08 NQE eauF = 0.4, biote = 0.7 NQE eauF = 2.5 (MEC) = 5 (MET), biote = 0.2 NQE eauF = 1.7, biote = 0.7		
Hydrocarbures aromatiques	Naphtalène* Anthracène* Fluoranthène* HAP [benzo(a)pyrène*, benzo(b)fluoranthène*, benzo(g,h,i)pérylène*, benzo(k)fluoranthène*, indéno(1,2,3-cd)pyrène*]	3.7 4.45 5.16 5.97 6.32 7.10 6.84 6.58	NQE eauT = 1.2, sed = 23, biote = 12.3 NQE eauT = 0.1, sed = 34, biote = 33 NQE eauT = 0.09, sed = 83, biote = 11.5 NQE = 0.05, sed = 7600, NQE = 0.05, sed = 170, NQE = 0.016, sed = 140, NQE = 0.03, sed = 14, NQE = 0.016, sed = 560,		
Pesticides	Lindane*	3.7	NQE eauT = 0.02, sed = 2, biote = 0.05		
Substances benzéniques	Trichlorobenzène Pentachlorobenzène Hexachlorobenzène	4.05 5.18 5.73	NQE eauT = 0.4, sed = 13, biote = 4 NQE eauT = 0.0003, sed = 0.3, biote = 0.2 NQE eauT = 0.03, sed = 85, biote = 0.02		
Divers	Diphényléthers bromés Chloroalcanes à chaîne courte Phthalate (DEHP) Hexachlorobutadiène Nonylphénols Octylphénols	6.57 4.4-8 7.5 4.78 4.48 4.5	NQE eauT = 0.0002, sed = 2, biote = 1 NQE eauT = 0.1, sed = 430, biote = 17 NQE eauT = 1.3, sed = 4720, biote = 3.3 NQE eauT = 0.1, sed = 71, biote = 0.05 NQE eauT = 0.03, sed = 3.5, biote = 10 NQE eauT = 0.06, sed = 24, biote = 1		
Pesticides	Alachlore Atrazine** Chorfenvinphos Chlopyrifos Diuron Endosulfan Isoproturon Simazine Trifluraline	2.8 2.6 3.8 4.7 2.7 4.7 2.5 2.2 5.3	NQE eau = 0.3 NQE eau = 0.6 NQE eauT = 0.06, sed = 0.7, biote = 10 NQE eau = 0.03, sed = 3, biote = 0.07 NQE eau = 0.2 NQE eau = 0.0005, sed = 0.1, biote = 1 NQE eauT = 0.3 NQE eauT = 0.7 NQE eauT = 0.03, sed = 6, biote = 6.7		
Biocides	Pentachlorophénol TBT (Tributylétain)	5.12 3.54	NQE eauT = 2, sed = 170, biote = 1.8 NQE eauT = 0.0001, sed = 0.01,		
Solvants chlorés	Chloroforme* 1,2-dichloroéthane* Dichlorométhane	- - -	NQE eauT = 12 NQE eauT = 10 NQE eauT = 20		
Hydrocarbures aromatiques	Benzène*	-	NQE eauT = 1.7		

**Tableau 12 : Liste des 33 substances prioritaires de la DCE classées par ordre de priorité vis-à-vis du milieu marin littoral selon Marchand *et al.*, 2004.**

Les composés en rouge sont des substances déjà considérées comme prioritaires pour le milieu marin, les substances devant être considérées comme prioritaires pour le milieu marin sont orangées, les composés en bleu sont considérés comme prioritaires pour le milieu marin compte tenu des usages, les substances de la DCE non prioritaires pour le milieu marin (car volatiles) sont indiquées en vert.

Les valeurs seuil indiquées correspondent aux Normes de Qualité Environnementales définies par IFREMER (Marchand *et al.*, 2004) et le MEDD (J. Robert, comm. pers., 2006). Le Log Kow permet de définir le caractère hydrophile ou hydrophobe d'un pesticide (d'après Munschy *et al.*, 2004 et Marchand *et al.*, 2004)

(eauF : analyse à réaliser sur échantillon d'eau filtrée, eauT : analyse à réaliser sur échantillon d'eau totale, sed : analyse à réaliser dans les sédiments, biote : analyse à réaliser dans le biote, \* : fiche descriptive INERIS, \*\* : fiche descriptive OSPAR)

## Autres substances polluantes

Il existe d'autres substances (Tableaux 13 et 14) ne figurant pas sur la liste de la DCE mais pouvant être préoccupantes pour le milieu marin (Marchand *et al.*, 2004).

Suivi	Groupe de polluants	Substances polluantes	NQE (eau : µg / l, sed : µg/ kg)
Surveillance RNO	Métaux PCB DDT Autres HAP	Cuivre*, Chrome*, Zinc* - - Fluorène*, Phénanthrène*, Pyrène*, Acénaphthylène, Benzo(a)anthracène, Chrysène, Dibenzo(a,h)anthracène*	eauT = 25, sed = 83 600
Substances prioritaires OSPAR	Hydrocarbures Aromatiques	4-ter-butyltoluène	ND
	Ester organique	Ester éthylique d'acide néodécanoïque**	
	Organohalogénés	Tetrabromobisphénol A, Hexachlorocyclopentadiène, Retardateurs de flamme au brome, Polychlorodibenzodioxines (PCDD), Polychlorodibenzofuranes (PCDF)	
	Composé organique de l'azote	4-(diméthylbutylamino)diphénylamine	
	Organophosphate	Phosphine triphényle	
	Organosilicone	Hexaméthyldisiloxane (HMDS)**	
	Pesticides	Dicofol** Méthoxychlore	
	Produit pharmaceutique	Clotrimazole	
	Phénols	2,4,6-tri-tert-butylphénol Nonylphénol (éthoxylates)**	
	Phtalates esters	Dibutylphthalate	
	Musc synthétique	Xylène musqué	
Autres substances	Produits pharmaceutiques	Hormones Antibiotiques	ND
	Métaux	Argent	
	Pesticides	Vanadium	
	Dioxines	Dichlorvos -	

Tableau 13 : Liste des substances polluantes non prioritaires au sens de la DCE, suivies par les réseaux RNO et OSPAR en métropole, ainsi que certaines substances qui peuvent être préoccupantes pour le milieu marin (Marchand *et al.*, 2004 et J. Robert, comm. pers., 2006). La plupart des NQE de ces substances ne sont pas déterminées (ND).

Type de polluants	Groupe de polluants	Substance polluante	NQE (eau : µg / l, sed : µg / kg, biote : mg / kg)	Source d'information
Herbicide / Insecticide (anti fouling)	Triazines	Simazine Terbutylazine Irgarol 1051		
	Amide	Tébutam		
	Acétanilides	Alachlore , Métalochlore		
	Chloro-anilines	Dicloran Propanil	ND	Munschy <i>et al.</i> , 2004 ( IFREMER )
	Carbamates	Molinate EPTC Carbofuran		
	Organophosphorés	Diméthoate Dianizon Malathion		
Anti fouling	Dérivé phtalique Sulfamide Phénylurée	Chlorothalonil Dichlofluanid Diuron	ND	
Pesticide (utilisé en Martinique)	Organochlorines	Hexachlorocyclohexane = lindane Adrine Dieldrine Chlordecone	EauT = 0.02, sed = 2, biote = 0.07  EauT = 0.01, sed = 10 EauT = 0.01, sed = 3, biote = ?	Bocquené & Franco, 2005
	Organophosphorés	Malathion Methyl parathion Disulfoton Diazinon		J. Robert, comm. pers., 2006

**Tableau 14 : Autres types de polluants à rechercher dans les masses d'eau littorales de Martinique d'après Munschy *et al.*, 2004 et Bocquené & Franco, 2005. La plupart des NQE ne sont pas déterminées pour ces substances (ND).**

### Les substances polluantes à analyser lors de la première année du suivi

Les 89 substances retenues (Tableau 15) rassemblent les substances prioritaires au sens de la DCE (Annexe IX et X), les substances préoccupantes pour la qualité du milieu marin en général et les substances spécifiques au milieu martiniquais. La détermination de la pertinence des phytosanitaires par le Service de Protection de Végétaux de Martinique est en cours. Ces 89 polluants doivent être analysés lors de la première année du suivi. En fonction des résultats obtenus, l'analyse de certains composés pourra être arrêtée (comme les substances volatiles par exemple). Pour certaines substances aucune indication de matrice n'a été fournie par les groupes de travail européen. Par défaut la matrice choisie sera l'eau totale.

Groupe de polluants	Polluant	Log Kow	Valeurs seuil (µg / l pour l'eau, µg / kg pour sediment et mg / kg pour le biote)
Métaux (9)	Argent		
	Arsenic		Eau F
	Cadmium		EauF = 2.5 (MEC), 5 (MET), biote = 0.2
	Chrome		EauF
	Cuivre		EauF
	Mercure		EauF = 0.3 (MEC), 0.5 (MET), biote = 0.08
	Nickel		EauF = 1.7, biote = 0.7
	Plomb		EauF = 0.4
	Zinc		EauF
Pesticides (34)	Aldrine		EauT = 0.01, sed = 10
	Alachlore	2.8	EauT = 0.3
	Atrazine	2.6	EauT = 0.6
	Carbofuran		
	Chlordecone		
	Chorfenvinphos	3.8	EauT = 0.06, sed = 0.06, biote = 10
	Chlopyrifos	4.7	EauT = 0.03, sed = 3, biote = 0.07
	DDT		EauT = 25, sed = 83 600
	Diazinon		
	Dichloran		
	Dichlorvos		
	Dicofol		
	Dieldrine		EauT = 0.01, sed = 3
	Diméthoate		
	Disulfoton		
	Diuron	2.7	EauT = 0.2
	Endosulfan	4.7	EauT = 0.0005, sed = 0.1, biote = 1
	Endrine		EauT = 0.005, sed = 1
	EPTC		
	Irgarol		
	Isodrine		EauT = 0.005, sed = 11
	Isoproturon	2.5	EauT = 0.3
	Lindane	3.7	EauT = 0.02, sed = 2, biote = 0.03
	Malathion		
	Métauxchlore		
	Méthoxychlore		
	Méthyl parathion		
	Molinate		
	Propanil		
	Simazine	2.2	EauT = 0.7
	Terbutam		
	Terbutylazine		
	Trifluraline	5.3	EauT = 0.03, sed = 6, biote 6.7
	Vanadium		
Biocides (2)	Pentacholophénol	5.12	EauT = 2, sed = 170, biote = 1.8
	TBT (Tributylétain)	3.54	EauT = 0.0001, sed = 0.01
Anti-fouling (2)	Chlorothalonil		
	Dichlofluanid		
Solvants chlorés (3)	Chloroforme	-	Eau T = 12
	Dichlorométhane	-	Eau T = 20
	1,2-dichloroéthane	-	Eau T = 10

Hydrocarbures aromatiques (10)	Anthracène	4.45	EauT = 0.1, sed = 34, biote = 33
	Benzène	-	EauT = 1.7
	Fluoranthène	5.16	EauT = 0.09, sed = 83, biote = 11.5
	HAP benzo(a)pyrène	5.97	EauT = 0.05, sed = 7 600
	HAP benzo(b)fluoranthène	6.32	EauT = 0.05, sed = 170
	HAP benzo(g,h,i)pérylène	7.10	EauT = 0.016, sed = 140
	HAP benzo(k)fluoranthène	6.84	EauT = 0.03, sed = 14
	HAP indéno(1,2,3-cd)pyrène	6.58	EauT = 0.016, sed = 560
	Naphtalène	3.7	EauT = 1.2, sed = 23, biote = 12.3
	4-ter-butyltoluène		
Substances Benzeniques (3)	Hexachlorobenzène	5.73	EauT = 0.03, sed = 85, biote = 0.02
	Pentachlorobenzène	5.18	EauT = 0.0003, sed = 0.3, biote = 0.2
	Trichlorobenzène	4.05	EauT = 0.4, sed = 13, biote = 4
Ester organique (1)	Ester éthylique d'acide néodécanoïque		
Organohalogénés (7)	Hexachlorocyclopentadiène		
	Retardateurs de flamme au brome		
	Perchloroéthylène		EauT = 10
	Polychlorodibenzodioxines (PCDD)		
	Polychlorodibenzofuranes (PCDF)		
	Tetrabromobisphénol A		
Organoazoté (1)	Trichloroéthylène		EauT = 10
	4-(diméthylbutylamino)diphénylamine		
Organophosphate (1)	Phosphine triphényle		
Organosilicone (1)	Hexaméthyldisiloxane (HMDS)		
Phénols (3)	2,4,6-tri-tert-butylphénol		
	Nonylphénol (éthoxylate)	4.48	EauT = 0.03, sed = 3.5, biote = 10
	Octylphénol	4.5	EauT = 0.06, sed = 24, biote = 1
Phthalate ester (2)	Dibutylphthalate		
	Phthalate (DEHP)	7.5	EauT = 1.3, sed = 4 720, biote = 3.3
Produits Pharmaceutiques (3)	Clotrimazole		
	Hormones		
	Antibiotiques		
Divers (7)	Hexachlorobutadiène	4.78	EauT = 0.1, sed = 71, biote = 0.05
	Chloroalcanes à chaîne courte	4.4-8	EauT = 0.1, sed = 430, biote = 17
	Cyanure		
	Diphényléthers bromés	6.57	EauT = 0.00018
	Dioxines		
	PCB		
	Tétrachlorure de carbone		EauT = 12

Tableau 15 : Liste de toutes les substances polluantes à analyser en Martinique lors de la première année du suivi DCE. Les valeurs seuil (NQE) de l'eau sont en  $\mu\text{g} / \text{l}$ , pour les masses d'eau côtière et de transition, sauf indication contraire. Les analyses de sédiment (NQE sed en  $\mu\text{g} / \text{kg}$  de sédiment) sont à privilégier. Les valeurs NQE biote sont en  $\text{mg} / \text{kg}$  de poids sec.

## Choix des matrices

La DCE s'intéresse aux différents compartiments : eau, sédiments et matière vivante. Mais actuellement les groupes de travail européens (AMPS notamment) ont surtout étudié les compartiments Eau et Sédiment.

Les analyses sur les échantillons d'eau seront réalisées sur **eau filtrée** à 10 µm pour les métaux et sur **eau totale** pour les autres substances polluantes.

Les matrices intégratrices (sédiments ou organismes vivants) présentent des avantages pour l'analyse des molécules hydrophobes. Les choix de la matrice dépendront donc de la substance à surveiller. Ainsi pour les **métaux** et les **substances organiques hydrophobes** ( $\log K_{ow} > 5$ ) le **sédiment** sera une meilleure matrice. Les **substances intermédiaires** ( $3 < \log K_{ow} < 5$ ) peuvent théoriquement être recherchées dans toutes les matrices, mais en général, les **matrices intégratrices** seront privilégiées. Les **substances organiques hydrophiles** ( $\log K_{ow} < 3$ ) ne peuvent être recherchées que dans l'**eau**. Mais dans cette matrice, les contaminants sont souvent en faibles concentrations donc difficile à détecter et peu représentatifs de toute la masse d'eau.

On note que l'analyse des sédiments permet une évaluation à plus long terme de la contamination, puisque les premiers centimètres superficiels peuvent intégrer plusieurs années de contamination.

En zone de mangrove l'utilisation d'organismes vivants accumulant les contaminants, tels que les **bivalves est intéressante** (hors période de reproduction) (Bocquené *et al.*, 2002). L'espèce sentinelle choisie par le programme RNO est *Isognomon alatus* (Saint-Felix, 1972 ; Impact-Mer 2000a, et 2004).

Lorsqu'elles sont utilisables, il est plus avantageux d'utiliser des matrices intégratrices plutôt que l'eau dont les fluctuations rapides du milieu littoral compliquent la représentativité spatiale et temporelle (Munsch *et al.*, 2004).

Les prélèvements de substances polluantes devront être accompagnés de paramètres « normalisateurs » permettant l'exploitation des résultats (Pellouin-Grouhel, 2005), tels que :

- Pour l'analyse des **espèces « sentinelles »** : taille de l'individu (et écart-type sur la taille moyenne du lot) et le pourcentage de matière sèche.
- Pour l'analyse des **sédiments** : carbonates, carbone organique, aluminium, teneur en eau et granulométrie.

Des études complémentaires au suivi de la DCE concernant les espèces bioindicatrices doivent être mises en place. Il est nécessaire de déterminer les espèces accumulant les polluants, autre que les *Isognomon*, que l'on ne trouve que dans les zones de mangrove. D'autres filtreurs ou détritivores peuvent être étudiés afin de connaître leur capacité d'accumulation et de biomagnification des substances polluantes. La méthodologie du « caging » de bivalves pourrait être envisagée en Martinique.

## Stratégies d'échantillonnage

La fréquence d'échantillonnage des substances polluantes est définie comme suit :

Pour le contrôle de surveillance, IFREMER (Pellouin-Grouhel, 2005) recommande des fréquences d'échantillonnage en fonction du log Kow des substances et de la matrice (Tableau 16).

Substances	Fréquence des contrôles
Métaux et substances hydrophobes ( $\log K_{ow} > 5$ )	Sédiment fin : 1 fois / 6ans Bivalves : 1 fois / an (ou 2 ans)
Substances hydrophiles ( $\log K_{ow} < 3$ )	Eau : 1 fois / mois (+ saisonnier)
Substance intermédiaires ( $3 < \log K_{ow} < 5$ )	Sédiment fin : 1 fois / 6ans Bivalves : 1 fois / an (ou 2 ans)

Tableau 16 : Fréquences d'échantillonnage en fonction des substances (caractère hydrophile / hydrophobe) et des matrices requises pour les suivis DCE.

Cependant la DCE recommande un suivi mensuel des substances prioritaires. Vu le manque de données concernant le suivi de ces composés aux Antilles et en Martinique particulièrement, nous préconisons un suivi mensuel la première année qui sera ajusté les années suivantes en fonction du plan de gestion (adaptation selon les propositions de l'IFREMER si celles-ci sont pertinentes et adaptées aux eaux caribéennes).

Protocoles de prélèvements :

La mesure des substances polluantes est délicate vu le risque de contamination des échantillons. La chaîne analytique est conditionnée par le soin apporté aux prélèvements. C'est pourquoi la phase de prélèvement doit être effectuée par du personnel formé à cette tâche.

Eau :

*Les charges polluantes seront mesurées en sub-surface (0-1 m) et en profondeur. La fréquence d'échantillonnage sera mensuelle. Les prélèvements d'eau de mer filtrée (pour les métaux) ou non se feront avec une bouteille de type Niskin. Les analyses seront effectuées en laboratoire (voir les recommandations techniques en annexe 5.3).*

Matrices intégratrices (sédiments) :

*Les prélèvements de sédiments seront réalisés avec un carottier / benne qui respecte les couches sédimentaires, de manière à ne prélever que le centimètre superficiel, pour évaluer la contamination chimique d'une masse d'eau. Des sédiments de nature différentes (particules inférieures à 2 mm et au moins 10 % de particules fines < 63 µm) pourront être comparés en terme de « teneurs en contaminants » grâce aux paramètres normalisateurs (Pellouin-Grouhel, 2005). Voir la méthode de prélèvement des sédiments en annexe 5.3.*

Matrices intégratrices (bioaccumulateurs) :

*Les mollusques bivalves **filtreurs tels que** Isognomon alatus constituent de bons indicateurs de l'état chimique de la contamination de la mangrove. Une étude complémentaire concernant le caractère bioaccumulateur des poissons et crustacés doit être mise en place en Martinique pour suivre la contamination sur d'autres espèces sentinelles.*

*Selon IFREMER, les bivalves doivent être prélevés tous les 3 mois, sur les racines de palétuviers d'un même site. Pour chaque station, les individus échantillonés devront constituer un lot homogène en taille (au moins 45 mm de long). La quantité prélevée devra être suffisante pour remplir deux piluliers de 90 ml au 3 / 4 de leur volume. Le transport des bivalves vivants se fera en caisse isotherme. Les coquillages seront épurés pendant 24 h dans l'eau de mer décantée de la station de prélèvement. Les coquilles seront mesurées au 1/10<sup>ème</sup> de mm. Les Isognomon seront décoquillées (sans endommager le mollusque) puis égouttées pendant 30 minutes. Les bivalves seront mis en flacon et étiquettés puis congelés pour être envoyés en Métropole où les analyses seront réalisées (voir protocole détaillé en annexe 5.1).*

*En plus de analyses de polluants hydrophobes dans la matière vivante, il est recommandé de mesurer l'abondance et la biomasse (selon la structure d'âge) des I. alatus. Ces paramètres semblent variables selon les conditions du milieu mais peuvent donner une indication sur le*

peuplement de ces bivalves en mangrove. Leur variabilité naturelle est susceptible de représenter une difficulté d'interprétation des résultats.

- Analyse en laboratoire
- 1 prélèvement / 1 mois en sub-surface et en profondeur pour l'analyse de l'eau
- 1 prélèvement / 3 mois pour l'analyse des bivalves
- 1 prélèvement / 6 ans pour l'analyse des sédiments fins

## 2.3 FREQUENCE DES MISSIONS DE SUIVI

Les fréquences d'échantillonnage proposées par la Directive Cadre sont choisies de manière à parvenir à un niveau de confiance et de précision acceptable.

La DCE propose à titre indicatif les fréquences de contrôle (Annexe V art. 1.3.4.) indiquées dans les tableaux 17, 18 et 19.

Qualité Biologique	Détails	Caractéristiques	Fréquence Eaux Côtieres	Fréquence Eaux de Transition
Phytoplancton		Composition, abondance, biomasse	6 mois	6 mois
Flore aquatique	Algues Phanérogames	Composition, abondance	3 ans	3 ans
Faune benthique invertébrée		Composition, abondance	3 ans	3 ans
Ichtyofaune	Poissons	Composition, abondance, structure d'âge	Sans objet	3 ans

Tableau 17 : Fréquences des campagnes de suivi biologique indiquées par les textes de la DCE.

Qualité Hydro morphologique	Détails	Fréquence Eaux Côtieres	Fréquence Eaux de Transition
Conditions morphologiques	Profondeur, substrat, structure zone intertidale	6 ans	6 ans
Régime des marées	Courants dominants Exposition aux vagues Débit d'eau douce	6 ans 6 ans Sans objet	Sans objet 6 ans 6 ans

Tableau 18 : Fréquences des campagnes de suivi hydromorphologique indiquées par les textes de la DCE.

Qualité Physicochimique	Fréquence Eaux Côtieres	Fréquence Eaux de Transition
Turbidité	3 mois	3 mois
Température	3 mois	3 mois
Bilan d'Oxygène	3 mois	3 mois
Salinité	3 mois	Sans objet
Nutriments	3 mois	3 mois
Substances prioritaires	1 mois	1 mois
Autres polluants	3 mois	3 mois

Tableau 19 : Fréquences des campagnes de suivi chimique et physicochimique indiquées par les textes de la DCE.

Les intervalles de temps prévus pour les contrôles de surveillance des paramètres physicochimiques peuvent être allongés selon les premiers résultats du suivi et sur avis d'experts. De plus le groupe d'experts AMPS conseille une surveillance plus fréquente pour les composés issus d'une utilisation saisonnière comme les pesticides. Donc selon les bassins versants, certains sites de surveillance pourront être échantillonnés plus d'une fois par mois pour l'analyse des pesticides.

Compte tenu du contexte tropical et insulaire les fréquences d'échantillonnage préconisées sont indiquées dans le tableau 20.

Caractéristique	Détails	Fréquence Eaux Côtieres	Fréquence Eaux de Transition
<b>Suivi biologique</b>			
Phytoplancton	Chl a Blooms	1 mois 1 mois	1 mois 1 mois
Flore aquatique	Herbiers	3 ans	3 ans
Faune benthique invertébrée	Coraux	3 ans	-
Faune endogée	Vers, crustacés, etc.	-	1 an
<b>Suivi hydro-morphologique</b>			
Conditions morphologiques	Profondeur Substrat Géomorphologie	6 ans	6 ans
Régime des marées	Courants Exposition aux vagues Débit d'eau douce	6 ans 1 mois -	- - 6 ans
<b>Suivi chimique et physicochimique</b>			
Turbidité		1 mois	1 mois
Température		1 mois	1 mois
Bilan d'Oxygène	Oxygène dissous Pourcentage saturation	1 mois	1 mois
Salinité		1 mois	1 mois
Nutriments	Nitrates et Phosphates	1 mois	1 mois
Substances polluantes	S. hydrophiles (eau)	1 mois	1 mois
	S. hydrophobes (bivalves)	-	3 mois
	Métaux et S. hydrophobes (sédiments)	6 ans	6 ans

Tableau 20 : Fréquences des campagnes de suivi biologique, hydro-morphologique, chimique et physicochimique recommandées en Martinique.

## 2.4 GESTION DES DONNEES

### 2.4.1 Compilation des données

Lorsque tous les paramètres, biologiques, physicochimiques et hydromorphologiques seront mesurés pour chaque site du suivi, un tableau de données (Tableau 21), organisé par type de masse d'eau, sera complété. Selon le dépassement des seuils ou non, l'état de la masse d'eau sera défini. La révision du qualificatif du site (de surveillance ou de référence) pourra alors être effectuée. Ces choix seront provisoires et pourront évoluer dans le temps.

Type de masse d'eau	Masse d'eau	Type de suivi	Groupe à étudier	Paramètre à analyser	Résultat	Seuil de réf	Seuil déclassant	Qualité de l'état	Qualité et site
Baie	Fort-de-France FRJC 016	Biologique	Phyto plancton	Composition	Xy	Xx	Xz	TBE / BE / ME / ME / TME	Bon Etat / Mauvais Etat
				Abondance					
				Biomasse					
		Macro-algue Benthos	Macro-algue	...					
			Benthos	...					
	Marin FRJC 010	Physicochimique		...				BE / ME	
		Hydromorphologique		...					
	Robert FRJC 005								
Récif frangeant	...								
Récif barrière	...								
Côte rocheuse atlantique	...								
Côte rocheuse Caraïbe	...								
Côte abritée	...								
Eau du Large	...								
MET	...								

**Tableau 21 : Exemple de base de données à remplir avec les résultats d'analyse de chaque paramètre pour chaque masse d'eau. Résumé synthétique des suivis permettant de déterminer rapidement l'état des masses d'eau.**

## 2.4.2 Bancarisation des données

Les données obtenues seront gérées par le coordonnateur du réseau de suivi DCE. Conformément à la circulaire DE/MSIE/1-DCE2004/9 sur le SDDE les données produites seront bancarisées dans la base Quadrige d'IFREMER. Les unités de mesures seront conformes à celles indiquées dans ce document.

## 2.4.3 Interprétation des résultats

Les résultats permettront d'évaluer la qualité des masses d'eau (classement chimique en 2 états, classement biologique en 5 états, synthèse). L'interprétation des résultats sera exploitée dans le cadre du plan de gestion du littoral ou des bassins versants concernés.

Les mesures chimiques et physicochimiques seront analysées selon leur degré de pertinence en vue d'une adaptation du choix des substances et de la fréquence d'échantillonnage.

Les résultats seront interprétés par station ce qui permettra de vérifier la pertinence du choix des stations de référence (en très bon état voire en bon état). Des modifications seront possibles au début des cycles de suivi.

### 3 Evaluation des coûts du suivi et adaptation

#### 3.1 ESTIMATION DES COUTS

Le tableau 22 synthétise les budgets évalués pour chaque type de suivi. Les coûts de chaque tâche ont été estimés par rapport aux indications de l'OMMM, de la CQEL, des estimation métropolitaines (SDDE Loire-Bretagne) et aux tarifs pratiqués en bureau d'études. La détermination des coûts des analyses chimiques et physicochimiques est en cours (LDA), le tarif indiqué (2 500 Euros par échantillon pour effectuer toutes les analyses de nutriments et des 89 substances polluantes) est donc une estimation arbitraire.

Suivis biologiques		Coût par tâche	Coût par station	Nombre de station	Nombre de campagne / an	Coût du suivi
Phytoplancton	Prélèvement	1 600	800	30	CQEL	-
	Obs + Comptage	600	240	30	12	86 400
	Analyse des résultats	600	3 600	1	12	43 200
	Frais divers					5 000
					Tous les mois	<b>134 600</b>
Faune & Flore MEC	Suivi plongée	2 000	2 000	14	1	28 000
	Analyse des résultats	600	600	14	1	8 400
					Novembre	<b>36 400</b>
Faune endogée MET	Prélèvement	1 600	800	5	1	4 000
	Analyse des résultats	600	1 200	5	1	6 000
	Frais divers					2 000
					Octobre	<b>12 000</b>
<b>Conditions Hydromorphologiques</b>						
Vague + profondeur + géomorphologie + sédiment	Observation + prélèvement	1 600		30	Compris dans suivi biologique	-
Courantologie	Cartes + vérification	600	60	25	1	1 500
Granulométrie	Laboratoire	300	300	10	1	3 000
	Analyse des résultats	600	180	30	1	5 400
					Juin ou novembre	<b>9 900</b>
<b>Suivis physicochimiques</b>						
Général + substances polluantes	Prélèvement	1 600	800	60	CQEL	-
	Laboratoire	2 500	2 500	60	12	1 800 000
	Analyses des résultats	600	300	30	12	108 000
					Tous les mois	<b>1 908 000</b>
<b>Coordination</b>						
Regroupement des résultats	500		10			5 000
Concertation et veille scientifique	700		10			7 000
Interprétation des résultats	600		15			9 000
Rédaction du rapport annuel	700		15			10 500
Adaptation du suivi : mise à jour du cahier des charges	700		5			3 500
Organisations des réunions	600		8			4 800
Présentation des résultats	800		2			1 600
Fournitures	150		5			750
						<b>42 150</b>
					<b>TOTAL =</b>	<b>2 143 050</b>

Tableau 22 : Estimation des coûts engendrés par la mise en place du réseau de suivi DCE « idéal ». Les prix sont indiqués en Euros. Les suivis IFRECOR (16 stations) ne sont pas inclus. Il est supposé que la CQEL prenne à sa charge les prélèvements physicochimiques et planctoniques.

Le budget total correspond à la première année du suivi DCE « idéal » comprenant :

12 campagnes de suivi du phytoplancton

1 campagne de suivi de la faune et la flore des MEC

1 campagne de suivi de la faune endogée en MET

1 suivi des conditions hydromorphologiques

12 campagnes de suivi des paramètres physicochimiques et des polluants

L'année suivante il ne sera pas nécessaire de suivre des communautés benthiques (à surveiller tous les 3 ans) et de re faire la détermination des conditions hydromorphologiques (à faire tous les 6 ans). Le budget nécessaire sera donc sensiblement moindre.

### 3.2 CHOIX DES SITES PAR ORDRE DE PRIORITE

Une hiérarchisation des stations de suivi est proposée, dans l'éventualité où le nombre de sites choisis pour le suivi des masses d'eau serait inférieur à celui recommandé. 23 stations littorales apparaissent comme indispensables à l'application de la DCE en Martinique (Tableau 23).

Type de masse d'eau	Masse d'eau	Nom du site
Baie	FRJC001	Fort-de-France : Gros Ilet *
	FRJC015	Fort-de-France : Banc Gamelle *
	FRJC016	Fort-de-France : Atterrissage rouge *
	FRJC010	Baie du Marin
	FRJC005	Le Robert : Pointe Fort
	FRJC007	Le Robert : Ilet à Rats *
	FRJC013	Baie du Trésor
	FRJC014	Baie du Galion
Récifs frangeants et « lagons » atlantiques	FRJC006	Ilet Chevalier
	FRJC008	Petite Pinsonnelle
	FRJC012	Loup Ministre
Récif barrière atlantique	FRJC011	Loup Garou
Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire atlantique	FRJC004	Cap Saint Martin
Côte rocheuse protégée Caraïbe	FRJC002	Fond Boucher *
	FRJC003	Pointe de la Baleine
Côte abritée à plateforme corallienne	FRJC018	Caye d'Obian
	FRJC017	Jardin tropical *
	FRJC009	Les Boucaniers
Eaux du large de la grande baie de Diamant Sainte-Luce	FRJC019	Rocher du Diamant
Masses d'Eau de Transition	FRJT003	Baie du Lamentin
	FRJT004	Baie de Genipa
	FRJT002	Mangrove ouest du Marin (Manuel)
	FRJT001	Etang des Salines

Tableau 23 : Liste des 23 stations indispensables à la mise en place du réseau de suivi DCE (\* station faisant déjà partie d'un réseau de suivi RNO ou IFRECOR).

Les stations de suivi rapides (Tableau 2, p 12) sont fortement recommandées. Elles permettent une vision globale des masses d'eau hétérogènes. De plus le protocole simple et rapide n'alourdi ni la logistique du suivi ni le budget du réseau DCE.

7 stations peuvent éventuellement être éliminées du réseau de suivi (Tableau 24). Mais il ne sera alors plus possible de faire d'éventuelles modifications quant à la localisation des stations de référence notamment.

Type de masse d'eau	Masse d'eau	Nom du site
Récifs frangeants et « lagons » atlantiques	FRJC008	Caye ronde (François)
Côte rocheuse très exposée et plateau insulaire atlantique	FRJC004	Nord Lorrain
Côte rocheuse protégée Caraïbe	FRJC002	Pointe Lamare (Prêcheur)
	FRJC003	Pointe Burgos (Anses d'Arlet)
Côte abritée à plateforme corallienne	FRJC018	Grand Pointe (Diamant)
	FRJC017	Pointe Borgnesse (Marin)
Masses d'Eau de Transition	FRJT002	Mangrove est du Marin

Tableau 24 : 7 stations non indispensables dont le suivi est cependant recommandé pour une meilleure appréciation de l'ensemble des masses d'eau du district.

### 3.3 CHOIX DES ANALYSES PAR ORDRE DE PRIORITE

La DCE précise clairement que les **suivis biologiques** doivent être privilégiés. Les analyses de paramètres physicochimiques devant être un soutien aux résultats d'analyses et les paramètres hydro-morphologiques des descripteurs permettant l'interprétation des résultats.

La première année du suivi il est conseillé de faire toutes les analyses préconisées. En fonction des résultats obtenus et de leur interprétation il sera alors possible de diminuer certaines fréquences d'échantillonnage voire de supprimer les analyses jugées non pertinentes.

Parmi les substances chimiques à rechercher, certaines peuvent ne pas être utilisées en Martinique. Mais la pollution utilisant les milieux marins et atmosphériques pour se propager, il est préférable de vérifier lors de la première année de suivi, leur absence sur littoral martiniquais.

Vu le coût élevé des analyses de polluants, il peut être envisagé d'analyser uniquement les échantillons d'eau en sub-surface, et de ne pas doubler les analyses d'eau et de sédiment. Ce qui permettrait cependant de vérifier la pertinence des analyses.

## 4 Propositions d'études complémentaires

---

### Mise en commun des données

Le suivi des masses d'eau littorales martiniquaises va générer un grand nombre de données et d'informations. Ce sera également le cas pour toutes les masses d'eau des littoraux français, métropolitains et d'outre-mer. A chaque fin de cycle de suivi (tous les 3 ans ou 6 ans) il serait intéressant de comparer les données avec les DFA (Départements Français d'Amérique) et les autres DOM. Ces échanges d'informations seront bénéfiques au niveau méthodologique (qualibération des techniques) et permettront d'augmenter le nombre de données biologiques, chimiques, physicochimiques et hydromorphologiques au niveau Caraïbe ou insulaire et tropical

De plus il est nécessaire de lier les informations « littorales » aux informations « aquatiques terrestres » à l'échelle de la Martinique.

Un rapprochement entre les différents organismes concernés et la mise en commun des résultats et interprétations sont donc fortement recommandés.

### Stations de référence supplémentaires

L'étude de **2 stations de « référence » supplémentaires** en dehors des masses d'eau littorales définies lors de l'état des lieux du district est préconisé.

- + Une station au large du Loup Garou, côté Atlantique, permettrait de connaître le bruit de fond océanique en ce qui concerne les analyses chimiques et physicochimiques.
- + Une station située dans une mangrove peu influencée par l'activité anthropique permettrait de déterminer des conditions de référence pour les mangroves. Ce qui ne sera pas possible avec l'étude des masses d'eau de transition déjà délimitées. Cette mangrove pourrait se situer dans la baie des Anglais, vers la Pointe Melon dans le Havre du Robert ou dans la baie du Trésor. Une étude de chaque bassin versant doit être mise en place pour déterminer « la mangrove présentant des conditions de référence pour les masses d'eau de transition ».

### Etude du phytoplancton

Le phytoplancton, en particulier les Diatomées, est un bon indicateur des apports terrigènes. Il est donc important de focaliser les efforts de recherche et d'analyse sur ce taxon. L'étude pourrait mettre en exergue le lien entre les Diatomées benthiques et pélagiques du milieu marin et les Diatomées dulçaquicoles.

En Guadeloupe, Ricart et Delesalle (1978) ont dénombré 238 taxons phytoplanctoniques comprenant essentiellement des Diatomophycées (Marem, 1997). En métropole, de nombreux taxons toxiques sont identifiés (voir annexe 4). Il convient, en Martinique de mettre en place une étude concernant le phytoplancton, du point de vue taxonomique et répartition spatiale. Un réseau de surveillance du phytoplancton dans les Petites Antilles serait essentiellement utile à la connaissance des écosystèmes et des mécanismes d'eutrophisation.

### Etude de la faune endogée et benthique des masses d'eau de transition

Le suivi de la méiofaune et la macrofaune endogée du sédiment dans les écosystèmes de mangrove est fortement recommandé pour le suivi biologique des masses d'eau de transition. Or le manque de connaissance sur le sujet au niveau des Petites Antilles rend ce suivi abstrait. Il est donc nécessaire d'étudier cette faune endogée en parallèle de la mise en place du suivi DCE. Cette étude doit être

fondée sur la systématique des différents groupes benthiques ou épigés (annélides, crustacés, holothuries etc...) ainsi que leur écologie.

## **Etude de l'ichtyofaune des masses d'eau de transition**

L'équipe scientifique de l'UAG (Louis, 1983, Louis *et al.*, 1992) a réalisé plusieurs études sur les poissons de mangroves. Ils ont dénombré plus d'une centaine d'espèces ayant des relations étroites avec la mangrove (reproduction, développement, nourrissage etc.). Leurs observations concernant la biomasse et les effectifs ont permis de montrer de grandes fluctuations au cours de l'année, de la période lunaire et de la journée. De plus il faut noter que l'identification des juvéniles de poissons est une tâche difficile vu qu'il n'existe pas de clé d'identification. Il serait donc souhaitable de mettre en place une formation pour acquérir les compétences nécessaires à l'étude des poissons de mangrove et des juvéniles en général. Ensuite une étude annuelle localisée dans les quatre masses d'eau de transition (mangrove et étang) pourra être envisagée. Cependant, ce paramètre étant très fluctuant, il est recommandé d'effectuer plusieurs campagnes par an (au moins quatre). Ceci afin d'inclure les résultats dans le réseau de suivi biologique de la DCE.

## **Etude d'espèces bioaccumulatrices**

L'analyse des polluants dans le biote nécessite d'avoir des espèces accumulant les substances polluantes. Or à part les bivalves *Isognomon alatus* et *Crassostrea rhizophorae* que l'on trouve essentiellement dans les mangroves, il n'y a pas d'espèce sentinelle en Martinique. Il convient donc de mettre en place une recherche concernant d'autres espèces (poissons, holothuries, bivalves etc.) qui pourraient palir à ce manque. Un essai de « caging » de bivalves peut également être mise en place.

## **Etude des microbialithes**

Les microbialithes sont des structures organo-sédimentaires qui résultent du développement de micro-organismes, d'accumulation de particules détritiques piégées et de minéraux précipités (Burne & Moore, 1987). Depuis une vingtaine d'années la prolifération de ces organismes « fossiles » a été mis en évidence dans l'Océan Indien, en Nouvelle Calédonie, aux Bahamas et aux Antilles. Les facteurs déterminants dans le développement des microbialithes lagonaires sont la lumière, les apports en nutriments, l'hydrodynamisme et les apports sédimentaires. Elles se développent entre la surface et 25 m de profondeur et sont néfastes aux communautés algo-coralliennes (Camoin, 2002 et Sprachta, 2003).

Leur croissance très rapide inquiète la communauté scientifique. Il serait intéressant de faire un état des lieux du littoral martiniquais en se focalisant sur la présence de ces organismes qui semblent bioindicateurs de perturbations environnementales et climatiques. Une étude complémentaire permettrait d'étudier plus précisément les microbialithes qui menacent potentiellement les récifs coralliens des Antilles.

## **Etude du bruit de fond géologique naturel**

Le bruit de fond géologique des bassins versants devrait être étudié dans les sédiments marins, afin de distinguer les substances polluantes et les éléments naturels issus de l'érosion dans les sols des bassins versants.

## Etude de l'hyper-sédimentation

L'étude de la sédimentation par des pièges à sédiments, comme cela a été fait dans la baie du Robert (Impact-Mer, 2005) est une analyse plus précise que l'estimation visuelle (taux de sédimentation par hectare et par jour). Elle peut permettre de modéliser les apports solides arrivant sur le littoral lors des crues, sur plusieurs bassins versants. Il sera ensuite possible d'extrapoler l'estimation de la sédimentation à d'autres bassins versants.

Cette technique étant lourde en logistique et donc en terme de coût il est recommandé de sélectionner les stations du suivi touchées par le phénomène d'hypersédimentation et de mettre en place ce suivi localisé (en complément du réseau de suivi de la DCE).

## Mise en place du suivi d'enquête et du suivi opérationnel

Des contrôles opérationnels devront être mis en place concernant les masses d'eau risquant de ne pas atteindre les objectifs environnementaux fixés par la DCE.

Des contrôles d'enquête devront être mis en œuvre en cas de pollutions accidentelles ou pour toutes raisons, même inconnue, d'excédents de la charge polluante.

Une guide méthodologique pourrait être mis au point concernant les différents types de pollutions.

## Etude de cas d'une baie fermée

Le havre du Robert, site atelier Liteau, est une zone d'étude privilégiée depuis plus d'un an. Un groupement multidisciplinaire (IFREMER, CEMAGREF, Université Antilles-Guyane, Impact-Mer) travaillent ensemble sur divers thématique (biologie terrestre et marine, assainissement, sociologie, géographie etc.). En 2006, la commune du Robert a pris en main la GIZC (Gestion Intégrée des Zones Côtierées) de sa baie.

Les études engagées sont encore des programmes limités par leur budget (Liteau II, DATAR) qui ont besoin d'assurer leur continuité dans le temps et de s'étoffer en terme d'études ou de nombre de stations de mesure.

La Commune du Robert, dont le territoire couvre l'ensemble du bassin versant de la baie, s'est engagée dans une politique de restauration, de protection et de valorisation de sa baie en portant le projet DATAR.

Elle s'est donnée pour objectif la mise en place d'un observatoire de la baie dont les résultats et la politique environnementale seront mis en valeur par le projet de *Centre Caribéen de la Mer*, dont l'ouverture est prévue fin 2010.

La DIREN Martinique s'associe au programme d'étude de la baie par un contrat de recherche partagée (en cours).

Les études menées sur les bassins versants et la baie permettront à terme de modéliser le fonctionnement d'une baie fermée en milieu tropical insulaire soumise à des pressions agricoles, industrielles et urbaines.

La modélisation permettra la création d'un outil d'aide à la décision et la réalisation d'un schéma d'aménagement et de gestion de la baie pouvant éventuellement se traduire par un contrat de baie.

## 5 Bibliographie

---

Aminot A. & Chaussepied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. *Centre national pour l'exploitation des océans, BNDO*. 396 p.

Aminot A. & Kerouel R., 1980. Exercice d'intercalibration RNO 1979 : éléments nutritifs minéraux dissous ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Si(OH)}_4$ ). Préparation, contrôle et conservation des échantillons. *MECV-CNEXO, Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin, Bulletin Trimestriel*. 13. 99 - 120 p.

Aminot A. & Kerouel R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. *Editions IFREMER. Méthodes d'analyses en milieu marin*. ISBN 2-84433-133-5. 336 p.

Battistini R., 1978. Les récifs coralliens de la Martinique. *Cahiers ORSTOM série océanographie*. Vol. XVI, N°2. 157 - 177 p.

Bocquené G., Franco A., Akcha F., Grosjean P., Coat S. & Godard E., 2002. Bilan ponctuel de la présence et des effets des pesticides en milieu littoral martiniquais en 2002. Etat des lieux. *Rapport IFREMER Antilles*. 46 p.

Bocquené G. & Franco A., 2005. Pesticide contamination of the coastline of Martinique. *Marine Pollution Bulletin*. 8 p.

Bouchon C., Bastin P., Rathier I. & Yvon C., 1997. Programme d'inventaires des ZNIEFF Martinique. *Société des Galeries de Géologie et de Botanique*.

Bouchon C. & Bouchon-Navaro Y., 1998. Etat des récifs coralliens en Martinique. Etat des récifs coralliens en France Outre-Mer. *IFRECOR*. 119 - 188 p.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Bourgeois-Lebel S. & Louis M., 1991. Les biocénoses marines de la baie de Fort-de-France : mangroves et herbiers de phanérogames. *Plan d'action pour l'environnement de la Caraïbe. Rapport du PNUE*. 97 p + annexes.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Brugneaux S. & Mazeas F., 2002. L'état des récifs coralliens dans les Antilles françaises. Martinique, Guadeloupe, Saint-Barthélemy et Saint-Martin. *Rapport DIREN Martinique – DIREN Guadeloupe - IFRECOR*. 25 p + 5 p annexes

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. & Louis M., 1998. Diagnostic écologique de l'étang des Salines en Martinique. Les communautés aquatiques. *Les Travaux Scientifiques du Parc Naturel Régional de Martinique*. 061. 44 p.

Bouchon C., Bouchon-Navaro Y. & Louis M., 2001. Manuel technique d'étude des récifs coralliens de la région Caraïbe. Version provisoire. *Rapport DIREN Guadeloupe*. 23 p.

Bouchon C. & Laborel J., 1986. Les peuplements coralliens des côtes de la Martinique. *Ann. Inst. océanogr.*, 62 (2). 199 - 237 p.

Bouchon C., Louis M. & Monti D., 1996. Les communautés marines des abords de la fosse de la Dillon (baie de Fort-de-France, Martinique). Etude préalable à l'immersion de sédiments. *Rapport UAG-CEMINAG*. 42 p + annexe.

Brugneaux S. & Pérès C., 2005. Contribution aux inventaires floristique et faunistique de la Martinique. Le récif méridional de la Martinique. *Rapport DIREN Martinique – IFRECOR*. 17 p + 78 p annexes.

Brugneaux S., Pierret L., Bouchon C., Bouchon-Navarro Y., Portillo P., & Louis M., 2004. Suivi de l'état de santé des récifs coralliens – campagnes 2001-2003. *Rapport DIREN Martinique – IFRECOR*. 38 p + annexes.

Burne R. V. & Moore L. S., 1987. Microbialites : Organosedimentary deposits of benthic microbial communities. *Palaios*, v. 2, p. 241-254.

Camoin G., 2002. Les microbialites, témoins des changements environnementaux et climatiques ? *Rapport de l'IRD Nouvelle Calédonie*. 3 p.

Castaing P., Resseguiier A., Julius C., Parra M., Pons J.C., Pujos M. & Weber O., 1986. Qualité des eaux et des sédiments dans la baie de Fort-de-France (Martinique). *Rapport de contrat Ministère de la Recherche et de la Technologie. CORDET*. 52 p.

Chapman D. & Kimstach V., 1992. The selection of water quality variables. Water quality assessments. A guide to the use of biota, sediment and water in environmental monitoring. UNESCO / WHO / UNEP. *Chapman and Hall*, NY. 51 - 119 p.

Chiappone M., 2001. Water quality conservation in Marine Protected Areas. A case study of Parque Nacional del Este, Dominican Republic. *The Nature Conservancy, Caribbean Division*. 160 p.

Cidolit S., 1991. Les sources de pollution du littoral de la baie de Fort-de-France. *UAG - Groupe de recherche géographie, développement, environnement de la Caraïbe*. 28 p + annexes.

Circulaire 2005/11 relative à la typologie nationale des eaux de surface (cours d'eau, plans d'eau, eaux de transition et eaux côtières) en application de la Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. 2005-04-29. *Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable*.

CIS working group 2.4 (COAST), 2002. Guidance on typology, reference conditions and classification systems for transitional and costal water. 104 p.

CIS working group 2.7 (Littlejohn C., Nixon S., Cassazza G., Fabiani C., Premazzi G., Heinonen P., Ferguson A. & Pollard P.), 2002. Document d'orientation sur la surveillance à exercer dans le cadre de la Directive-cadre sur l'eau. (Guidance on monitoring for the water framework directive – final version. 2003-01-23) 105 p.

Comité Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, 1977. Mangroves et zones côtières. Bulletin de liaison du groupe de travail. DGRST. Numéro spécial locaribe. 102 p.

Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. 2000-12-23. Journal officiel des communautés européennes. 72 p.

Guillaumont B. & Gauthier E., 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE – recommandations concernant le benthos marin. *Rapport IFREMER - REBENT*. 27 p + annexes.

Hallock P., & Schlager W., 1986. Nutrient excess and the demise of coral reefs and carbonate platforms. *Palaios* 1. 389 - 398 p.

Hartog, C.D., 1970. The sea grasses of the world. North Holland. 275 p.

IFREMER, 2002. Document SEQ "littoral". Système de classification pour l'évaluation de la qualité des eaux littorales : grilles d'aptitude aux usages et à la biologie. *Convention MEDD / IFREMER* n° 031-01. 26 p.

Impact-Mer, 1998. Dossier de création de la réserve naturelle marine de la baie du Trésor. *Rapport de contrat DIREN - Comité de Pilotage de la réserve naturelle marine de la baie du Trésor, Commune de Trinité*. 99 p.

Impact-Mer, 2000a. Etude préalables à la mise en place du RNO aux Antilles, étude bibliographique du devenir des nutriments en milieu tropical. *Rapport de contrat IFREMER*. 31 p.

Impact-Mer, 2000b. Etude d'assainissement phase 1. Etude de l'état initial du milieu récepteur. Analyse des contraintes pour le rejet. Choix du point de rejet en mer. *Rapport de contrat Commune du Marin – DAF*. 78 p.

Impact-Mer, 2001a. Etude d'assainissement, Station d'épuration du Marin. Phase 2 et Phase 3, Etude du rejet, Etude de l'impact du rejet. *Rapport de contrat Commune du Marin*. 48 p + annexes + cartes.

Impact-Mer, 2001b. Evaluation de la zone de cantonnement de pêche de l'îlet à Ramiers. Phase 2 : état de la ressource. *Rapport de contrat DIREN Martinique*. 22 p + annexes.

Impact-Mer, 2001c. Cartographie des biocénoses marines benthiques du cul-de-sac du Marin, département de la Martinique. *Rapport de contrat DIREN Martinique*. 11 p.

Impact-Mer, 2002. Extension du réseau de surveillance de la qualité de l'eau de mer. Etudes préalables. *Rapport de contrat DIREN Martinique*. 22 p + annexes.

Impact-Mer, 2004. Mise en valeur de la baie du Marin, Aménagements Maritimes. Phase 1 (suite) Etat zéro Faune-Flore avant travaux d'aménagement de la rivière Manuel, de la baie de Carénantilles, du port de pêche et de la plage. *Rapport de contrat Ville du Marin*. 46 p.

Impact-Mer, 2005. Etude de l'eutrophisation, de la sédimentation et cartographie des biocénoses benthiques de la baie du Robert. Programme Liteau II. *Rapport de contrat IFREMER - Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable*. 55 p.

Impact-Mer in Asconit Consultants, 2004a. Etat des lieux du District Hydrographique de la Martinique – Atlas cartographique. *Rapport de contrat DIREN Martinique*. 59 p.

Impact-Mer in Asconit Consultants, 2004b. Etat des lieux du District Hydrographique de la Martinique – Tome 1: caractérisation du district. *Rapport de contrat DIREN Martinique*. 175 p.

Impact-Mer in Asconit Consultants, 2004c. Etat des lieux du District Hydrographique de la Martinique – Tome 2 : Description des masses d'eau. *Rapport de contrat DIREN Martinique*. 64 p.

Joanny M., 2001. Meeting of the OSPAR Eutrophication Task Group ; development of the comprehensive procedure : introduction to the criteria which will be used in France. Londres, 9-11 octobre 2001.

Laborel J., 1986. Mission Corantilles II sur les côtes de la Martinique. *Ann. Inst. Océanogr. Paris* 62 (2). 193 - 198 p.

Lapointe B.E, Littler M.M. & Littler D.S., 1992. Modification of benthic community structure by Natural Eutrophication : the Belize Barrier Reef. *Proc. of 7<sup>th</sup> int. Coral Reef Sympos.* 1 : 323 – 334 p.

Lapointe B.E., Tomasko D.A. & Matzie W.R., 1994. Eutrophication and Trophic state classification of seagrass communities in the Florida Keys. *Bulletin of Marine Sciences* 54 (3) : 696 - 717 p.

Lapointe B.E., 1997. Nutrient thresholds for bottom-up control of macroalgal blooms on coral reefs in Jamaica and southeast Florida. *Limnol. Oceanogr.* 42 (5 part 2). 1119-1131 p.

Littler M.M., Littler D.S. & Lapointe B.E., 1992. Modification of tropical reef community structure due to cultural eutrophication : The southwest coast of Martinique. *Proc. of 7<sup>th</sup> int. Coral Reef Sympos.* 1 : 335 – 343 p.

Louis M., 1983. Biologie, écologie et dynamique des populations de poissons dans les mangroves de Guadeloupe (Antilles Françaises). *Rapport de thèse. Université des Sciences et Techniques du Languedoc*. 275 p + 29 p annexes.

Louis M., Bouchon C. & Bouchon-Navarro Y., 1992. L'ichtyofaune de mangrove dans la baie de Fort-de-France. *Revue Européenne d'Ictyologie*. (16). N°4. 5 p.

Marchand M., Tissier C., Tixier C. & Tronczynski J., 2004. Les contaminants chimiques dans la Directive Cadre sur l'Eau. *Rapport IFREMER*. 30 p.

Marem S. 1997. Etude générale bibliographique sur la mangrove. *Rapport de contrat DIREN Martinique*. 67 p.

McCutcheon S.C., Martin J.L. & Barnwell Jr T.O., 1993. Water quality. *Handbook of Hydrology*. DR Maidment (ed.), McGraw-Hill, NY. 11.1 - 11.73 p.

Monti D., 2001. Recherche de pesticides et de métaux lourds dans les sédiments, poissons et crustacés de l'étang des Salines, Sainte-Anne, Martinique. *BIOS Environnement*. 59 p.

Munsch C., 1995. Comportement géochimique des herbicides et de leurs produits de dégradation en milieu estuaire et marin côtier. *Thèse de doctorat, Université Paris VI*.

Munsch C., Arzul G., Bocquené 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 DEAL - DPC*. 45 p.

NOAA, 1999. National estuarine eutrophication assessment. Effects of Nutrient Enrichment in the Nation's Estuaries. 71 p.

Paulmier G., 1993. Microplancton des eaux marines et saumâtres de la Guyane et des Antilles Françaises. *Editions de l'ORSTOM, Institut Français de Recherche scientifique pour le Développement en coopération*. 364 p.

Pellouin-Grouhel A., 2005. Recommandations techniques pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Stratégies d'échantillonnages et protocoles, volume 1 : contaminants chimiques, phytoplancton, hydrologie. *IFREMER – DYNÉCO / VIGIES*. 58 p.

Pr NF EN ISO 16665 : Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.

Projet de loi portant transposition de la Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. 2003. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.

Rathier I. & Tsiodoulos V., 1991. Projet d'extension en zone marine (Baie du Trésor) de la réserve Naturelle de la Caravelle. *Rapport du Parc Naturel Régional de la Martinique*. 53 p.

Readman J.W., Albanis T.A., Barcelo D., Galassi S., Tronczyński J & Gabrielides G.P., 1993. Herbicides contamination of mediterranean estuarine waters : results from a MED-POL pilot study. *Mar. Poll. Bull.* 26, 11, 613 – 619 p.

Ricart M. & Delesalle B., 1978. Premier inventaire qualitatif du phytoplancton de trois canaux de la mangrove en Guadeloupe. In Marem, 1997.

Rogers C.S., Garrison G., Grober R., Hillis Z.M. & Franke M.A., 1994. Coral Reef Monitoring Manual for the Caribbean and Western Atlantic. *National Park Service, The Nature Conservancy, World Wildlife Fund*. 114 p.

Saffache P., 2000. Présentation des caractéristiques géomorphologiques de l'étang des Salines et de ses alentours. 16 p + annexes 8 p.

Saint-Felix C., 1972. Les gisements huîtriers de *Crassostrea rhizophorae* en Martinique. Bulletin d'information et de documentation de l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes. N° 214. 19 p.

Salvat B., 1977. Mangroves et zone côtière. *Bulletin de liaison du groupe de travail. DGRST*. Numéro spécial locaribe. 103 p.

Sprachta S., 2003. Les microbialithes des systèmes récifaux actuels de Tikehau, Moorea (Polynésie Française) et de Mayotte (Comores, Océan Indien), nature, distribution et processus de lithification. *Thèse de doctorat*. 220 p + annexes.

Tronczyński J., Moisan K, Bocquené, Maggi P. & Grizon J., 1999a. Etude des zones côtières exposées à la contamination par les produits phytosanitaires *Rapport scientifique IFREMER DEL/PC*. 34 p.

Tronczyński J., Munsch C. & Moisan K., 1999b. Les contaminants organiques qui laissent des traces : sources, transport et devenir. *Fascicule N° 12 du programme scientifique : Seine-Aval Ed. IFREMER*. 40 p.

UNESCO, 1979. The mangrove ecosystem : human uses and management implications. Report of a UNESCO regional seminar held in Dacca, Bangladesh. *UNESCO reports in marine science*. N° 8. 19 p

UNESCO, 1986. Méthodologie d'étude des lagunes côtières. Résultats d'un atelier régional réuni à Abidjan, 6 au 11 mai 1985. *Rapports de l'UNESCO sur les sciences de la mer*. N° 36. 29 p.

## 6 Annexes

---

### Annexe 1 : description des 8 types et des 23 masses d'eau littorales

La délimitation des MEC et MET a été réalisée en 2004 par Impact-Mer, lors de la caractérisation du district de la Martinique.

Présentation des différents types de masses d'eau littorales et de chaque masse d'eau en ce qui concerne son état, les pressions qui y sont exercées, l'évolution actuelle et les résultats attendus.

#### **Huit types de masses d'eau littorale sont proposés :**

##### 1 : Baies

Baies - Plan d'eau protégé plus ou moins envasé à mangroves, herbiers de mangrove, cayes (hauts fonds de sable biogénique avec herbiers et éventuellement coraux), avec ou non pentes externes de type récifal et micro-récifs frangeants. Apports d'eau douce relativement limités (hors crues). Eaux relativement turbides. Ex Baie du Robert, Baie de Fort-de-France.

Cette classe 1 pourrait être divisé en deux :

1a : fond de baie, généralement envasé et subissant de fortes pressions (urbaines, rivières...)

1b : sortie de baie, généralement plus préservées

##### 2 : Récifs frangeants et « lagon »

Récifs frangeants et « lagon » en général protégé par un récif barrière (ou « loups » submergés) ou récif intermédiaire, exposé au clapot, avec grands herbiers de phanérogames marines et incluant de petites baies à mangroves. Eaux généralement turbides. Du Vauclin à la Baie du Trésor, de Tartane à Sainte-Marie.

##### 3 : Récif barrière

Récif barrière et « loups » au peuplement algo-corallien. Du Vauclin à Sainte-Marie.

##### 4 : Côte rocheuse très exposée

Côte rocheuse et plages à galets ou sable ouverte sur l'Atlantique, fonds d'éboulis rocheux, coralliens et sédimentaires (dont on n'a aucune donnée biologique précise sur les peuplements fixés). Plateau insulaire étendu. Absence de formation récifale. Ex Lorrain à Grand Rivière.

##### 5 : Côte rocheuse protégée

Côte rocheuse, éboulis et plages à galets ou sable, ouvert sur la mer Caraïbe, avec pentes sédimentaires peu colonisées, et galets, éboulis ou affleurements rocheux colonisés par des placages et tombants coralliens mais sans construction récifale. Ces peuplements sont soumis à destruction régulière par les houles cycloniques aux faibles profondeurs (0 à 15 mètres). On y trouve de riches peuplements au-delà de 15 m. Eaux généralement claires. Ex Anses d'Arlet, Case-Pilote, Prêcheur...

## 6 : Côte abritée à plateforme corallienne et « lagon »

Côte basse peu découpée avec mangroves, plages sableuses, herbiers et plateforme corallienne étendus, avec tombant corallien plongeant sur fonds sableux à -30 m. Eaux généralement claires. Ex Sainte-Luce, Diamant, Sainte-Anne Ouest.

## 7 : Eaux du large de la baie méridionale Sainte-Luce Diamant

Il est supposé un courant tourbillonnaire dans cette baie au large de la plate-forme corallienne (modélisation en 2D, Ifremer). Ce courant recyclerait ainsi une partie des eaux et limiterait le renouvellement des eaux en profondeur. Ceci reste à vérifier par une étude plus poussée des courants. Le Rocher du Diamant et le Banc du Diamant sont les seuls hauts fonds de cette masse d'eau.

## 8 : Masses d'eau de transition et lagune côtière

Les mangroves d'une certaine importance et traversées par une rivière répondent aux critères de MET. La lagune côtière est considérée comme une MET.

---

## Domaine Baie de Fort-de-France

### + FRJC015 : Nord Baie de Fort-de-France

La Baie de Fort-de-France est ouverte sur la Caraïbe. Les Alizés poussent les eaux superficielles vers l'ouest-sud-ouest. Un courant de retour est ainsi créé devant Fort-de-France en profondeur permettant le **renouvellement des eaux dans le fond de la baie** par les vallées sous-marines. Cette masse d'eau côtière reçoit les eaux de bassins versants bien arrosés et très urbanisés, dont celui de La Lézarde, le plus étendu de l'île. La Cohé est bordée par une vaste mangrove à travers laquelle débouchent plusieurs rivières chenalées et bordées de zones industrielles (masse d'eau de transition adjacente). Une partie des eaux superficielles de la Cohé longe le littoral vers le port et Schœlcher. Les reliquats d'**herbier** de la Cohé sont envasés et disparaissent dès 1 m de profondeur. Ceux des cayes entre Pointe des Sables et Schœlcher sont clairsemés et très dégradés malgré le courant empêchant la sédimentation. Les cayes et Bancs ainsi que les pentes externes dans les passes étaient **autrefois très riches en coraux**. L'**hypersédimentation**, la turbidité et la pollution globale chroniques ont quasiment totalement éliminé les peuplements coralliens. Seuls les organismes benthiques les plus résistants subsistent sous une couche de sédiment.

L'ensemble de la masse d'eau est caractérisé par une **très forte pression urbaine littorale et portuaire**. Les communes de Schœlcher et de Fort-de-France ont - ou sont - sur le point d'engager une politique ambitieuse de **réhabilitation** et de labellisation : Schœlcher station nautique et balnéaire ; Une base nautique et une association de gommiers utilisent le plan d'eau de la Cohé, projet de contrat de baie en cours pour la Baie de Fort-de-France, objectif intercommunal de Pavillon Bleu. L'ampleur de la tâche et le temps de latence prévisible pour la réhabilitation des écosystèmes nous incitent à prévoir une dérogation « aux fins d'une réalisation progressive des objectifs » voire « pour relaxation des objectifs environnementaux ». Le retour au bon état écologique de la baie (peuplements coralliens florissants) ne pourra être atteint avant longtemps (temps de latence du milieu en réaction à la réduction des pollutions).

### + FRJC001 : Baie de Genipa

La baie de Genipa située dans le sud-ouest forme une baie dans la baie. Peu profonde, elle abrite des herbiers et petits récifs très dégradés, et est bordée d'une vaste mangrove. Cette mangrove

(masse d'eau de transition) présente un grand intérêt écologique. Elle est traversée de nombreuses rivières et canaux. La baie de Genipa est **envasée**. Les herbiers disparaissent dès 2-3 m de profondeur à cause de la turbidité et de la sédimentation. Les **coraux autrefois abondants ont quasiment disparu** sauf sur certains tombants en sortie de la baie de Genipa.

Le bassin versant est agricole et urbain. Il est en pleine urbanisation (extension urbaine du centre). La **pression urbaine s'accompagne d'une pression industrielle et artisanale** (zones d'activités et commerciales) notamment sur l'arrière-mangrove. La chenalisation de canaux réduit l'expansion des crues et donc l'épuration des eaux avant l'exutoire dans la baie. La pression irait donc en augmentation si les politiques d'assainissement n'arrivent pas à contrebalancer la démographie. Cette masse d'eau subit indirectement les pressions de la masse d'eau adjacente située au nord : le port de Fort-de-France et le bassin versant de la Cohé et de la Ville de Fort-de-France. Le contrat de baie en projet devrait orienter l'évolution dans le sens positif, mais cela risque d'être long vu l'ampleur du travail et les temps de latence du bassin versant et du milieu récepteur.

+ FRJC016 : partie Ouest de la Baie de Fort-de-France (sortie de la baie)

Autrefois très riches en coraux, les bancs sont actuellement très dégradés. Les petits fonds côtiers subissent l'effet répétitif de la houle cyclonique de nord-ouest à ouest, et des pollutions chroniques viennent de la baie et de la commune de Trois-Îlets dont l'assainissement n'est pas encore efficace.

Les principales pressions sont : rejets pluviaux des quartiers et du Bourg, rejet de la station d'épuration à l'Anse Marettes (émissaire), raccordements en cours sur la station de Marettes (amélioration à l'est, mais aggravation à l'ouest vers l'Anse à l'Ane et l'Anse Mathurin). L'influence des masses d'eau adjacentes de la baie de Fort-de-France (Pressions urbaines, industrielles et agricoles) est prépondérante. Les démographies croissantes des communes du Centre (Ducos et Rivière Salée notamment) et de Trois-Îlets induisent une augmentation des pressions urbaines. Le Contrat de Baie en projet aura des effets à moyen et à long termes.

**L'augmentation des pressions** induites par le développement du centre devra être compensé par les améliorations sur l'assainissement domestique, industriel et pluvial et le cantonnement de pêche (Anse Marettes à Ramiers). Les programmes d'assainissements collectif et industriel et l'amélioration des pratiques agricoles permettent d'espérer une réduction globale des flux dans la baie. Notons la présence au large de la baie d'une zone qui a été autorisée pour le rejet de déblais de dragage (10 km à l'ouest de l'îlet à Ramier).

## Domaine Sud-Caraïbe

+ FRJC003 : Anses d'Arlet

Située à l'extrême ouest de la Presqu'île de Trois-Îlets, cette masse d'eau reçoit les eaux diluées de la baie de Fort-de-France. La circulation des eaux contourne la Presqu'île. Les courants peuvent être relativement forts au niveau des pointes et caps, et tourbillonnaires au droit des Anses. Le vent lève un fort clapot au vent de l'îlet à Ramiers, puis s'adoucit peu à peu vers la Pointe de la Baleine. L'Anse Mathurin est bordée par un herbier et de petits récifs dégradés (eutrophisation, sédimentation). Sous le vent de l'îlet à Ramiers, les eaux sont encore troubles, les éboulis de l'îlet se sont vite repeuplés en poissons depuis l'interdiction de pêche. Les substrats rocheux des Anses d'Arlet montrent un placage corallien très riche en espèces mais les peuplements peu profonds sont régulièrement détruits par les houles cycloniques de secteur ouest. Les **macroalgues ont totalement supplanté les coraux** sur de vastes zones. Les houles cycloniques de la dernière décennie ont fortement remanié les fonds sableux et les plages. Une partie de l'herbier de Grande Anse a été enseveli par le sable de la plage et ne s'est pas encore reconstitué. Le reliquat de plage est actuellement protégé par un cordon de « grès de plage ».

Les **pressions** directes sur cette masse d'eau sont constituées essentiellement de **rejets littoraux d'eaux usées** (quartiers non raccordés et rejet au large par émissaire de la station du bourg), de

rejets d'élevages de porcs, des rejets directs par les navires de plaisance qui peuvent être nombreux les WE et périodes de vacances à Grande Anse. Le mouillage forain de plaisance est destructeur de l'herbier. Quelques sites de plongée sont très fréquentés, notamment l'épave du « Nahoon » immergée pour cet usage. Les eaux de baignade suivies sont de qualité fluctuante (entre A et B). Les pressions ci-dessus décrites peuvent être réduites relativement rapidement (assainissement, raccordement, réglementation du mouillage...). La difficulté pour atteindre le Bon Etat de cette masse d'eau proviendra surtout de la baie de Fort-de-France dont les eaux, bien que diluées, apportent un « bruit de fond » déjà supérieur au seuil d'eutrophisation des récifs coralliens. Les rejets de la station de Trois-Ilets (masse d'eau adjacente) dérivent directement sur l'Ilet à Ramiers. Deux cantonnements de pêche ont été créés: à l'Ilet à Ramiers au Nord et à Petite Anse au Sud. Un récif artificiel composé d'enrochements a été mis en place près de l'Ilet à Ramiers à faible profondeur. De nombreux conflits d'usage apparaissent dans cette zone littorale.

## Domaine Diamant – Salines

### + FRJC010 : Baie du Marin

Baie fermée très protégée, bien que son bassin versant ne soit pas très arrosé, il s'agit d'une zone privilégiée de **sédimentation** et d'engraissement littoral. Les deux principaux cours d'eau s'écoulent vers la baie à travers deux mangroves (masse d'eau de transition). Les courants dépendent de la marée et surtout des vents qui poussent les eaux du fond de la baie vers le sud-ouest vers la sortie et Pointe Borgnesse. Un courant vient en retour par la vallée sous-marine profonde de la Passe du Marin jusqu'aux cayes de l'entrée du port. Le fond de la baie, la frange littorale est, ainsi que tous les fonds en dessous de -10 m de profondeur sont envasés. Les zones au-dessus de -10 m de profondeur subissent plus ou moins l'effet de l'hypersédimentation selon leur exposition aux courants et au clapot. Les peuplements benthiques des nombreuses cayes montrent un gradient de dégradation décroissant du fond de la baie vers la sortie. Celles de l'est et proches du chenal sont plus préservées. Elles sont colonisées par des herbiers à *Thalassia* et algues vertes calcaires avec des colonies coralliennes éparses. Leur état traduit la circulation des eaux les plus polluées. La richesse spécifique autrefois très importante a chuté ces dernières décennies. L'intérêt écologique de cette baie est indéniable, avec un potentiel écologique exceptionnel, aujourd'hui très dégradé, notamment pour ce qui est des nourriceries.

Le développement agricole et l'urbanisation des mornes ont entraîné un phénomène d'hypersédimentation sur l'ensemble de la baie et à la sortie de celle-ci. Le micro-delta de Trou Manuel a été chenalisé, ce qui a eu pour conséquence d'aggraver les apports de sédiments à la baie. Les rejets domestiques (rejets littoraux de stations d'épuration et assainissement autonome) viennent s'ajouter aux polluants issus de l'activité agricole. L'activité port de plaisance induit une part limitée en nutriments par rapport à l'apport total actuel. L'eutrophisation des herbiers du fond Ouest de la baie se traduit par une prolifération d'algues. La turbidité chronique entraîne la désertification des fonds. Les sédiments ensevelissent les vestiges de peuplements antérieurs. Depuis une dizaine d'années, le fort développement des activités nautiques (port de plaisance et zone d'entretien des navires à terre et sur dock flottant) sans réel équipement d'assainissement, a engendré un apport important de micropolluants en fond de baie, venant s'ajouter aux phytosanitaires, aux eaux pluviales urbaines, au rejet industriel (usine de peinture) et aux lixiviats de l'ancienne décharge littorale. Le fort degré de **contamination des sédiments en métaux** permet de supposer un risque important de contamination de la chaîne alimentaire et un impact halieutique par réduction des performances des éclosseries et nourriceries que sont les mangroves et les herbiers, mais aussi sur le peuplement corallien sur les cayes et récifs en sortie de la baie. L'envasement rapide de la zone portuaire implique d'importants dragages de matériaux fortement contaminés dont l'élimination pose problème. La volonté communale de réhabilitation et de valorisation de la baie du Marin devrait entraîner un certain nombre de programmes dont celui de l'assainissement collectif avec raccordement du port de plaisance (en cours) et mise aux normes des activités industrielles polluantes (carénage). Une véritable gestion des bassins versants et des mangroves permettrait d'améliorer sensiblement la qualité des eaux de la baie. En tout état de cause, un retour au bon état demandera beaucoup de temps.

#### + FRJC009 : Baie de Sainte-Anne

L'entrée de la baie du Marin présente une étroite et profonde Passe (-50 m de profondeur) et de nombreuses « cayes » (hauts fonds coralliens). Les courants sont très complexes dans cette zone avec un effet de remplissage-vidange de la baie du Marin : la marée montante arrive à contrer l'effet du vent sur les eaux superficielles dans la Passe. On suppose des circulations tourbillonnaires verticales et horizontales très variables en fonction des marées et du vent. Les peuplements des hauts fonds coralliens sont plus ou moins dégradés selon leur exposition aux courants d'eaux polluées sortant de la baie. Les courants sur la Plate-forme de Sainte-Anne portent généralement vers le sud, parallèles à la côte. La Plate-forme, en pente douce vers l'ouest, présente un substrat sableux avec des zones de substrat corallien. On y trouve de vastes herbiers à *Thalassia* (jusqu'à environ 6 m de profondeur, et des massifs coralliens peu élevés (de 1 à 2 m environ) préservés ou envahis par des macroalgues. La plate-forme est large d'environ 1 km et plonge alors rapidement au droit de la Passe du Marin. Le littoral ouest de Sainte-Anne est constitué d'une succession de plages de sable blanc très fréquentées. Les eaux de baignade y sont de bonne qualité.

Les pressions littorales exercées sur cette masse d'eau viennent des eaux de ruissellement du bourg de Sainte-Anne et de l'habitat non raccordé, ainsi que du mouillage forain dont la fréquentation est saisonnière (mouillage, rejets domestiques...). La station d'épuration collective, récemment reconstruite, effectue ses rejets dans la baie du Marin (masse d'eau adjacente) par l'intermédiaire d'un canal traversant une petite mangrove qui garde encore les stigmates des rejets de l'ancienne station. Une petite ferme aquacole est implantée près de la station. Les eaux de la partie sud-est de la baie du Marin contournent la Pointe Marin et longent celle-ci vers le sud. Ces eaux ont sans doute fortement contribué à **l'eutrophisation des peuplements coralliens sur les hauts fonds** à l'ouest de cette pointe (prolifération de macroalgues). L'incidence des autres sources de pollution dans la baie du Marin et venant de la baie de Sainte-Luce (Rivière Pilote) est suspectée (recirculation supposée par la modélisation sommaire des courants côtiers de la Martinique). La dilution est sans doute importante, mais la sensibilité des peuplements coralliens et l'opportunisme des macroalgues brunes pourrait expliquer la dégradation des fonds sur la Plate-forme de Sainte-Anne. La restauration des eaux côtières de Sainte-Anne dépendra de la gestion globale des bassins versants et masses d'eau adjacentes, et de la gestion appropriée des activités nautiques.

#### + FRJC017 : Baie de Sainte-Luce

La baie de Sainte-Luce est **protégée des agitations atlantiques** par la presqu'île de Ste-Anne, mais subit les effets des cyclones par le secteur sud-est à sud-ouest. Les reliefs protègent la partie est du plan d'eau et notamment l'embouchure de Rivière-Pilote où l'on note un fort envasement du cours aval de la rivière et de la baie. Cette vallée sous-marine coupe en deux la plate-forme côtière. Celle-ci, large de 500 à 1000 mètres environ, forme un plateau peu profond traversé de vallées sous-marines, avec de grandes cayes coralliniennes affleurantes qui protègent le littoral de la grosse houle cyclonique. Les courants superficiels littoraux devant Sainte-Luce sont dépendants essentiellement du vent et portent vers l'ouest. Au large de la Plate-forme, les courants en profondeur porteraient vers l'est (courant tourbillonnaire de la baie Diamant-Sainte-Anne). A proximité de la Passe du Marin, les courants sont très complexes et dépendent beaucoup de la marée. Des mangroves se développent à l'embouchure des rivières (Rivières Pilote et Oman). La côte basse est bordée de plages de sable blanc très fréquentées. Des herbiers se sont développés sur les fonds meubles en arrière de la plate-forme corallienne. Celle-ci est d'une **qualité exceptionnelle en Martinique tant par sa surface que par la couverture corallienne, sa richesse et la taille de ses colonies**. Elle montre néanmoins des **signes d'eutrophisation et d'hypersédimentation**. La qualité des eaux de baignade varie entre A et B.

On note des signes d'eutrophisation des herbiers (prolifération d'algues vertes) et des zones coralliniennes (macroalgues, nécroses coralliniennes) accompagnés au pied des tombants, dans la Passe du Marin et dans la baie de la rivière Pilote, d'un phénomène d'hypersédimentation. Les pressions sur cette masse d'eau sont liées à l'agriculture (bassin de la rivière Pilote), mais surtout à l'agroalimentaire (deux distilleries Rivière Pilote et Rivière Oman), aux Bourgs de Rivière-Pilote, Ste-Luce et Trois-Rivières en pleine croissance démographique et enfin au développement touristique

(littoral hôtelier, aménagement des plages, baignade et loisirs nautiques). Le programme d'assainissement prévoit de raccorder d'anciennes stations d'épuration sur la récente de Gros-Raisin dont le rejet se fait par émissaire au-delà de la plate-forme corallienne (-45 m de profondeur). La mise en œuvre de ce programme devrait résoudre le problème d'eutrophisation des herbiers et des échouages d'algues vertes sur les plages. Les eaux de la Baie du Marin et de la baie de Fort-de-France sont cependant susceptibles d'avoir un impact, ce qui maintient un risque d'eutrophisation des communautés récifales. Le risque écotoxique (direct ou par la chaîne alimentaire) est dû à la décharge de Céron en cours de réhabilitation (masse d'eau adjacente), aux activités agricoles (peu développées), et surtout aux activités industrielles et portuaires des masses d'eau adjacentes ou éloignées (Marin, Fort-de-France). La Grande Caye et la Pointe Borgnesse sont des sites de plongée parmi les plus fréquentés de l'île. Une gestion et un suivi appropriés sont mis en place par l'IFRECOR. La partie est de cette zone est actuellement interdite à la pêche et le mouillage est réglementé. La pression de pêche est très forte hors cantonnement. La plate-forme corallienne et le tombant de Sainte-Anne au Diamant constituent **l'un des plus beaux peuplements et paysages coralliens de Martinique**. Elle fait l'objet d'un projet de ZNIEFF et mériterait largement une protection forte et une mise en valeur. Le temps de latence de reconstitution des biocénoses des sites dégradés jusqu'au bon état peut être long après avoir réduit les pollutions.

#### + FRJC018 : Baie du Diamant

La côte basse et découpée à l'est, protégée par des cayes, abrite des mangroves, alors que la grande plage s'étendant à l'ouest est battue par les vagues. En effet, la plateforme corallienne, traversée de vallées sous-marines à l'est, disparaît à l'ouest à proximité de la Pointe du Diamant. Cette zone subit la houle cyclonique de secteur sud-est et un phénomène d'érosion littorale. Les principales ravines débouchent dans des mangroves bordant de petites baies protégées, aires de sédimentation préservant ainsi les peuplements coralliens extérieurs. De vastes herbiers couvrent les hauts fonds. Les tombants et la plate-forme corallienne sont traversés par des vallées sédimentaires. Les flans rocheux de la Pointe du Diamant montrent des signes d'eutrophisation.

Petit bassin versant peu arrosé, les apports sédimentaires sont localisés dans les mangroves à l'est et plus diffus à l'ouest. Les activités de carrières sont susceptibles d'y contribuer. Les mangroves subissent une pression urbaine liée notamment au tourisme et aux activités de pêche (port de La Taupinière). Le risque d'eutrophisation est lié aux rejets domestiques (plusieurs petites stations collectives) et aux apports dilués des masses d'eau adjacentes (Anses d'Arlet, Sainte-Luce, baie de Fort-de-France). Un programme d'assainissement est en cours. La relative proximité de la baie de Fort-de-France constitue **un risque de contamination faible mais chronique par les nutriments et micro-polluants**. La décharge intercommunale, située en amont de la mangrove de Céron, est en cours de réhabilitation. Le risque écotoxique dans la mangrove sous-jacente existe et est susceptible d'avoir un impact indirect sur la ressource halieutique (mangrove) et potentiel sur la contamination de la chaîne alimentaire. Les programmes en cours sur l'ensemble des bassins versants des masses d'eau adjacentes et de cette masse d'eau côtière permettent de prévoir une amélioration d'ici 2015.

#### + FRJC019 : Eaux côtières du Sud et Rocher du Diamant

Une modélisation simplifiée des courants autour de la Martinique a mis en évidence une circulation générale circulaire dans cette vaste baie ouverte sur le canal de Sainte-Lucie. Il est donc suspecté une recirculation partielle des eaux dans cette masse d'eau et implicitement des masses d'eau littorales du Diamant à Sainte-Anne. La profondeur va de 50 m à plus de 700 m. Le Rocher et le Banc du Diamant, situés à près de 2 km au large et d'origine volcanique, sont les seuls hauts fonds de cette masse d'eau. Ils présentent des communautés corallines très riches et font l'objet d'un inventaire ZNIEFF. Les grands pélagiques s'y attardent quelques fois. Ils constituent un des hauts lieux de la plongée aux Antilles. Le Rocher représente un patrimoine historique remarquable (HMS Diamond Rock). Un arrêté de biotope y interdit tout accostage (oiseaux). La grande majorité des fonds (hormis les hauts fonds cités) est constituée de fonds meubles. Les eaux très profondes (en dessous de 50 m) se mélangent peu avec les eaux plus « superficielles ». La productivité des

communautés benthiques de ces fonds meubles est faible comparée à celle des écosystèmes côtiers peu profonds.

Les pressions exercées directement sur cette masse d'eau concernent essentiellement l'activité de plongée et la pêche. Un arrêté de biotope protège ce refuge pour les oiseaux et patrimoine historique. Il est interdit de mouiller autour du Rocher, des corps-morts ont été mis en place pour les bateaux de plongée. Le Banc est moins fréquenté (à cause des courants).

Les pressions indirectes exercées sur cette masse d'eau proviennent des pollutions très diluées apportées par les courants des masses d'eau proches ou éloignées. On suspecte ainsi la pollution de la Baie de Fort-de-France d'être à l'origine de la prolifération de macroalgues (sargasses notamment) sur les flancs du Rocher du Diamant. Ceci montre **l'extrême sensibilité des communautés corallliennes vis-à-vis d'un apport très faible mais chronique en nutriments**. Les rejets littoraux peuvent donc avoir des incidences importantes sur des zones très éloignées du point de rejet.

## Domaine Sud-Atlantique

### + FRJC013 : Baie du Trésor

Petite baie fermée dont le petit bassin versant est inclus dans la réserve naturelle de la Caravelle, elle subit une **hypersédimentation** dans sa partie intérieure et dans les zones profondes. On y trouve des mangroves, des herbiers et de petits récifs coralliens plus ou moins dégradés, notamment dans le chenal, où les colonies corallliennes subissent une hypersédimentation dès quelques mètres de profondeur. On note également une forte eutrophisation (macroalgues) aux dépens des coraux. Cette baie a fait l'objet d'une étude de mise en réserve marine pour la diversité de ses habitats et la qualité de ses peuplements unique dans le centre atlantique. Les tortues marines venaient y pondre, ainsi que dans l'anse Grandjean. Notons la présence de canons immergés, indiquant l'existence d'un patrimoine archéologique sous-marin.

Le bassin versant est réduit et naturel. L'érosion constatée ne peut expliquer l'hypersédimentation et l'eutrophisation de la baie. L'influence de la rivière du Galion est suspectée dès l'étude de mise en réserve. Les premiers résultats d'une **modélisation des courants** confirment l'existence d'un courant sortant de la baie du Galion en profondeur et contournant la presqu'île de la Caravelle. La qualité de la baie du Trésor dépend donc directement de celle de la baie du Galion et donc des mesures agri environnementales (réduction érosion, engrains et phytosanitaires) et de la réduction des pollutions industrielles et domestiques sur l'ensemble de son bassin versant : projet de station d'épuration de Gros-Morne La Fraîcheur, mise aux normes de la sucrerie... Une interdiction de pêche et une réglementation des usages ont seulement été mis en place en 1999. Une petite plage est fréquentée mais la qualité bactériologique des eaux ne fait l'objet d'aucun suivi (on peut supposer sa bonne qualité vu l'absence de rejets proches). Cette petite baie (et éventuellement la Pointe de La Caravelle) mériteraient une attention particulière vu les peuplements coralliens qu'on y trouve encore,... rares sur le littoral atlantique.

### + FRJC014 : Baie du Galion

Le fond de baie reçoit les eaux de la rivière du Galion. Baie semi-ouverte face aux Alizés, les courants et le renouvellement y sont faibles, les fonds envasés. Les eaux turbides sont peu à peu diluées et entraînées par un courant de fond vers la baie du Trésor et de Trinité, et dans le « lagon » situé en arrière de la barrière récifale discontinue à ce niveau. La partie sud de la baie est bordée par des mangroves. A faible profondeur, de **vastes zones d'herbiers** se sont développées sur fonds vaso-sableux. Ils ont quasiment disparu dans la moitié ouest de la baie (turbidité, envasement). On trouve de petits récifs frangeants dégradés par l'hypersédimentation et surtout l'eutrophisation à l'est de l'axe Pointe à Chaux - Pointe Jean-Claude. Une base de loisirs propose des activités nautiques (Spoutourne). Une seule plage fréquentée, surtout à la fin du vole (Gros Raisin). Celle du Bac subit

les apports de la rivière est peu adaptée à la baignade (eaux turbides et fonds vaseux). Pas de suivi de qualité des eaux de baignade. Cette masse d'eau a un grand potentiel écologique (mangroves, milieu estuaire, herbiers et micro-récifs, créant une bonne diversité d'habitats). Elle joue un rôle épuratoire des eaux continentales et donc de protection des masses d'eau adjacentes.

Le vaste bassin versant est essentiellement agricole (banane et canne). La pression urbaine et industrielle y est également forte (bourg de Gros-Morne, rejets de la station d'épuration de Trinité (émissaire), et d'une usine de peintures, et surtout rejets agro-alimentaires : usine de fruits et sucrerie du Galion. Cette ME exerce une certaine influence sur la qualité des ME adjacentes (Baie du Trésor, Barrière récifale) mais aussi vers les Baies du Robert et de Trinité). La tendance va dans le sens d'une réduction des apports d'origine agricole (pratiques agricoles). La sucrerie représente encore un flux de pollution majeur, aggravant l'impact de l'agriculture (phytosanitaires et sédiments). Une étude est en cours sur le bassin versant.

#### + FRJC005 : Fond ouest de la baie du Robert

La Baie du Robert fait face aux Alizés. Des cayes et îlets barrent l'entrée de la baie et réduisent les échanges entre les différents « compartiments » de la baie. La partie ouest de la baie est donc relativement peu renouvelée, car une partie des eaux venant de la partie est de la baie est recyclée. L'exposition aux Alizés permet cependant d'améliorer les échanges en créant un courant de surface entrant et un courant de retour en profondeur.

Le fond de baie est occupé par des mangroves et fonds envasés, et sur les hauts fonds par des herbiers dégradés par **l'hypersédimentation et l'eutrophisation**. Cette masse d'eau a une grande valeur écologique (mangroves et nourrissances, zone de sédimentation protégeant le reste de la baie). Elle est actuellement interdite à la pêche. Pas de zone de baignade mais des activités nautiques en développement. On note la présence de la station Ifremer (laboratoires pêche et aquaculture) et de petites fermes aquacoles en plein développement.

Le bassin versant est peu étendu (pression agricole limitée), mais la pression urbaine y est très forte et en augmentation rapide, avec réduction de zones inondables (urbanisées). La pression portuaire et industrielle, encore faible, est susceptible de s'accroître (projet extension du port de commerce et de la marina). Un programme d'assainissement ambitieux est en cours (collecte et traitement performant, rejet à l'étude en fond de baie) permettant de réduire les apports polluants à la baie et de protéger les zones sensibles (corallines, herbiers et zones d'activités nautiques) actuellement atteintes et en cours de dégradation rapide. Des réhabilitations de mangroves squattarisées sont à l'étude ainsi qu'une valorisation de la baie par l'éco-tourisme. La tendance va dans le sens d'une stabilisation-augmentation des apports solides (chantiers) et d'une réduction des apports en nutriments. De nombreuses études sur la baie et les bassins versants sont en cours ou programmées (modélisation courantologie, étude du rejet de la future station d'épuration, cartographie des biocénoses benthiques, érosion des bassins versants, projet de ZNIEFF, suivis cantonnements de pêche et des récifs artificiels...).

#### + FRJC007 : partie est de la baie du Robert

La partie Est de la baie est exposée aux Alizés. Le renouvellement des eaux se fait en surface par la passe profonde entre les îlets et par dessus les récifs. Les zones abritées sont occupées par des mangroves aux fonds envasés et de vastes zones d'herbiers généralement de bonne qualité sur les fonds sableux peu profonds. Au delà de -10 m environ, les fonds sont envasés. Le long de la côte et autour des 7 îlets, on trouve de nombreux petits récifs frangeants ou de cayes corallines dégradés par l'hypersédimentation (dès -3 à -6 m selon l'hydrodynamisme) et surtout l'eutrophisation (macroalgues vertes *Caulerpa* et brunes *Dictyota* dans les premiers mètres). On trouve néanmoins sur les zones exposées aux courants venant de l'extérieur de la baie des signes de repousse d'*Acropora palmata* et des colonies d'*Acropora cervicornis*. Cette masse d'eau a une grande valeur écologique (mangroves, herbiers et micro-récifs, créant une grande diversité d'habitats) et halieutique (nourrissances). On note deux plages très fréquentées sur les îlets, mais la baignade et les activités nautiques sont pratiquées de façon diffuse tout le long du littoral et sur les cayes (aucun suivi de qualité des eaux). Les plages des îlets sont à l'abri de contaminations fécales,

mais les zones littorales fréquentées sont supposées contaminées après un épisode pluvieux par les rejets d'eaux usées des quartiers littoraux.

La pêche y exerce une pression d'autant plus forte que cette masse d'eau se trouve à la limite du cantonnement de pêche (FRJC005). La pression urbaine est très forte sur les pointes: l'absence d'assainissement collectif est la principale cause de l'eutrophisation et de la contamination fécale du littoral. Un programme d'assainissement est en cours (réseau de collecte et traitement performant) permettant une réduction significative des apports domestiques sur cette partie de la baie à moyen terme: la réalisation de la station en fond de baie et le raccordement des quartiers éloignés se feront progressivement. Une protection et une valorisation de la baie par l'éco-tourisme sont en cours (protection des îlets, Centre Caribéen de la Mer). Cette masse d'eau subit l'influence de la zone urbaine de la masse d'eau adjacente (ouest Robert) et de la masse d'eau du Galion, bien que fortement diluée. La tendance va dans le sens d'une réduction progressive des apports en nutriments et germes, au fur et à mesure de l'extension du réseau de collecte des eaux usées. De nombreuses études sur la baie et les bassins versants sont en cours ou programmées (Liteau, modélisation courantologie, assainissement, cartographie des biocénoses benthiques, érosion des bassins versants, projet de ZNIEFF, suivi Ifrecor...).

+ FRJC008 : Littoral du François au Vauclin

Le littoral du François au Vauclin est très découpé et forme une **succession de petites baies** plus ou moins fermées, exposées aux Alizés mais protégées par des îlets, cayes et fonds blancs et de petits récifs frangeants : Cul-de-Sac Roseaux, Baie du François, Cul-de-sac Frégate, Baie du Simon, Baie du Sans-Souci, Baie des Mulets, Cul-de-Sac de Petite Grenade, Baie du Vauclin. Des mangroves s'y sont installées. Ces baies montrent des signes d'envasement plus ou moins prononcés. Plus au large, la barrière récifale au sud du Loup Garou atténue sensiblement la houle atlantique dans le lagon et sur les nombreuses cayes fermant les baies, et influence la circulation des eaux littorales. Si les courants superficiels dépendent essentiellement du vent, des courants de retour complexes se faufilent en profondeur entre les hauts fonds par les passes. On note une forte dégradation des peuplements coralliens près de la côte et dans les baies (eutrophisation). Les hauts fonds exposés au clapot et les cayes situées plus au large sont en général mieux préservés grâce au courant superficiel venant du large. Ils présentent de grands herbiers et des peuplements coralliens plus ou moins dégradés (macroalgues). La diversité des habitats crée un intérêt écologique et halieutique majeur. Les îlets et fonds blancs sont fréquentés pour la baignade et le nautisme, certains ont même atteint le seuil de saturation; la baignade et les activités nautiques sont pratiquées de façon diffuse tout du long du littoral et sur les cayes (aucun suivi de qualité des eaux). Notons l'existence d'épaves historiques dans cette zone.

Le bassin versant est relativement peu étendu mais la pression agricole (banane et élevages) est relativement forte. La pression urbaine est forte (bourgs du François et du Vauclin, nombreux quartiers littoraux), les rejets d'eaux usées étant diffus (assainissement autonome) ou par l'intermédiaire des cours d'eau (bourgs). La pression portuaire et industrielle est faible, hormis une des plus importantes distilleries dont le rejet pré-traité est effectué dans la Baie du Simon (la mise aux normes ICPE des rejets est en cours). L'absence d'assainissement collectif ou autonome efficace, l'agriculture et l'industrie agro-alimentaire sont à l'origine de l'eutrophisation des eaux côtières. Le renouvellement des eaux par la surface dilue les eaux chargées et les évacue en profondeur par les passes vers le lagon extérieur qui les redistribue tout au long de la côte selon un axe sud est-nord ouest. On note une surexploitation de ces petits fonds par la pêche professionnelle et de loisirs. La surfréquentation de certains fonds blancs par le **tourisme de masse** peut être à l'origine de dégradation des peuplements benthiques. Développement de petites fermes aquacoles dans les baies ou lagon. Etudes d'assainissement collectif en cours. Notons les projets de cantonnement de pêche et d'une station de suivi Ifrecor autour des îlets.

+ FRJC006 : littoral du Vauclin à Sainte-Anne

Le littoral du Vauclin à Sainte-Anne est très découpé et forme une succession de très petites baies fermées (Massy-Massy, Paquemar, Cul-de-sac Ferré, Baie des Anglais) et d'anses exposées aux

Alizés, plus ou moins protégées par des îlets et de petits récifs frangeants : Macabou, Grosse Roche, anses de Cap Chevalier, Anse Trabaud... De nombreuses mangroves se sont développées dans les zones abritées. Les baies montrent des signes d'envasement plus ou moins prononcés. Plus au large, la barrière récifale atténue sensiblement la houle atlantique dans la passe du Vauclin et sur les nombreuses cayes jusqu'au Cap Macré au sud duquel seul des récifs frangeants protègent la côte. Le canal alimentant l'Etang des Salines (masse d'eau de transition, lagune côtière) débouche au Sud de cette zone. On note une dégradation des peuplements coralliens près de la côte et dans les baies. Les hauts fonds exposés au clapot et les récifs situés plus au large sont supposés mieux préservés. Ils présentent des peuplements coralliens plus ou moins dégradés (macroalgues) et, en arrière, au-dessus de 4 mètres de profondeur, de vastes herbiers de grande qualité (nombreux oursins blancs autour des îlets de Sainte-Anne). La diversité des habitats crée un intérêt écologique et halieutique majeur. Les plages sont très fréquentées pour la baignade et le nautisme (bonne qualité); la baignade et les activités nautiques sont pratiquées également de façon diffuse tout du long du littoral et sur les cayes. La réserve ornithologique des îlets de Sainte-Anne est entourée d'une zone marine à fréquentation réglementée et d'un cantonnement de pêche (des îlets à Cap Chevalier).

Le bassin versant est relativement peu arrosé, la pression agricole (pâturages) est relativement faible, mais s'est accrue relativement récemment par l'extension du périmètre irrigué qui a permis le développement de cultures maraîchères. La pression urbaine est faible (quartiers de Macabou et Cap Chevalier). La dégradation des eaux côtières est sans doute due aux eaux usées, au développement récent mais localisé du maraîchage et aux apports par les courants littoraux des masses d'eau adjacentes (Marin-François). On note une surexploitation des petits fonds par la pêche professionnelle et de loisirs. Projets de petites fermes aquacoles dans les baies. Agenda 21 de la commune de Sainte-Anne. Projets touristiques sur le littoral du Vauclin.

#### + FRJC011 : récif barrière Atlantique

Le récif barrière de construction algo-corallienne forme une ligne discontinue de hauts fonds culminant entre zéro et une dizaine de mètres sous la surface. La houle atlantique poussée par les Alizés s'y brise et alimente le lagon en eau superficielle, renouvelant ainsi les eaux côtières. On peut supposer que l'évacuation des eaux s'effectue par les passes, notamment celles de Caracoli au Nord et du Vauclin au Sud. La marée influe également sur la circulation des eaux dans le lagon (circulation tantôt vers le Nord, tantôt vers le Sud - la direction Nord serait prépondérante). La pente externe présente deux types de peuplements, l'un corallien, l'autre algal (*Sargassum* et *Turbinaria*). Les platiers des loups et cayes sont essentiellement algues. Les pentes internes montrent une zone corallienne jusqu'au sédiment (-5 à -15m). Les zones peu profondes du lagon abritent de vastes herbiers à *Thalassia* (jusqu'à 10m) et à *Syringodium*. On notait déjà en 1983 une certaine dégradation des peuplements coralliens au profit des macroalgues (eutrophisation du récif). Le récif barrière a un intérêt écologique et halieutique majeur. Il protège la côte de l'érosion littorale par la houle atlantique. L'îlet Loup Garou est fréquenté pour la baignade; la pêche et la chasse sous-marine sont pratiquées tout du long du récif. On note l'existence d'épaves historiques sur le récif.

Les principales pressions exercées sur cette masse d'eau sont de deux sortes: la pêche et les pollutions diluées venant des masses d'eau côtières adjacentes. Sans ignorer le bruit de fond océanique (oligotrophe) influencé par les fleuves sud-américains (des études sont en cours) et l'évolution climatique générale. Il ne faut pas ignorer les risques naturels et notamment les cyclones qui peuvent détruire les peuplements des hauts fonds et remanier les pentes externes : le récif barrière y est particulièrement exposé. L'éloignement des sources de pollution urbaine permet de supposer une bonne qualité des eaux de baignade ou d'activités nautiques (pêche sous-marine...). Les efforts de réduction des pollutions permettent d'espérer atteindre une bonne qualité chimique des eaux (grâce à la dilution), mais le temps de latence des biocénoses nous incite à prévoir des délais supplémentaires pour le bon état écologique.

#### Domaine Nord-Atlantique , de la Caravelle à Cap St-Martin

#### + FRJC012 : Baie de La Trinité

La Baie de La Trinité est ouverte face aux Alizés. Elle est relativement protégée par des îlots au large (masse d'eau adjacente) et des récifs frangeants et îlot de Tartane. Le renouvellement des eaux de la baie est favorisé par la houle et les Alizés le long de la Caravelle, mais il est faible en fond sud de la baie. L'évacuation se fait vraisemblablement par le nord-ouest. Les récifs frangeants sont eutrophisés (abondance de macroalgues) mais on signale un certain développement d'*Acropora palmata*, à l'est de Tartane. En arrière des récifs, on trouve des herbiers sur les fonds meubles et des algueraines sur les platières. On constate une **forte sédimentation combinée à l'eutrophisation** devant le bourg de Trinité et devant le bourg de Tartane. Notons également la présence d'une petite mangrove (Fonds Cérémaux) et d'une zone humide de grand intérêt écologique (roseaux). Les plages de sable blanc de Cosmy à l'Anse Bonneville sont très fréquentées. La qualité des eaux fluctuante (B) de trois d'entre elles s'explique par les rejets d'eaux domestiques, situés au vent de la baie. Signalons la présence du club de surf à l'Anse Bonneville et le développement de loisirs nautiques aux Raisiniers et à Tartane, pôle touristique hôtelier du Nord Atlantique.

Le bassin versant est peu étendu et relativement sec. Les pressions exercées sur cette baie sont essentiellement urbaines mais relativement limitées : stations d'épuration de Tartane et de l'Autre Bord. L'ancienne station du Bourg de Trinité rejetant dans la rivière L'Epinette a été remplacée par celle de Desmarinières (rejet dans la Baie du Galion). La (petite) distillerie de Tartane a arrêté son activité à la fin des années 1990, mais ses rejets ont sûrement contribué avec les eaux usées domestiques à l'eutrophisation générale. La pression foncière liée au tourisme et aux quartiers résidentiels est importante. L'urbanisation et les chantiers d'aménagement ont favorisé l'envasement du fond de baie. Le raccordement sur la récente station de Desmarinières devrait résoudre le problème de qualité des eaux de baignade à Tartane et aux Raisiniers. Le Site Classé de la Caravelle offre une certaine protection des eaux littorales et vis-à-vis des pressions foncières. L'évolution de cette masse d'eau est liée aux programmes d'assainissement engagés (raccordements sur Desmarinières, eaux pluviales urbaines notamment), et à l'influence des masses d'eau adjacentes qui reçoivent les eaux de grands bassins versants agricoles, de bourgs dont l'amélioration de l'assainissement est à l'étude, et des rejets agroalimentaires importants (masses d'eau Galion et nord-Atlantique).

#### + FRJC004 : Nord-Atlantique, plateau insulaire

Cette grande masse d'eau côtière est ouverte sur l'Atlantique face aux Alizés. Le plateau insulaire d'une cinquantaine de mètres de profondeur y est très étendu. Les eaux sont bien renouvelées par le courant nord équatorial auquel s'ajoute l'effet du vent et de la houle. Rappelons que les eaux de l'Atlantique Tropical sont oligotrophes, mais qu'elles subissent l'influence des grands fleuves sud-américains, des eaux du Galion qui sont en partie évacuées par le nord. Les eaux côtières sont repoussées vers le nord-ouest. La côte découpée dans sa partie sud crée des courants littoraux plus complexes (Ste-Marie) en se combinant avec les marées. Les falaises non protégées subissent une érosion importante. Les **conditions difficiles** limitent les observations sous-marines : quasi absence de données biologiques dans cette zone. Le **Loup Ministre face à Sainte-Marie est couvert de sargasses**, le peuplement corallien y est pauvre. On signale des **herbiers à faible profondeur en arrière des îlots**.

Les **pressions littorales sont globalement importantes** (agriculture et élevages, distilleries, carrières, nombreux bourgs au système d'assainissement peu efficace, petites industries artisanales...). Le bassin versant dont la pente fait face aux vents sont très arrosés. La pente en altitude est prononcée, l'érosion importante. Les flux en solides, nutriments et phytosanitaires sont donc supposés importants. Les panaches des rivières, rabattues par le vent, longent généralement la côte vers le nord en contournant l'île, mais peuvent s'étaler plus vers l'est lors des grandes crues. La dilution est relativement efficace, ce qui réduit l'impact des pressions sur le milieu. Cependant, rappelons l'extrême sensibilité des écosystèmes coralliens aux apports faibles mais chroniques, et que des épisodes ponctuels peuvent avoir des conséquences importantes (apport brutal d'une forte pollution, météorologique ou accidentel). Notons une forte mortalité de poissons adultes inexpliquée dans cette zone, qui a duré plusieurs mois en 1998. Un grand programme d'assainissement des

bourg est à l'étude ou en cours. La formation des agriculteurs fait espérer une réduction des intrants. Les activités agroalimentaires font également de gros efforts d'épuration des vinasses. Notons que la réduction des flux polluants dans cette masse d'eau aura sûrement une incidence positive sur celle de Trinité et du nord-Caraïbe. La communauté de pêcheurs est très active dans ces communes. La partie sud de cette masse d'eau est interdite à la pêche (cantonnement de Trinité Ste-Marie).

## Domaine Nord-Caraïbe de Cap St-Martin à Schœlcher

+ FRJC002 : Nord-Caraïbe

La masse d'eau nord-Caraïbe est caractérisée par une côte aux  **pentes sédimentaires accores avec affleurements rocheux couverts par un placage corallien** plus ou moins développé mais non constructeur. La pente est faible dans les baies et les fonds sont sablo-vaseux à sableux. Les courants littoraux dépendent des marées et du courant général. Les eaux littorales du nord-est-Atlantique descendant très diluées vers Saint-Pierre. La circulation des eaux est globalement parallèle à la côte, et plutôt dirigée vers le sud, malgré un va-et-vient nord-sud dû à la marée. Les courants peuvent être relativement forts au niveau des caps et pointes, et des courants tourbillonnaires sont suspectés au droit des baies (St-Pierre, Case-Pilote). Les panaches d'eaux douces chargées lors des crues longent le littoral avec une extension vers le large limitée. Les solides et les polluants dérivent donc globalement le long de la côte. L'effet du vent sur les couches superficielles (1 à quelques mètres) dépend du relief en amont: il se fait sentir essentiellement au droit des vallées, favorisant l'extension des panaches superficiels vers le large à leur niveau. La baie de Saint-Pierre montre souvent des eaux turbides. Le mouvement circulaire supposé des eaux dans la baie, diminuant le renouvellement global de ses eaux (recirculation). Les fonds sableux peu profonds du nord-Caraïbe sont **rarement colonisés par des herbiers car régulièrement remaniés par la houle**. Les espèces résistantes d'éponges et de gorgones, dont la croissance est rapide, se développent même en eaux eutrophisées et turbides. Les peuplements coralliens sont cantonnés sur les zones rocheuses souvent en continuité avec le relief terrestre et les éboulis au pied des falaises. Non constructeurs, ils offrent cependant une grande biodiversité et leur intérêt écologique, halieutique et « paysager » important demanderait une meilleure protection (zone sensible...). Les houles cycloniques détruisent périodiquement les peuplements fixés peu profonds jusqu'à au moins une quinzaine de mètres de profondeur (cyclone Lenny 1999). Chaque débouché de ravine montre des **signes d'hyper-sédimentation et d'eutrophisation**. L'érosion littorale est importante, notamment au nord de Saint-Pierre. Les plages de sable noir à gris vers le sud sont très fréquentées, notamment au Carbet et au Nord du Prêcheur. L'activité de plongée est très importante, mais répartie entre les épaves et de nombreux sites coralliens, et les sites sont pour beaucoup pourvus de corps-morts.

Les apports solides dus à l'érosion des massifs de la Pelée et des Pitons sont accélérés par la déforestation liée à l'agriculture notamment sur les pentes et à l'habitat diffus. Les sols mis à nu par les carrières et chantiers crée une érosion éolienne et par ruissellement non négligeable. Les rejets de certaines unités de traitement de matériaux sont encore élevés (nord de Saint-Pierre). Leur mise aux normes (recyclage) est en cours. Les remblais littoraux effectués sans protection littorale entre Bellefontaine et le Prêcheur sont régulièrement érodés par les houles de NW-SW et participent ainsi à la dégradation des peuplements marins. La baie de Saint-Pierre est une zone de forte sédimentation. La plus importante des centrales thermiques d'EDF rejette ses eaux à Fond Laïlet. L'ambitieux programme d'assainissement intercommunal du nord Caraïbe devrait **réduire en grande partie les apports en nutriments domestiques**. Le développement de la culture de la banane (Saint-Pierre, Carbet) et du maraîchage sur les pentes des mornes sont susceptibles d'être à l'origine d'un flux de nutriments et de phytosanitaires. Les distilleries, aux normes, rejettent en rivière non loin du littoral un flux non négligeable de nutriments venant s'ajouter au lessivage des sols et à l'assainissement autonome. La réduction des apports solides (agriculture, plantations...) et en phytosanitaires demandera sans doute des délais supplémentaires. La baie de Saint-Pierre abrite un patrimoine historique d'envergure mondiale. La préservation des épaves et la pratique de la pêche à la senne de plage y sont souvent en conflit avec le mouillage des navires de plaisance

malgré un arrêté préfectoral. Notons le cantonnement de pêche de Case-Pilote (avec récif artificiel) et une proposition de protection du rocher La Perle.

### Masses d'eau de transition

+ FRJT003 : Mangrove de la Rivière Lézarde (Nord Baie de Fort-de-France)

La mangrove entourant la Cohé du Lamentin est traversée de nombreuses rivières et canaux où la salinité varie en fonction de la marée et des apports d'eaux douces. **Zone d'engraissement littoral**, elle joue son rôle épurateur pour protéger partiellement la qualité des eaux marines de la baie. Le milieu aquatique de cette masse d'eau est supposé de piètre qualité vu les pressions et la mauvaise qualité des eaux en amont de La Lézarde. Les crues entraînent outre une forte baisse de salinité, des apports en polluants et en solides importants.

C'est l'une des mangroves subissant le plus de pressions littorales, tant par l'urbanisation que par les industries et les rejets domestiques. La zone industrielle de La Lézarde, inondable aux abords de la rivière, a été bâtie en partie sur la mangrove. Une base nautique et une association de gommiers utilisent le plan d'eau de la Cohé.

+ FRJT004 : Mangrove de Genipa (Sud Baie de Fort-de-France)

La mangrove entourant la Cohé du Lamentin est traversée de nombreuses rivières et canaux où la salinité varie en fonction de la marée et des apports d'eaux douces. Zone d'engraissement littoral, elle joue son rôle épurateur pour protéger partiellement la qualité des eaux marines de la baie. **Le milieu aquatique de cette masse d'eau est supposé de meilleure qualité que celle de La Lézarde**. Notons la présence d'une avifaune riche et d'une flore exceptionnelle (mangrove, orchidée). Les crues entraînent outre une forte baisse de salinité, des apports en polluants et en solides importants qui se répartissent d'abord dans l'aire d'expansion de la crue, le reste dans la baie.

Le fort développement démographique et économique des bassins versants de la baie de Genipa devra être compensé par un effort conséquent pour réduire les flux de pollution.

+ FRJT002 : Mangrove des rivières Trou Manuel et O'Neil (Baie du Marin)

Masse d'eau de transition composée de deux mangroves (séparées par le Bourg, le Port et la plage du Bourg). Elle reçoit les eaux de deux principaux cours d'eau : Trou Manuel et O'Neil, tous deux chenalés à travers la mangrove pour permettre le passage des petites embarcations (zone de débarquement de pêche de O'Neil et zone artisanale de Trou Manuel). Les débits d'étiage sont très faibles. Les bassins versants sont agricoles et l'urbanisation se développe très vite notamment sur les flans des mornes et aux dépens et en arrière de la mangrove.

La déforestation pour l'agriculture (pâturages, canne) et plus récemment le développement du maraîchage et de l'urbanisation, ont accru considérablement les débits solides lors des crues. L'envasement du fond de baie étant préjudiciable au développement des activités portuaires, le delta de Trou Manuel a été dévié et chenalé à travers la mangrove, et dimensionné pour pouvoir évacuer les crues vers la baie. Les déblais de dragage du chenal ont formé des merlons sur les rives empêchant l'expansion des crues dans la mangrove. Les activités portuaires et les zones artisanales sont sources potentielles de micropollution aux effets écotoxiques et leur développement exerce une pression foncière sur la mangrove. La commune a engagé une réflexion sur la mise en valeur de la Baie par le développement de la plaisance et a pour objectif la labellisation Pavillon Bleu. Un programme d'assainissement est en cours. La difficulté d'atteindre le bon état en 2015 dépendra des mesures mises en œuvre pour réduire radicalement à la source les flux de pollution agricole

(réflexion globale sur bassin versant), urbaine (eaux pluviales et usées) et portuaire (plaisance, entretien des navires), ainsi que de la réhabilitation hydraulique des mangroves.

+ FRJT001 : Etang des Salines

**Lagune côtière peu profonde** (inférieure à 1 m de profondeur), elle est reliée à la mer par deux canaux, l'un de 400 m à l'est, l'autre d'1 km à l'ouest. C'est le premier qui assure le **très faible renouvellement des eaux** par la marée et l'action du vent. Les eaux y sont très turbides, chaudes et sursalées notamment en saison sèche. L'alimentation en eau douce est très faible également : petit bassin versant très érodable. Les peuplements sont relativement riches, en poissons et crustacés, mais aussi oiseaux limicoles. Les échanges par le canal sud-est entre la mer et la lagune sont denses. On trouve dans la lagune une contamination des sédiments et des organismes par certains métaux et pesticides.

La fréquentation touristique exerce une pression directe sur le milieu. La pêche y est pratiquée, notamment au niveau du canal. Deux sources possibles de contamination : les eaux marines (masses d'eau adjacentes) et l'agriculture sur le bassin versant. Le « Bon Etat » ne pourra être atteint qu'en réduisant les apports contaminants. Une amélioration du renouvellement des eaux pourrait être apportée en recalibrant un ou les deux canaux.

## Annexe 2 : Correction des positions des stations

Les points GPS indiqués lors de la description des stations de suivi (chapitre 2.1.4, p 13 à p 27) sont des données utilisables directement sur le terrain. Pour connaître la latitude et la longitude exactes des sites (en WGS 84, UTM 20) il suffit de se reporter aux colonnes grisées du tableau ci-dessous.

Sites	Latitude de terrain (GPS)	Latitude WGS 84 UTM 20	Longitude de terrain (GPS)	Longitude WGS 84 UTM 20
banc gamelle	711 000	710 608	1 612 400	1 612 228
gros îlet	714 000	713 608	1 609 800	1 609 628
atterrissement rouge	706 550	706 158	1 612 180	1 612 008
îlet à ramiers	706 950	706 558	1 608 600	1 608 428
baie du lamentin	712 400	712 008	1 615 300	1 615 128
baie de genipa	716 250	715 858	1 609 600	1 609 428
pointe de la baleine	705 000	704 608	1 606 000	1 605 828
pointe burgos	705 700	705 308	1 603 200	1 603 028
rocher du diamant	711 570	711 178	1 597 760	1 597 588
caye d'obian	713 700	713 308	1 600 520	1 600 348
jardin tropical	723 600	723 208	1 599 200	1 599 028
pointe borgnesse	725 850	725 458	1 598 220	1 598 048
banc 3 cayes	727 400	727 008	1 598 200	1 598 028
baie du marin	727 900	727 508	1 599 340	1 599 168
mangrove est du marin	730 170	729 778	1 600 240	1 600 068
mangrove ouest du marin	728 800	728 408	1 600 600	1 600 428
étang des salines	729 300	728 908	1 593 000	1 592 828
îlet chevalier	734 700	734 308	1 596 000	1 595 828
caye pariadis	736 000	735 608	1 609 000	1 608 828
petite pinsonnelle	733 400	733 008	1 615 000	1 614 828
caye ronde	729 800	729 408	1 618 700	1 618 528
îlet à rats	726 400	726 008	1 624 450	1 624 278
pointe fort	724 100	723 708	1 623 930	1 623 758
baie du galion	726 600	726 208	1 632 100	1 631 928
baie du trésor	727 400	727 008	1 632 500	1 632 328
loup garou	731 600	731 208	1 624 200	1 624 028
loup ministre	721 800	721 408	1 635 150	1 634 978
nord lorrain	712 400	712 008	1 641 100	1 640 928
cap st martin	693 400	693 008	1 644 200	1 644 028
pointe lamare	692 250	691 858	1 634 850	1 634 678
fond boucher	698 400	698 008	1 621 100	1 620 928

### Annexe 3 : Etat de santé des communautés benthiques

Indice de l'Etat de Santé	Peuplement Corallien	Herbier de phanérogames
1 : Très bon état	Coraux non nécrosés avec gazon algal et absence de macroalgues	Herbier de <i>Thalassia testudinum</i> pur
2 : bon état	Coraux peu nécrosés ou quelques macroalgues ou sédimentation	Herbier mixte à <i>Thalassia</i> et <i>Syringodium</i> ou Herbier à <i>Syringodium</i> pur
3 : état moyen	Coraux avec nécroses, peuplement dominé par les macroalgues ou hypersédimentation	Signe d'eutrophisation ou de sédimentation
4 : mauvais état	Coraux nécrosés avec macroalgues et/ou hypersédimentation et envasement	Herbier avec macroalgues ou envasé. Eutrophisation ou hypersédimentation marquée
5 : très mauvais état	Coraux morts ou envahis de macroalgues ou totalement envasés, aucune espèce sensible	Herbier très clairsemé ou envahi par les macroalgues ou envasé

La typologie a été mise au point par le Pr Bouchon puis adaptée par Impact-Mer.

L'état de santé des communautés mixtes dépend de la biocénose la plus sensible. Donc pour le définir l'état de santé de peuplements coralliens est utilisé.

## Annexe 4 : Phytoplancton toxique ou indicateur d'eutrophisation

Liste d'espèces toxiques pour la faune ou indicatrices d'eutrophisation (\* indique les espèces observées en Méditerranée / \*\* en Atlantique / \*\*\* en Guyane) (d'après Pellouin-Grouhel, 2005 et Paulmier, 1993).

espèces	Toxique faune marine	Indicatrice eutrophisation
<b>Classe Dictyochophycées</b>		
Dictyocha		X
Dictyochophycées		X
Dictyocha fibula		X
Dictyochaspeculum		X
<b>Classe Diatomophycées, ordre Centrales</b>		
Chaetoceros sociale + C. radians**		X
Skeletonema costatum* ***		X
<b>Classe Dinophycées, ordre Gymnodiniales</b>		
Amphidinium sp.	X	
Cochlodinium*	X	
Gymnodinium puchellum	X	
Gymnodinium* ***		X
Gymnodinium sp. 1982**		X
Gymnodinium catenatum		X
Gymnodinium lohmanni		X
Gymnodinium splendens**		X
Karenia	X	
Karenia brevis (Gymnodinium breve)	X	
Karenia mikimotoi (Gymnodinium mikimotoi)**	X	
Gyrodinium corsicum	X	
Gyrodinium		X
Gyrodinium spirale		X
karlodinium	X	
<b>Classe Dinophycées, ordre Oxyrrhinales</b>		
Oxyrrhis		X
Oxyrrhis marina		X
<b>Classe Dinophycées, ordre Peridiniales</b>		
Alexandrium hiranoi	X	
Alexandrium minutum**	X	
Alexandrium tamarensense*	X	
Alexandrium		X
Alexandrium affine		X
Alexandrium andersoni		X
Alexandrium insuetum		X
Alexandrium leei		X
Alexandrium margalefi		X
Alexandrium ostenfeldii		X
Alexandrium pseudogonyaulax		X
Alexandrium taylori		X
Gonyaulax		X
Gonyaulax spinifera		X
Lingulodinium		X
Lingulodinium polyedra		X
Kryptoperidinium		X
Kryptoperidinium foliaceum**		X
Scrippsiella* ***		X
Bysmatrum		X
Heterocapsa	X	
Heterocapsa niei**		X
Heterocapsa triquetra* ***		X
Peridinium quinquecorne*		X

<b>Classe Dinophycées, ordre Prorocentrales</b>		
Prorocentrum mexicanum	X	
Prorocentrum minimum + balticum + cordatum*	X	
Prorocentrum * **		X
Prorocentrum compressum		X
Prorocentrum concavum		X
Prorocentrum gracile**		X
Prorocentrum lima + marinum		X
Prorocentrum micans + arcuatum + gibbosum**		X
Prorocentrum triestinum (=P. redfieldii)* **		X
<b>Classe Euglénophycées</b>		
Euglénophycées* **		X
<b>Classe Prymnésiophycées</b>		
Prymnésiophycées**		X
Prymnésiales		X
Phaeocystis sp.* ***	X	
Chrysochromulina sp.*	X	
Prymnesium sp.	X	
<b>Classe Raphidophycées</b>		
Raphidophycées		X
Raphidomonadales		X
Chattonella sp.	X	
Chattonella minima	X	
Fibrocapsa japonica	X	
Heterosigma akashiwo	X	
<b>Classe Cyanophycées</b>		
Cyanobactéries filamenteuses		X
Anabaena sp.		X
Merismopedia sp.		X
Microcystis sp.		X
Nostoc sp.		X
Oscillatoria sp.		X
Lyngbya sp.		
Trichodesmium sp. ***		
Richelia intracellularis ***		

**Annexe 5 : Protocoles de prélèvement détaillés (biologique et chimique)**

- 1) Prélèvements et traitements des échantillons de mollusques.
- 2) Prélèvements et traitements des échantillons de sédiments.
- 3) Prélevements et analyse des substances polluantes dans l'eau, le sédiments, et les MES.

## 1 )Protocole opérationnel pour les prélèvements de mollusques et le traitement des échantillons (d'après IFREMER, Pellouin-Grouhel, 2005)

Ce protocole est extrait et adapté du document de prescription RNO "matière vivante" : D. Claisse, 2001. Description des opérations du RNO matière vivante relevant des laboratoires côtiers de la DEL.

### 1. Points de prélèvement.

Dans le cadre du contrôle opérationnel, pour pouvoir apprécier les tendances temporelles, il est indispensable d'assurer la pérennité du suivi sur les mêmes points et dans les mêmes conditions d'échantillonnage. Dans le cas du RNO, la précision du positionnement est de  $\pm 180$  m (1/10 de minute). Tout déplacement supérieur à cette distance doit donner lieu à un double échantillonnage pendant un an afin de vérifier si les résultats sont comparables entre l'ancienne et la nouvelle position. La négative entraîne la création d'un nouveau point, après concertation. Il faut avoir à l'esprit que la fermeture d'un point pour en créer un nouveau interrompt une série temporelle pour en initier une autre qui ne sera exploitable qu'après plusieurs années. Cette mesure doit donc rester exceptionnelle.

### 2. Espèces utilisées.

Il est indispensable de s'en tenir à une espèce donnée pour un même point. L'alternance d'espèces différentes rend impossible l'interprétation des résultats du fait des différences de bioaccumulation entre espèces. On utilisera préférentiellement la moule (*Mytilus edulis* et *Mytilus galloprovincialis*, les deux espèces pouvant être confondues). En deuxième choix on pourra utiliser l'huître creuse (*Crassostrea gigas*). Aux Antilles on utilisera *Isognomon alatus*, espèce sentinelle du RNO.

### 3. Période de prélèvement.

Les prélèvements doivent être effectués en dehors de la période de reproduction, ce qui correspond en France à l'hiver. Pour permettre la comparaison avec les résultats du RNO ils seront effectués en novembre. Cependant, pour tenir compte des aléas de la météo et des marées, une tolérance d'une semaine avant et une semaine après le mois précité peut être utilisée de façon exceptionnelle. Sans revenir sur la théorie des variations saisonnières, il est bon de rappeler que de la régularité des prélèvements dépend toute l'interprétation des résultats.

### 4. Protocole de prélèvement.

Pour un point de prélèvement donné, les coquillages seront chaque fois récoltés au même endroit, à un niveau moyen entre ceux des hautes et des basses mers. Cette position dans la zone intertidale ne doit pas varier au cours du temps. Pour chaque point, les individus prélevés devront constituer un lot homogène en taille et reproductive d'un prélèvement à l'autre. Pour les moules, la taille doit être comprise entre 45 et 55 mm. Les huîtres doivent avoir entre 2 et 3 ans (être dans leur 3ème année). Dans certains cas exceptionnels on devra se contenter d'animaux de taille ou d'âge différents de cet optimum. Ceci ne présente pas d'inconvénient trop grave si l'on

conserve l'homogénéité et la reproductibilité des échantillons dans le temps, et si l'on ne sort pas d'une fourchette extrême de 35 - 65 mm pour les moules.

Sur les points où sont prélevés des animaux de culture (parc à huîtres, filière à moule, etc.), il faudra impérativement s'assurer que les coquillages ont au moins six mois de présence sur le site. La sous-traitance des prélèvements à des professionnels est déconseillée. Dans les cas où elle est inévitable, les conditions d'une confiance absolue dans le préleveur devront être recherchées, ce qui ne dispensera pas d'utiliser tous les moyens de contrôle disponibles. En particulier, on fournira au sous-traitant une copie des paragraphes 1 à 4 du présent document.

Pour chaque échantillon, le nombre d'individus devra être suffisant pour remplir de chair égouttée deux piluliers de 90 ml aux 3/4 de leur volume. En fonction des saisons ceci peut représenter un nombre de coquillages très différent que l'expérience des préleveurs permet d'évaluer. En aucun cas le nombre de coquillages entrant effectivement dans l'échantillon ne peut être inférieur à 50 pour les moules et à 10 pour les huîtres.

Les moules seront détachées de leur support une à une, en prenant soin de ne pas arracher le byssus car ceci compromettrait leur survie lors du transport et de l'épuration. Les coquillages seront rincés extérieurement à l'eau de mer sur les lieux du prélèvement. Au cours de la collecte, on veillera à ce que les animaux ne soient pas immergés dans le fond du récipient utilisé. L'idéal est d'emporter sur le terrain un portoir perforé, d'y stocker les coquillages et de les y rincer lorsque l'échantillon est complet. On peut ensuite les transférer dans un sac en polyéthylène perforé. Le délai entre le prélèvement et l'épuration doit être le plus court possible. Le transport des bivalves vivants se fait en caisse isotherme. Si on utilise des accumulateurs de froid, ceux-ci ne doivent pas être en contact direct avec les mollusques et le froid à l'intérieur de la glacière ne doit pas être excessif afin de ne pas provoquer la mort des bivalves. En règle générale, les chocs thermiques doivent être évités entre le prélèvement et la fin de l'épuration.

## 5. Protocole d'épuration des coquillages

Les coquillages vivants sont épurés le plus rapidement possible après le prélèvement. Pour cela ils seront placés pendant environ 24 heures dans de l'eau de mer provenant de la région de prélèvement et préalablement décantée. On utilisera des bacs en plastique blanc traités à l'acide selon le paragraphe 11 ou une claire ou bassin de professionnel. Les bivalves doivent être placés en une seule couche sur un portoir perforé les isolant du fond du bac ou du bassin. La couche d'eau recouvrant les coquillages doit être d'au moins 10 cm. Il est recommandé de ne pas utiliser de système de bullage pouvant introduire des contaminants dans l'eau. Si l'on aère suffisamment l'eau des bacs au remplissage (par exemple en la faisant tomber d'assez haut), les coquillages disposent de suffisamment d'oxygène pour 24 heures. L'entretien des bacs et portoirs est décrit au paragraphe 11.

## 6. longueur moyenne

Mesurer la longueur d'un nombre suffisant d'individus représentatifs des coquillages qui entreront **réellement** dans l'échantillon et en calculer la moyenne et l'écart-type pour chaque échantillon : on mesurera la longueur de tous les individus d'huîtres et de 50 individus au minimum pour les moules. Le calcul de l'écart-type part de l'hypothèse que les arguments ne représentent qu'un échantillon de la population. Il est donc calculé à l'aide de la méthode "sans biais" ou "n-1". Ce mode de calcul correspond dans Excel à la fonction **ECARTYPE** (et non pas **ECARTYPEP**). La formule est :

$$\text{ECARTYPE} = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

### 7. décoquillage - égouttage

Le décoquillage doit se faire avec un couteau à huître ou un scalpel en acier inoxydable propre. Procéder avec précaution en évitant d'endommager le mollusque avec la lame. Pour les moules il est indispensable d'éliminer le byssus. La chair est mise à égoutter sur un entonnoir de Buchner en porcelaine. Le temps d'égouttage est de 30 minutes.

Lorsqu'il n'est pas possible de décoquiller les échantillons immédiatement après la phase d'épuration, il est possible de congeler les coquillages épurés entiers. Dans ce cas, les coquillages devront être totalement décongelés avant d'être décortiqués de manière à laisser s'écouler l'eau intervalaire avant toute manipulation des bivalves. Le temps d'égouttage sera alors réduit à la durée de l'opération de décoquillage. Ceci est destiné à réduire les pertes de substances biologiques dû à l'éclatement des cellules pendant les phases de congélation/décongélation.

Le décoquillage est la phase du traitement la plus délicate car les mollusques ne sont plus protégés par leur coquille et peuvent être contaminés par l'atmosphère du laboratoire ou des projections diverses. Il est donc nécessaire de procéder au décoquillage et à l'égouttage dans un laboratoire où n'est menée aucune activité contaminante. L'idéal est de laisser égoutter les coquillages sous une hotte à flux laminaire si le laboratoire en est muni, et, dans tous les cas, de protéger le Buchner avec une feuille d'aluminium calciné. Le port de gants en polyéthylène jetables est impératif lors du décoquillage. En cas d'utilisation de gants de protection (pour les huîtres par exemple), ceux-ci doivent être recouverts d'un gant jetable en polyéthylène.

Après chaque usage, les entonnoirs et couteaux utilisés seront rincés à l'eau du robinet puis à l'eau distillée. Ils seront ensuite placés individuellement dans un sac en polyéthylène fermé, jusqu'à leur utilisation suivante.

### 8. remplissage des piluliers

On utilise des pilulier en verre, couvercle plastique et feuille d'aluminium, préparés selon le paragraphe 11. Ce matériel ne doit pas être remplacé par de la verrerie non traitée. Les piluliers seront pesés vides (tare), pourvus de leur étiquette et sans couvercle. La tare doit être portée sur les étiquettes des piluliers, en grammes, avec une décimale.

Les étiquettes doivent porter les informations suivantes : Tare, Point de prélèvement, date, espèce, taille et écart-type. On pourra utiliser les codes espèces de Quadrige : MYTIEDU, MYTIGAL, CRASGIG, et ISOGALA correspondant respectivement à *Mytilus edulis*, *Mytilus galloprovincialis*, *Crassostrea gigas* et *Isognomon alatus*.

Pour résister aux congélations/décongélations qu'elles vont subir, les étiquettes doivent être renseignées avec un crayon de bois à mine grasse, à l'exclusion de tout autre moyen (pas de pointe feutre).

Lorsque l'égouttage des mollusques est terminé, remplir aux 3/4 les deux piluliers de 90 ml correspondant à l'échantillon traité et fermer ceux-ci en intercalant une feuille d'aluminium calciné entre verre et capsule plastique. Les échantillons devant être congelés, il est impératif de laisser 1/4 du volume de chaque pilulier vide. Compléter les étiquettes et congeler.

## 9. Protocole de broyage et homogénéisation des échantillons.

Les échantillons sont laissés à température ambiante, fermés, jusqu'à décongélation. On ne décongèlera que le nombre d'échantillons pouvant être traités dans une demi-journée. Il est impératif d'utiliser un broyeur n'introduisant pas de contamination chimique dans l'échantillon. Le contenu total (liquide surnageant compris) des deux piluliers constituant un échantillon sont réunis dans un bol de broyage en verre. S'assurer qu'il ne reste pas de morceaux de mollusques au fond ou sur les parois, puis égoutter vigoureusement les piluliers au-dessus d'un évier et les réserver. La durée du broyage ne peut être inférieure à 1 minute afin d'assurer une bonne homogénéité du broyat. Le contenu du bol est ensuite réparti entre les deux piluliers d'origine qui sont alors pesés ensemble (rubrique "poids égoutté").

Lorsque la quantité d'échantillon disponible est faible, répartir le broyat entre les piluliers en fonction des quantités nécessaires à l'analyse : au moins 25 grammes de broyat pour l'analyse des contaminants organiques et au moins 5 pour l'analyse des métaux. Les piluliers seront alors marqués pour indiquer à quel type d'analyses ils sont destinés.

Dans chaque pilulier, introduire au milieu du broyat et jusqu'au fond, un tube de verre Pyrex vide de diamètre voisin de 1 centimètre qui permettra de créer un espace au centre de l'échantillon de manière à faciliter la lyophilisation. Ces tubes de verre devront avoir été traités comme les piluliers. Les échantillons sont ensuite recongelés, chaque portoir étant soigneusement recouvert d'une feuille d'aluminium calciné.

Après un temps de congélation d'au moins 24 heures on introduit dans les tubes de verre, à l'aide d'une pipette, de l'eau chaude ( $70^{\circ}\text{C} < T^{\circ} < 90^{\circ}\text{C}$ ) jusqu'à ce que le niveau dépasse celui de la masse congelée. Au bout de quelques secondes il est possible de décoller et extraire les tubes, laissant ainsi dans le broyat congelé un trou destiné à faciliter la lyophilisation. Les échantillons sont aussitôt remis au congélateur, portoirs couverts d'une feuille d'aluminium calciné, jusqu'à la lyophilisation.

## 10. Protocole de lyophilisation des échantillons.

Bien conduite, la lyophilisation permet d'obtenir rapidement un produit très sec plus facilement et plus certainement que les autres modes de séchage. La propreté de l'appareil doit garantir l'absence de contamination.

Les opérations suivantes doivent être menées le plus rapidement possible en fin de lyophilisation pour éviter la prise d'humidité par les échantillons ouverts et/ou leur contamination. Piser ensemble immédiatement les deux piluliers de chaque échantillon (rubrique "poids sec"). Placer une feuille d'aluminium calciné sur chaque pilulier, fermer rapidement les piluliers avec leur capsule en plastique recouvrant l'aluminium. A ce stade, les échantillons peuvent être conservés à température ambiante, de préférence à l'abri de la lumière. Ils sont alors disponibles pour les laboratoires d'analyse.

Le calcul du pourcentage de matière sèche est le suivant :

$$\% \text{ M.S.} = 100 (\text{Poids sec} - \Sigma \text{tares}) / (\text{Poids égoutté} - \Sigma \text{tares})$$

## 11. traitement préalable du matériel

### piluliers

Les piluliers neufs sont d'abord lavés avec un détergent sans phosphate. On effectue ensuite un nouveau lavage sans détergent suivi d'un rinçage à l'eau milli-RO®. Les

piluliers sont alors passés 8 heures à 450°C. On les laisse refroidir dans le four. Ils sont ensuite fermés avec les couvercles plastique et stockés.

Les couvercles en plastique neufs sont rincés à l'eau du robinet puis à l'eau milli-q®. Ils sont alors séchés à l'étuve dans des sachets plastiques ouverts.

Les tubes de verre Pyrex utilisés au paragraphe 9 sont traités comme les piluliers et stockés dans des sachets plastique.

#### **calcination des feuilles d'aluminium**

Les feuilles d'aluminium utilisées lors des diverses manipulations et conditionnements des échantillons doivent être calcinées. Les petits carrés d'aluminium destinés à la fermeture des piluliers sont découpés et enveloppés tous ensemble dans une grande feuille d'aluminium repliée. Placer également dans le four les grandes feuilles destinées à recouvrir les portoirs de piluliers dans le congélateur et les buchners pendant l'égouttage.

La température de calcination est de 450°C pendant 8 heures. A la fin de l'opération laisser refroidir l'aluminium dans le four avant de le sortir. Les feuilles calcinées peuvent être conservées enveloppées dans une feuille plus grande, également calcinée. Les manipulations après calcination et jusqu'au stockage doivent être effectuées avec des gants de coton.

#### **Traitement des bacs d'épuration neufs**

Ce traitement a pour but d'éliminer les agents de fabrication et de démolage. Il est fait une fois pour toutes sous réserve d'une utilisation exclusive :

- lavage au détergent habituel avec une éponge douce ne rayant pas la surface.
- rinçage à l'eau du robinet.
- trempage dans HNO<sub>3</sub> à 2% pendant 4 jours : les bacs, équipés des portoirs ajourés sont remplis le plus complètement possible d'acide nitrique à 2% et recouverts de leur couvercle.
- rinçage à l'eau distillée. Egoutter, sans essuyer.
- stockage des bacs fermés, avec les portoirs à l'intérieur.

Les jerricans qui servent à la manipulation de l'eau d'épuration sont traités de la même façon.

#### **Entretien des bacs d'épuration**

Entre deux utilisations le matériel ne doit servir à rien d'autre. Avant chaque utilisation les jerricans doivent être rincés une fois avec un peu d'eau de mer avant remplissage. A la fin de la phase d'épuration, les bacs sont vidés, rincés sommairement si nécessaire avec un peu d'eau de mer. Ils doivent être égouttés rapidement et stockés comme indiqué plus haut.

Ces récipients ne doivent jamais être lavés avec un détergent ou tout autre produit. L'eau de mer utilisée pour l'épuration suffit à en assurer la propreté, sans risque de contamination. Ces bacs ne doivent jamais être utilisés pour autre chose que l'épuration des coquillages. Entre deux utilisations ils doivent être gardés fermés, portoir à l'intérieur.

## 2) Protocole opérationnel de prélèvements de sédiment utilisé lors des campagnes RNO (d'après IFREMER, Pellouin-Grouhel, 2005)

Ce protocole est valable pour les trois types de prélèvements habituellement pratiqués dans le cadre du RNO :

- à pied sur estran
- à l'aide d'une benne de type Eckman par des profondeurs inférieures à 3 mètres
- à l'aide d'un carottier sur navire hauturier par des profondeurs > à 3 mètres.

### 1. Matériel nécessaire

- Cahier de mission (exemple de page en annexe)
- Spatules en inox calcinées
- Spatules en polyéthylène ou téflon traitées
- Piluliers 125 ml couvercles blancs traités à l'acide (pour métaux)
- Piluliers 125 ml couvercles bleus (pour granulométrie)
- Bocaux en verre calcinés + couvercles (pour contaminants organiques)
- Feuilles d'aluminium calcinées
- Etiquettes vierges préenseignées au nom de la campagne
- Sachets en polyéthylène + attaches, grands sacs en polyéthylène
- Pissette d'eau milli-Q
- Gants en polyéthylène
- Benne ECKMAN + manche ou carottier type Reineck.

Tout le flaconnage et les spatules ont été traités à Nantes par DCN/BE selon le paragraphe 6. Ils doivent être conservés dans leur emballage d'origine jusqu'à utilisation.

La liste complète de tout le matériel nécessaire à une campagne sédiment fait l'objet d'un document séparé adapté à chaque campagne.

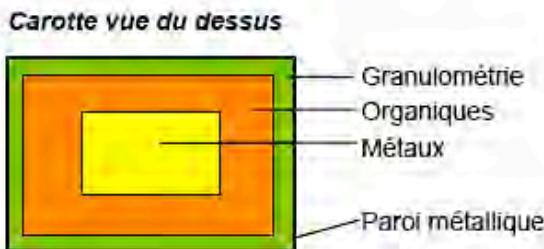
## 2. Localisation des stations

Il est indispensable de noter sur le cahier de mission les coordonnées de chaque station, relevées au GPS. Indiquer également le référentiel (ED50 ou WGS84). A défaut de GPS prendre trois alignements au compas de relèvement. Renseigner également toutes les rubriques du cahier (n° de station, date, heure, sonde). Donner un nom de point de prélèvement signifiant ou indiquer le numéro Quadrige si ce point existe déjà. Dans le cadre "observations" noter tout ce qui semble important pour la situation de la station, l'interprétation des résultats, etc. En particulier une très brève description de l'aspect visuel du sédiment, la présence d'animaux vivants ou morts, de racines, de débris, ou d'éventuels incidents de manipulation, peuvent être intéressants.

## 3. Prélèvements

Les prélèvements pourront être faits à pied sur l'estran directement avec les spatules, ou dans la boîte de la benne ou du carottier. Sur une petite embarcation, la proximité des nourrices de carburant ou autre source de contamination oblige à prendre certaines précautions : Entre chaque utilisation la benne devra être enfilée dans un grand sac en plastique et le bac contenant le flaconnage refermé. Le port des gants en polyéthylène est obligatoire lors des opérations de manipulation des échantillons. Ne pas manipuler la benne avec les gants qui serviront à manipuler le flaconnage. Les gants doivent être changés pour chaque prélèvement. Sur un navire hauturier, où les machines ne sont jamais coupées sur station, prendre soin à ce que les échappements ne soient pas rabattus sur les lieux de travail.

Dans tous les cas le prélèvement est effectué dans le premier centimètre superficiel du sédiment. Si on utilise une benne ou un carottier, le sédiment destiné à la mesure de la granulométrie doit être prélevé dans la partie la plus périphérique de chaque échantillon qui a été en contact avec les parois de la boîte. Le matériel destiné à l'analyse des métaux doit être prélevé dans la partie centrale. Enfin, la partie intermédiaire doit être prélevée pour l'analyse des contaminants organiques.



Pour les organiques, le centimètre superficiel est prélevé à l'aide de la spatule en acier inoxydable calcinée.

Pour les métaux, le centimètre superficiel est prélevé à l'aide de la spatule en polyéthylène ou polypropylène traitée.

Après chaque prélèvement, les spatules sont rincées avec la pissette d'eau milli-Q. La spatule en polyéthylène est rangée individuellement dans un sachet en polyéthylène neuf. La spatule en inox est enveloppée dans une feuille d'aluminium calcinée. Les spatules ne doivent jamais être manipulées sans gant.

Les prélèvements à la benne Shipek ne sont pas recommandés car ce type de matériel mélange irrémédiablement les couches sédimentaires. Cependant, en cas d'incertitude sur la nature du fond, il peut être utile de faire un premier essai rapide avec cette benne pour éviter d'endommager la boîte du carottier sur des rochers.

En cas de prélèvement d'une carotte profonde pour détermination de l'historique de la contamination, ce protocole s'applique également. Le découpage de la carotte en horizons doit se faire le plus rapidement possible.

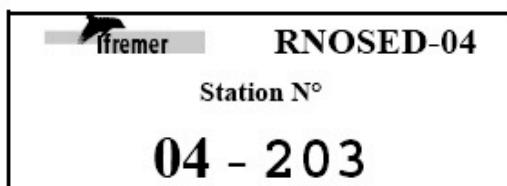
#### 4. Conditionnement des échantillons

Les échantillons destinés à la mesure des **métaux** sont placés dans les piluliers fournis (125 ml, couvercle blanc). Ces piluliers, une fois fermés et étiquetés, sont ensachés individuellement dans des sacs en polyéthylène. Il est nécessaire de disposer d'environ 50 grammes de sédiment, soit environ 1/3 de pilulier.

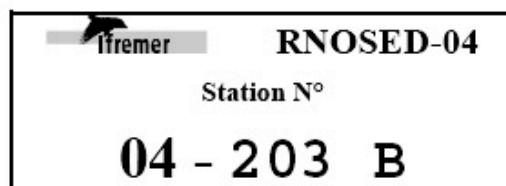
La partie réservée à la mesure des polluants **organiques** est placée dans un bocal en verre calciné. Une feuille d'aluminium calcinée est intercalée entre le bocal et le couvercle. Il faut entre 50 et 100 grammes de sédiment.

Les échantillons destinés à la **granulométrie** sont placés dans les piluliers de 125 ml à couvercle bleu. Il faut au moins 50 grammes de sédiment.

Les étiquettes sont toujours collées sur le récipient et **jamais sur le bouchon**. Elles ne doivent porter que le numéro de la station et le nom de la campagne :



normal



En cas de réplicat de la station 203

Tous les autres renseignements ou observations complémentaires doivent être portés uniquement sur le cahier de mission.

Les échantillons métal et organiques sont congelés le plus tôt possible. Les échantillons destinés à la granulométrie ne doivent pas être congelés. Ils sont conservés au réfrigérateur.

Pour éviter toute confusion ultérieure, les numéros de station doivent être portés sur les étiquettes des conditionnements avec un **marqueur indélébile ou un crayon de papier**.

### 3) Protocole opérationnel de prélèvements et d'analyse chimique d'eau, de MES et de sédiment (issu de Bocquené et al., 2002)

#### + Prélèvement et prétraitement des échantillons :

Les prélèvements d'eaux sont réalisés dans des bouteilles en verre ambré d'un volume de 2,5 litres minimum, ayant contenu à l'origine des solvants de qualité pour analyse de pesticides. Les sédiments sont prélevés dans des bocaux en verre, une feuille d'aluminium étant placée entre l'échantillon et le couvercle. Dès retour au laboratoire les échantillons d'eaux sont filtrés sous vide à l'aide d'une pompe à vide, sur des filtres en fibre de verre GFC de diamètre 47 mm. Les filtres sont placés dans des boites de pétri avant d'être emballés d'une feuille d'aluminium et stockés au congélateur. Les échantillons d'eau filtrée sont mis en chambre froide en attente de traitement lorsque celui-ci est différé au lendemain. Les sédiments sont mis en boites de pétri avant d'être emballés dans de l'aluminium et placés au congélateur. Ils sont lyophilisés avant extraction.

#### + Extraction et purification des échantillons :

##### - Les eaux :

Compte tenu des moyens à notre disposition sur site et afin d'avoir des protocoles d'extraction simples et rapides, nous avons opté pour l'extraction des eaux sur phase solide (SPE). La SPE utilise la plupart des phases et des mécanismes de séparation de l'HPLC. Le choix du matériel est fonction de la nature des analyses et de la complexité de la matrice. Le support OASIS HLB de WATERS qui est un copolymère pyrrrolidone(hydrophile) divynilbenzène(lipophile) a été retenu pour son large spectre d'extraction et l'absence d'impact d'un assèchement de la cartouche sur son rendement d'extraction, ce dernier point étant le plus difficile à contrôler en méthode manuelle tout particulièrement. A l'exception de l'échantillon prélevé en baie du ROBERT en surface près de la bouée R4, où 5 litres ont été filtrés, environ 2 litres d'échantillon ont été filtrés à chaque fois, la moitié du filtrat servant tel quel à l'extraction des pesticides organophosphorés, des triazines et l'autre acidifié à pH~ 3 par H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> destiné à l'extraction des carbamates. Pour la majorité des échantillons d'eaux il a été utilisé des cartouches HLB 20 cc / 1 g (extraction de 1 à 2 litres). Des cartouches HLB 35 cc / 6 g (extraction de 2 à 5 litres) ont été utilisées pour le prélèvement en baie du ROBERT.

##### HLB 20cc/1g :

Conditionnement, par gravité, par 10 ml de méthanol. Equilibration, par gravité, par 10 ml d'eau déminéralisée. Passage de l'échantillon (1 à 2 litres) sous vide à l'aide d'une pompe, à un débit de 20 ml/minute. Lavage de la colonne, par gravité, par 10 ml d'eau déminéralisée. Elution des pesticides de la colonne, par gravité, par 10 ml de méthanol recueillis dans un 1er flacon, puis par 15 ml de dichlorométhane recueillis dans un second flacon. Les flacons sont sertis et conservés en chambre froide jusqu'à analyse.

##### HLB 35cc/6g :

Conditionnement, par gravité, par 50 ml de méthanol. Equilibration, par gravité, par 50 ml d'eau déminéralisée. Passage de l'échantillon (2 à 5 litres) sous vide à l'aide d'une pompe, à un débit de 20 ml/minute. Lavage de la colonne, par gravité, par 40 ml d'eau déminéralisée. Elution des pesticides de la colonne, par gravité, par 60 ml de méthanol recueillis dans un 1er flacon, puis par 60 ml de dichlorométhane recueillis dans un second flacon. Les flacons sont sertis et conservés en chambre froide jusqu'à analyse.

##### - Les MES :

Les filtres ont été extraits à l'aide d'un ASE DIONEX (extraction à chaud sous pression) par un mélange dichlorométhane/ acétone 50/50 suivi d'une extraction par un mélange acétone/méthanol 50/50.

- Les sédiments :

Les sédiments lyophilisés ont été extraits à l'aide d'un ASE DIONEX (extraction à chaud sous pression) par un mélange dichlorométhane/ acétone 50/50 pour les pesticides organophosphores et chlorés, et par un mélange acétone/méthanol 50/50 pour les carbamates. Après concentration des extraits sous jet d'azote et reprise par le solvant adapté à la technique chromatographique, les analyses ont été réalisées comme décrit ci-dessous :

\*Pesticides organophosphorés / triazines / triazoles :

Chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur azote/phosphore ou à un spectromètre de masse de technologie trappe d'ions sur une colonne : 60 m ; DB5 ; 0.25 mm ; 0.25 µm.

\*Chlordécone :

Chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à capture d'électrons ou à un spectromètre de masse de technologie trappe d'ions sur une colonne : 60 m ; DB5 ; 0.25 mm ; 0.25 µm ou 60 m ; DB1701 ; 0.25 mm ; 0.25 µm.

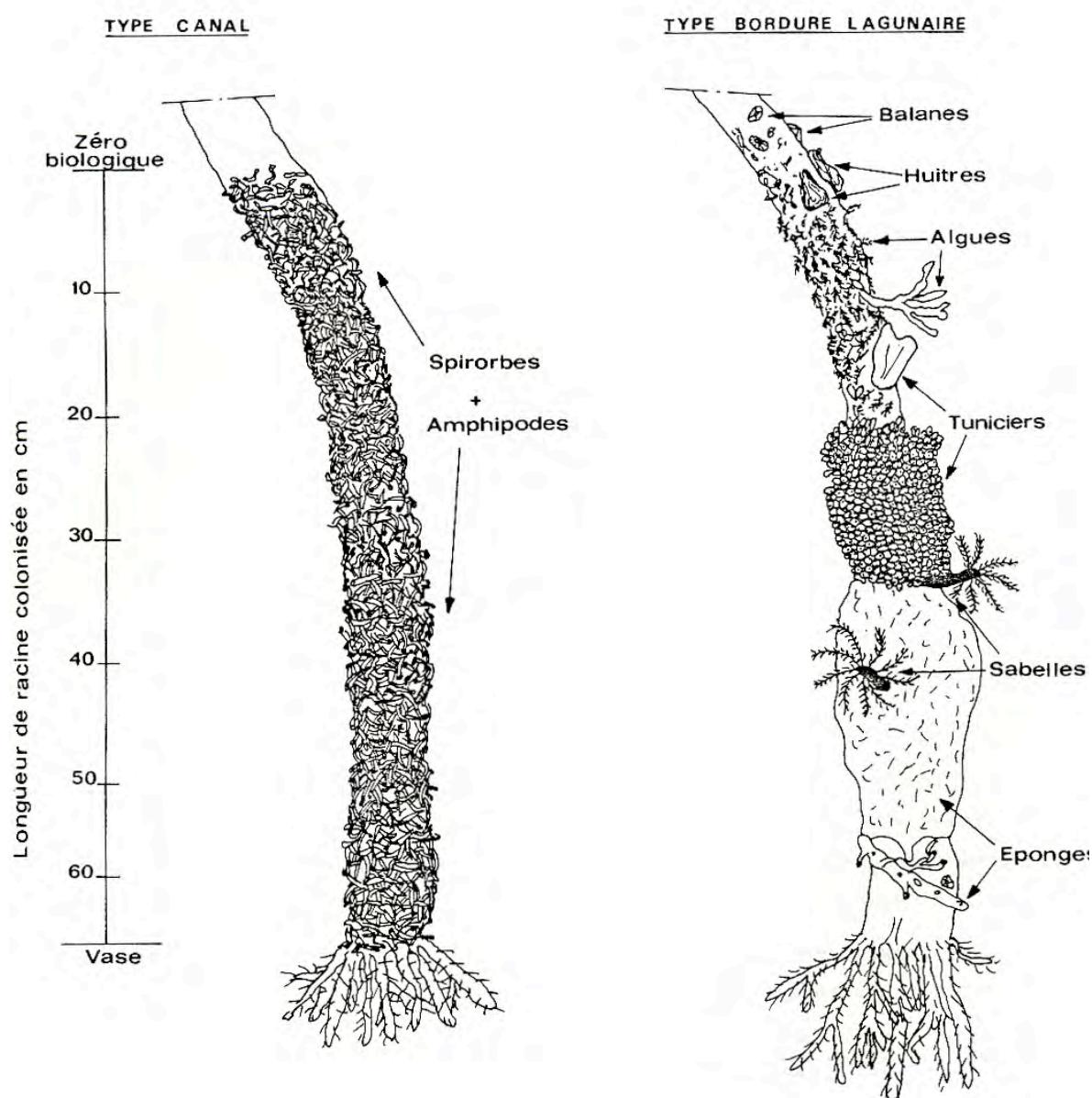
\*Carbamates :

Chromatographie en phase liquide couplée à un détecteur à barrette de diodes et à un spectrofluorimètre après dérivation post-colonne à l'aide d'un système PICKERING.

2 colonnes sont utilisées : LC8 ; 250 mm ; 4.6 mm et LCABZ ; 250 mm ; 4.6 mm.

## Annexe 6 : Mangrove

Peuplement sessiles des racines de palétuviers de mangrove (d'après Toffart, 1980)



## Annexe 7 : Texte de la DCE

Annexe V de la Directive 2000 / 60 / CE : 1.2. Définitions normatives des classifications de l'état écologique des masses d'eau côtières et de transition.

22.12.2000

FR

Journal officiel des Communautés européennes

L 327/45

1.2.3. Définitions des états écologiques «très bon», «bon» et «moyen» en ce qui concerne les eaux de transition

### Éléments de qualité biologique

Élément	Très bon état	Bon état	Etat moyen
Phytoplancton	<p>La composition et l'abondance des taxa phytoplanctoniques correspondent totalement ou presque totalement aux conditions non perturbées.</p> <p>La biomasse moyenne du phytoplancton correspond aux conditions physico-chimiques caractéristiques et n'est pas de nature à déformer sensiblement les conditions de transparence caractéristiques.</p> <p>L'efflorescence planctonique est d'une fréquence et d'une intensité qui correspondent aux conditions physico-chimiques caractéristiques.</p>	<p>Légères modifications dans la composition et l'abondance des taxa planctoniques.</p> <p>Légères modifications dans la biomasse par rapport aux conditions caractéristiques. Ces modifications n'indiquent pas de croissance accélérée des algues entraînant des perturbations indésirables de l'équilibre des organismes présents dans la masse d'eau ou de la qualité physico-chimique de l'eau.</p> <p>La fréquence et l'intensité de l'efflorescence planctonique peuvent augmenter légèrement.</p>	<p>La composition et l'abondance des taxa planctoniques diffèrent modérément des communautés caractéristiques.</p> <p>La biomasse est modérément perturbée et peut être de nature à produire une forte perturbation indésirable des valeurs des autres éléments de qualité biologique.</p> <p>La fréquence et l'intensité de l'efflorescence planctonique peuvent augmenter modérément. Une efflorescence persistante peut se produire durant les mois d'été.</p>
Algues macroscopiques	<p>La composition des taxa de macro-algues correspondent aux conditions non perturbées.</p> <p>Pas de modification détectable de la couverture de macro-algues par suite d'activité anthropogénique.</p>	<p>Légères modifications dans la composition et l'abondance des taxa de macro-algues par rapport aux communautés caractéristiques. Ces changements n'indiquent pas de croissance accélérée du phyrbenthos ou de formes supérieures de vie végétale entraînant des perturbations indésirables de l'équilibre des organismes présents dans la masse d'eau ou de la qualité physico-chimique de l'eau.</p>	<p>La composition des taxa de macro-algues diffère modérément des conditions caractéristiques et est sensiblement plus perturbée que dans le bon état.</p> <p>Des modifications modérées de l'abondance moyenne des macro-algues sont perceptibles et peuvent être de nature à entraîner une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans la masse d'eau.</p>
Angiospermes	<p>La composition taxinomique correspond totalement ou presque totalement aux conditions non perturbées.</p> <p>Pas de modification détectable dans l'abondance des angiospermes par suite d'activité anthropogénique.</p>	<p>Légères modifications dans la composition des taxa d'angiospermes par rapport aux communautés caractéristiques.</p> <p>L'abondance des angiospermes montre de légers signes de perturbation.</p>	<p>La composition des taxa d'angiospermes diffère modérément de celle des communautés caractéristiques et est sensiblement plus perturbée que dans le bon état.</p> <p>Écarts modérés dans l'abondance des taxa d'angiospermes.</p>

Élément	Très bon état	Bon état	État moyen
Faune benthique invertébrée	<p>Le niveau de diversité et d'abondance des taxa invertébrés se situe dans la fourchette normalement associée aux conditions non perturbées.</p> <p>Tous les taxa sensibles aux perturbations associés à des conditions non perturbées sont présents.</p>	<p>Le niveau de diversité et d'abondance des taxa d'invertébrés se situe légèrement en dehors de la fourchette normalement associée aux conditions non perturbées.</p> <p>La plupart des taxa sensibles des communautés caractéristiques sont présents.</p>	<p>Le niveau de diversité et d'abondance des taxa d'invertébrés se situe modérément en dehors de la fourchette normalement associée aux conditions non perturbées.</p> <p>Des taxa indicatifs de pollution sont présents.</p> <p>Bon nombre des taxa sensibles des communautés caractéristiques sont absents.</p>
Ichyofaune	<p>La composition et l'abondance des espèces correspondent aux conditions non perturbées.</p>	<p>L'abondance des espèces sensibles aux perturbations montre de légers écarts par rapport aux conditions caractéristiques, dus aux influences anthropogéniques sur les éléments de qualité physico-chimique ou hydromorphologique.</p>	<p>Une proportion modérée des espèces caractéristiques sensibles aux perturbations est absente suite aux influences anthropogéniques sur les éléments de qualité physico-chimique ou hydromorphologique.</p>
<b>Éléments de qualité hydromorphologique</b>			
Élément	Très bon état	Bon état	État moyen
Régime des marées	<p>Le débit d'eau douce correspond totalement ou presque totalement aux conditions non perturbées.</p>	<p>Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.</p>	<p>Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.</p>
Conditions morphologiques	<p>Les variations de profondeur, l'état du substrat ainsi que la structure et l'état des zones intertidales correspondent totalement ou presque totalement aux conditions non perturbées.</p>	<p>Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.</p>	<p>Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.</p>

Éléments de qualité physico-chimique <sup>(1)</sup>	Élement	Très bon état	Bon état	Etat moyen
Conditions générales		<p>Les éléments physico-chimiques correspondent totalement ou presque totalement aux conditions non perturbées.</p> <p>Les concentrations de nutriments restent dans la fourchette normalement associée aux conditions non perturbées.</p> <p>La température, le bilan d'oxygène et la transparence n'indiquent pas de signes de perturbation anthropogénique et restent dans la fourchette normalement associée aux conditions non perturbées.</p>	<p>La température, le bilan d'oxygène et la transparence ne dépassent pas les normes établies pour assurer le fonctionnement de l'écosystème et pour atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.</p> <p>Les concentrations de nutriments ne dépassent pas les niveaux établis pour assurer le fonctionnement de l'écosystème et pour atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.</p>	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.
Polluants synthétiques spécifiques		Concentrations proches de zéro et au moins inférieures aux limites de détection des techniques d'analyse les plus avancées d'usage général.	Concentrations ne dépassant pas les normes fixées conformément à la procédure visée au point 1.2.6 sans préjudice des directives 91/414/CE et 98/8/CE (<eqs).	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.
Polluants non synthétiques spécifiques		Les concentrations restent dans la fourchette normalement associée à des conditions non perturbées (niveaux de fond = bg).	Concentrations ne dépassant pas les normes fixées conformément à la procédure visée au point 1.2.6 <sup>(2)</sup> sans préjudice des directives 91/414/CE et 98/8/CE (<eqs).	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.

<sup>(1)</sup> Les abréviations suivantes sont utilisées: bgl (background level) = niveau de fond; eqs (environmental quality standard) = norme de qualité environnementale.

<sup>(2)</sup> L'application des normes découlant du présent protocole ne requiert pas la réduction des concentrations de polluants en déçà des niveaux de fond.

## 1.2.4. Définitions des états écologiques « très bon », « bon » et « moyen » en ce qui concerne les eaux côtières

## Éléments de qualité biologique

Élément	Très bon état	Bon état	Etat moyen
Phytoplancton	La composition et l'abondance des taxa phytoplantoniques correspondent totalement ou presque totalement aux conditions non perturbées.	La composition et l'abondance des taxa phytoplantoniques montrent de légers signes de perturbation. Légères modifications dans la biomasse par rapport aux conditions caractéristiques. Ces changements n'indiquent pas de croissance accélérée des algues entraînant des perturbations indésirables de l'équilibre des organismes présents dans la masse d'eau ou de la qualité de l'eau. L'efflorescence planctonique est d'une fréquence et d'une intensité qui correspondent aux conditions physico-chimiques caractéristiques.	La composition et l'abondance des taxa planctoniques différentes modérément de celles des communautés caractéristiques. La biomasse des algues dépasse sensiblement la fourchette associée aux conditions caractéristiques et est de nature à se répercuter sur d'autres éléments de qualité biologique. La fréquence et l'intensité de l'efflorescence planctonique peuvent augmenter modérément. Une efflorescence persistante peut se produire durant les mois d'été.
Algues macroscopiques et angiospermes	Tous les taxa d'algues macroscopiques et d'angiospermes sensibles aux perturbations et associés aux conditions non perturbées sont présents. Les niveaux de couverture d'algues macroscopiques et l'abondance d'angiospermes correspondent aux conditions non perturbées.	La plupart des taxa d'algues macroscopiques et d'angiospermes sensibles aux perturbations et associés aux conditions non perturbées sont présents. Le niveau de couverture d'algues macroscopiques et l'abondance d'angiospermes montrent de légers signes de perturbation.	Un nombre modéré de taxa d'algues macroscopiques et d'angiospermes sensibles aux perturbations et associés aux conditions non perturbées sont absents. La couverture d'algues macroscopiques et l'abondance d'angiospermes sont modérément perturbées et peuvent être de nature à entraîner une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans la masse d'eau.
Faune benthique invertébrée	La composition et l'abondance taxinomiques correspondent totalement ou presque totalement aux conditions non perturbées.	Légères modifications dans la composition et l'abondance des taxa d'invertébrés par rapport aux communautés caractéristiques. Le ratio des taxa sensibles aux perturbations par rapport aux taxa insensibles indique une légère déterioration par rapport aux niveaux non perturbés. Le niveau de diversité des taxa d'invertébrés n'indique aucune déterioration par rapport aux niveaux non perturbés.	La composition et l'abondance des taxa d'invertébrés différentes modérément de celles des communautés caractéristiques. D'importants groupes taxinomiques de la communauté invertébrée sont défaut. Le ratio des taxa sensibles aux perturbations par rapport aux taxa d'invertébrés et le niveau de diversité des taxa invertébrés sont sensiblement inférieurs au niveau caractéristique et nettement inférieurs à ceux du bon état.

Éléments de qualité hydromorphologique	Élément	Très bon état	Bon état	État moyen
Régime des marées	Le débit d'eau douce ainsi que la direction et la vitesse des courants dominants correspondent totalement ou presque totalement aux conditions non perturbées.	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.
Conditions morphologiques	Les variations de profondeur, la structure et le substrat du lit côtier ainsi que la structure et l'état des zones intertidales correspondent totalement ou presque totalement aux conditions non perturbées.	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.
<i>Éléments de qualité physico-chimique<sup>(1)</sup></i>				
Éléments	Très bon état	Bon état	État moyen	
Conditions générales	Les éléments physico-chimiques correspondent totalement ou presque totalement aux conditions non perturbées.	La température, le bilan d'oxygène et la transparence ne dépassent pas les niveaux établis pour assurer le fonctionnement de l'écosystème et pour atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.
	Les concentrations de nutriments restent dans la fourchette normalement associée aux conditions non perturbées.	Les concentrations de nutriments ne dépassent pas les niveaux établis pour assurer le fonctionnement de l'écosystème et pour atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.		
	La température, le bilan d'oxygène et la transparence n'indiquent pas de signes de perturbation anthropique et restent dans la fourchette normalement associée aux conditions non perturbées.			
Polluants synthétiques spécifiques	Concentrations proches de zéro et au moins inférieures aux limites de détection des techniques d'analyse les plus avancées d'usage général.	Concentrations ne dépassant pas les normes fixées conformément à la procédure visée au point 1.2.6 sans préjudice des directives 91/414/CE et 98/8/CE (<eqs).	Concentrations ne dépassant pas les normes fixées conformément à la procédure visée au point 1.2.6 sans préjudice des directives 91/414/CE et 98/8/CE (<eqs).	Concentrations ne dépassant pas les normes fixées conformément à la procédure visée au point 1.2.6 sans préjudice des directives 91/414/CE et 98/8/CE (<eqs).
Polluants non synthétiques spécifiques	Les concentrations restent dans la fourchette normalement associée à des conditions non perturbées (niveau de fond = bgl).			

<sup>(1)</sup> Les abréviations suivantes sont utilisées: bgl (background level) = niveau de fond; eqs (environmental quality standard) = norme de qualité environnementale.

<sup>(2)</sup> L'application des normes découlant du présent protocole ne requiert pas la réduction des concentrations de polluants en déçà des niveaux de fond.

## 1.2.5. Définitions des potentiels écologiques maximal, bon et moyen en ce qui concerne les masses d'eau fortement modifiées ou artificielles.

Élément	Potentiel écologique maximal	Bon potentiel écologique	Potentiel écologique moyen
Éléments de qualité biologique	Les valeurs des éléments de qualité biologique pertinents relèvent, autant que possible, celles associées au type de masse d'eau de surface le plus comparable, vu les conditions physiques qui résultent des caractéristiques artificielles ou fortement modifiées de la masse d'eau.	Légères modifications dans les valeurs des éléments de qualité biologique pertinents par rapport aux valeurs trouvées pour un potentiel écologique maximal. Ces valeurs accusent des écarts plus importants que dans le cas d'un bon potentiel écologique.	Modifications modérées dans les valeurs des éléments de qualité biologique pertinents par rapport aux valeurs trouvées pour un potentiel écologique maximal.
Éléments hydromorphologiques	Les conditions hydromorphologiques correspondent aux conditions normales, les seuls effets sur la masse d'eau de surface étant ceux qui résultent des caractéristiques artificielles ou fortement modifiées de la masse d'eau des que toutes les mesures pratiques d'atténuation ont été prises afin d'assurer qu'elles autorisent le meilleur rapprochement possible d'un continuum écologique, en particulier en ce qui concerne la migration de la faune, le frai et les lieux de reproduction.	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.
Éléments physico-chimiques	Conditions générales	Les valeurs des éléments physico-chimiques ne dépassent pas les valeurs établies pour assurer le fonctionnement de l'écosystème et pour atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.	Les valeurs des éléments physico-chimiques ne dépassent pas les valeurs établies pour assurer le fonctionnement de l'écosystème et pour atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.

Élément	Potentiel écologique maximal	Bon potentiel écologique	Potentiel écologique moyen
Polluants synthétiques spécifiques	Concentrations proches de zéro et au moins inférieures aux limites de détection des techniques d'analyse les plus avancées d'usage général.	Concentrations ne dépassant pas les normes fixées conformément à la procédure visée au point 1.2.6 sans préjudice des directives 91/414/CE et 98/8/CE (<eqs).	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.
Polluants non synthétiques caractéristiques	Les concentrations restent dans la fourchette normalement associée, dans des conditions non perturbées, au type de masse d'eau de surface le plus comparable à la masse artificielle ou fortement modifiée concernée (niveaux de fond = bg).	Concentrations ne dépassant pas les normes fixées conformément à la procédure visée au point 1.2.6 <sup>(1)</sup> sans préjudice des directives 91/414/CE et 98/8/CE (<eqs).	Conditions permettant d'atteindre les valeurs indiquées ci-dessus pour les éléments de qualité biologique.

<sup>(1)</sup> L'application des normes découlant du présent protocole ne requiert pas la réduction des concentrations de polluants en deçà des niveaux de fond.

## Annexe 8 : Carte du réseau DCE « idéal »

30 stations de suivi (surveillance et référence) réparties sur le littoral martiniquais. Les réseaux de suivi existants sont inclus.

