

Mise en oeuvre du programme ROCCH Martinique 2011

Volet optionnel - Acquisition et traitement de métadonnées & traitement inter-annuel des résultats



Rapport

Décembre 2012

Référence dossier : 1102-01_ODE_Ifremer_ROCCH_2011

Note : Pour une communication éco-responsable : ce rapport est imprimé en recto verso sur du papier recyclé ou issu de la gestion de forêts durables, avec une imprimante respectueuse de l'environnement. La mise en page est conçue pour limiter le nombre de pages et la consommation d'encre.

www.ademe.fr/eco-conception



Decembre
12

Étude pour le compte de :



Office De l'Eau Martinique

7 Avenue de Condorcet, 97201 Fort-de-France

Tél : 05 96 48 47 20 ; Télécopie : 05 96 63 23 67

Contact : Julie Gresser (julie.gresser@eaumartinique.fr)

Rapport à citer sous la forme :

Impact Mer, 2012. Mise en œuvre du programme ROCCH Martinique 2011, volet optionnel – Acquisition et traitement de métadonnées. Rapport pour : ODE Martinique, 34 pp (annexes incluses).

Rédaction :

Guillaume Tollu, Marie Duflos

Contrôle qualité :

Adeline Pouget-Cuvelier

Coordination générale :

Guillaume Tollu, Christophe Yvon

Terrain :

Jérôme Letellier

Jonathan Priam

Guillaume Tollu

Cartographie :

Guillaume Tollu

Crédits photographiques :

Guillaume Tollu



Remerciements

L'ensemble du personnel de la station Ifremer du Robert, Martinique



90, rue du Professeur Raymond Garcin - Didier

97200 Fort-de-France - Martinique

Tél.Fax : +33(0)596 63 31 35

Impact Mer Sarl au capital de 350 000 Euro

Siret : 534 347 836 00015

<http://www.impact-mer.fr>

Sommaire

INTRODUCTION	1
A. MATERIEL ET METHODES	3
1 Sites d'étude	3
1.1 Rivière Lézarde.....	5
1.2 Baie de Génipa	6
1.3 Pointe Marin	8
1.4 Baie de Saintpée	10
2 Fréquence des échantillonnages	12
3 Protocole d'échantillonnage	12
4 Traitement des échantillons	12
4.1 Epuration des coquillages	12
4.2 Décoquillage	13
4.2.1 Longueur moyenne.....	13
4.2.2 Décoquillage - égouttage.....	13
4.2.3 Remplissage des piluliers	14
4.2.4 Identification des échantillons	14
4.3 Expédition des échantillons.....	14
4.4 Traitement du matériel.....	15
B. RESULTATS ET ELEMENTS DE DISCUSSION	16
1 Acquisition des métadonnées	16
1.1 Description des peuplements végétaux.....	16
1.1.1 Rivière Lézarde.....	16
1.1.2 Baie de Génipa.....	16
1.1.3 Pointe Marin.....	16
1.1.4 Baie de Saintpée	17
1.2 Description des peuplements épibiontes.....	17
1.2.1 Rivière Lézarde.....	17
1.2.2 Baie de Génipa.....	17
1.2.3 Pointe Marin.....	17
1.2.4 Baie de Saintpée	18
1.3 Description des stocks d'huîtres épibiontes	18
1.3.1 Rivière Lézarde.....	18
1.3.2 Baie de Génipa.....	18
1.3.3 Pointe Marin.....	18
1.3.4 Baie de Saintpée	18
1.4 Description des pressions	19
1.4.1 Rivière Lézarde.....	19
1.4.2 Baie de Génipa.....	19
1.4.3 Pointe Marin.....	20
1.4.4 Baie de Saintpée	20
1.5 Tableau de synthèse	21
2 Biométries (2009-2012)	22
3 Synthèse de la contamination (2009-2012)	24
3.1 Métaux.....	24
3.2 HAP.....	27
3.3 PCB	30

3.4 Pesticides organochlorés.....	31
4 Lien pression / contamination	32
C. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS POUR LE SUIVI.....	34
1 Déroulement des campagnes	34
2 Fréquence des échantillonnages	34
3 Traitement des échantillons	34
4 Le cas de la chlordécone	34
5 Suivi ROCCH dans les Antilles françaises	35
BIBLIOGRAPHIE.....	36
ANNEXES	37
Annexe 1 : Modèle de fiche de terrain - recueil de métadonnées	38

Liste des figures

Figure 1 : Localisation des quatre stations ROCCH en Martinique	4
Figure 2 : Localisation de la station ROCCH Rivière Lézarde (fond IGN, Google Earth)	5
Figure 3 : Localisation de la station ROCCH Baie de Génipa (fond IGN, Google Earth)	6
Figure 4 : Localisation de la station ROCCH Pointe Marin (fond IGN, Google Earth)	8
Figure 5 : Localisation de la station ROCCH Baie de Saintpée (fond IGN, Google Earth)	10
Figure 6 : Décoquillage d'une huître <i>Isognomon alatus</i>	13
Figure 7 : Egouttage des huîtres <i>Isognomon alatus</i>	14
Figure 8 : Vue panoramique de la baie de Génipa	19
Figure 9 : Vue panoramique du plan d'eau de Pointe Marin	20
Figure 10 : Vue panoramique du plan d'eau de la baie de Saintpée	20
Figure 11 : Evolution de la taille des huîtres échantillonnées (mm) entre 2009 et 2012	22
Figure 12 : Illustration de la plasticité phénotypique des coquilles de l'huître <i>Isognomon alatus</i>	23
Figure 13 : Concentrations en métaux (Ag, Cd, Cr, Cu) (mg kg^{-1}) aux stations ROCCH, entre 2009 et 2012 (saisons sèches et humides)	25
Figure 14 : Concentrations en métaux (Hg, Ni, Pb, Zn) (mg kg^{-1}) aux stations ROCCH, entre 2009 et 2012 (saisons sèches et humides)	26
Figure 15 : Concentrations en hydrocarbures polyaromatiques ($\mu\text{g kg}^{-1}$) aux stations ROCCH, entre 2009 et 2012 (saisons sèches et humides)	28
Figure 16 : Concentrations en hydrocarbures polyaromatiques ($\mu\text{g kg}^{-1}$) aux stations ROCCH, entre 2009 et 2012 (saisons sèches et humides)	29
Figure 17 : Concentrations en polychlorobiphényles ($\mu\text{g kg}^{-1}$) aux stations ROCCH, entre 2009 et 2012 (saisons sèches et humides)	30
Figure 18 : Concentrations en composés organo-chlorés ($\mu\text{g kg}^{-1}$) aux stations ROCCH, entre 2009 et 2012 (saisons sèches et humides)	32

Liste des tableaux

Tableau 1 : Sites ROCCH en Martinique	3
Tableau 2 : Planning des prélèvements ROCCH depuis 2009	12
Tableau 3 : Synthèse des principales caractéristiques de chaque site d'échantillonnage ROCCH	21
Tableau 4 : Statistiques de biométrie du ROCCH pour les années 2009 à 2012	22
Tableau 5 : Liste des hydrocarbures polyaromatiques (HAP) analysés entre 2009 et 2012	27
Tableau 6 : Synthèse des principales caractéristiques de chaque site d'échantillonnage ROCCH	33

Introduction

Les niveaux de présence de certains contaminants chimiques dans les organismes marins ont été suivis en Martinique depuis 2002 dans le cadre du RNO (Réseau National d'Observation). Ce réseau est devenu à partir de 2008 le ROCCH (Réseau d'Observation de la Contamination CHimique).

Le présent document constitue le rendu attendu dans le cadre de l'étude « Mise en oeuvre du programme ROCCH Martinique 2011 » lancée par l'ODE Martinique en partenariat avec l'Ifremer. Il comporte une brève analyse des données collectées depuis 2009, ainsi que le volet optionnel « acquisition de métadonnées ». L'objectif de ce volet optionnel est d'obtenir des informations fondamentales sur les milieux, l'évolution des peuplements épibiontes des racines de palétuviers ainsi que l'instabilité constatée du gisement en huîtres.

Les objectifs spécifiques de ce volet (commun aux deux campagnes de terrain annuelles) sont de préciser les points suivants :

- ❖ description des sites (situation, confinement, sédiments & turbidité, exposition...),
- ❖ hauteur de canopée de la frange de palétuviers (& espèces),
- ❖ état de santé des palétuviers (densité foliaire, dynamique de colonisation...),
- ❖ dynamisme des peuplements associés (sessiles et vagiles, présence d'algues...),
- ❖ environnement anthropique de la zone (pontons, urbanisation, pressions visibles...).

A ce type d'indicateurs généraux s'ajoutent des indicateurs destinés à préciser l'état du stock des huîtres plates. Une étude menée par la DEAL et l'ODE (Impact Mer, 2012) décrit les peuplements d'épibiontes et en particulier d'éponges dans diverses zones de mangroves dont certains sites ROCCH. Cependant cette étude ne s'intéresse qu'à la structure "linéaire" des racines et ne fait pas état de la quantité "volumétrique" d'huîtres qui s'organisent sur certains sites en grappes tandis qu'elles sont éparses dans d'autres endroits. Nous essayons ici d'appréhender cette notion, dans l'optique d'une démarche de gestion de stocks. Cette approche devrait ainsi permettre de mettre en évidence les gisements d'huîtres dans les sites visités et de mieux les gérer dans les années à venir, à la fois pour préserver le suivi et pour la conservation des stocks.

A. Matériel et Méthodes

1 Sites d'étude

Ce suivi est réalisé sur 4 sites en Martinique (Tableau 1 et Figure 1):

- ❖ au voisinage de l'embouchure de la **rivière Lézarde** à Cohé en baie de Fort-de-France ;
- ❖ au voisinage de l'embouchure de la rivière Salée à **Génipa** en baie de Fort-de-France ;
- ❖ à la sortie de la baie du Marin à **Pointe Marin** ;
- ❖ dans la **baie de Saintpée**, en sortie sud de la baie du Robert.

Tableau 1 : Sites ROCCH en Martinique

Nom de la station	Mnémonique Ifremer	Code ME DCE	Nom Masse d'Eau DCE	X (WGS84 UTM 20N)	Y (WGS84 UTM 20N)
Rivière Lézarde	125-P-001	FRJT003	Mangrove de la Rivière Lézarde	-61,02095145	14,60080776
Baie de Génipa	125-P-002	FRJT004	Mangrove de la Baie de Génipa	-60,9934514	14,55047592
Pointe Marin	125-P-003	FRJC010	Baie du Marin	-60,879797	14,447825
Baie de Saintpée	125-P-004	FRJC008	Littoral du François au Vauclin	-60,88611937	14,65780686

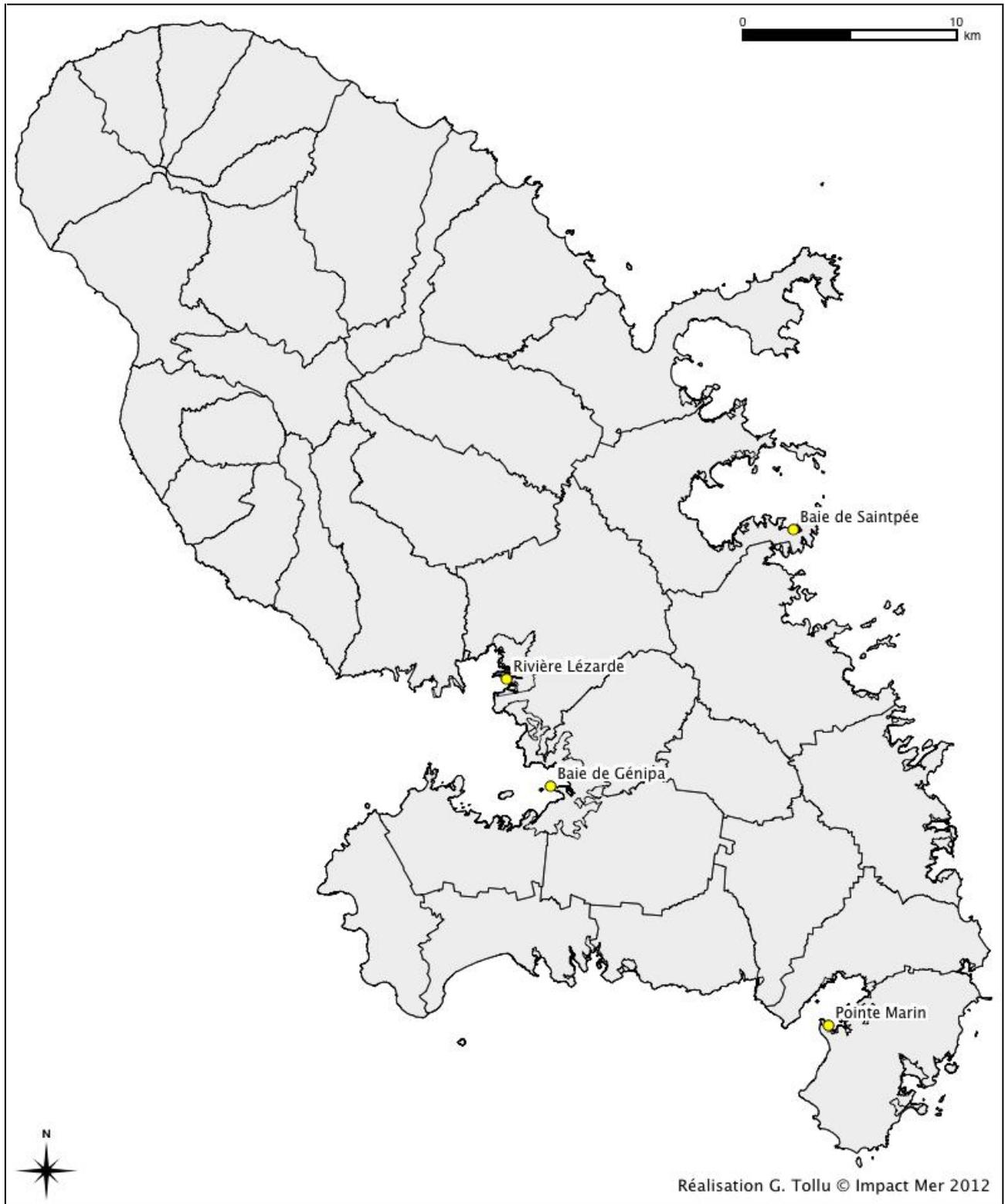


Figure 1 : Localisation des quatre stations ROCCH en Martinique

1.1 Rivière Lézarde

Cette station se situe dans la partie nord du fond de la baie de Fort de France, à l'embouchure de la rivière Lézarde, qui draine le plus vaste bassin versant de la Martinique. Les prélèvements sont réalisés sur deux îlets de mangrove, dans l'embouchure du canal Gaigneron.



Figure 2 : Localisation de la station ROCCH Rivière Lézarde (fond IGN, Google Earth)



1.2 Baie de Génipa

La station Baie de Génipa se trouve également dans le fond de la baie de Fort-de-France. Les prélèvements sont réalisés le long du cordon de palétuviers situé au nord de la rivière Salée, non loin de l'exutoire.

Cette zone, lourdement frappée par le cyclone Dean en particulier, est un mélange de palétuviers rouges âgés assez hauts, parfois déracinés et souvent très défoliés, autour desquels s'intercalent de plus jeunes arbres marquant la reprise de cette zone assez dynamique et très propice à la mangrove, du fait du flux de nutriments descendant avec les eaux de la rivière Salée.



Figure 3 : Localisation de la station ROCCH Baie de Génipa (fond IGN, Google Earth)



1.3 Pointe Marin

La station Pointe Marin se situe sur le littoral sud-caraïbes, à la sortie de la baie du Marin, côté sud, vers Sainte-Anne. Le site de prélèvement se trouve environ au milieu du cordon de mangrove de la pointe, du côté intérieur de la baie.

L'ancien suivi RNO matières vivantes était mené sur l'autre pointe de la sortie de la baie du Marin, entre "Petite Poterie" et "la Duprey", mais l'instabilité du gisement était telle que ce site a dû être abandonné au profit de l'actuel.

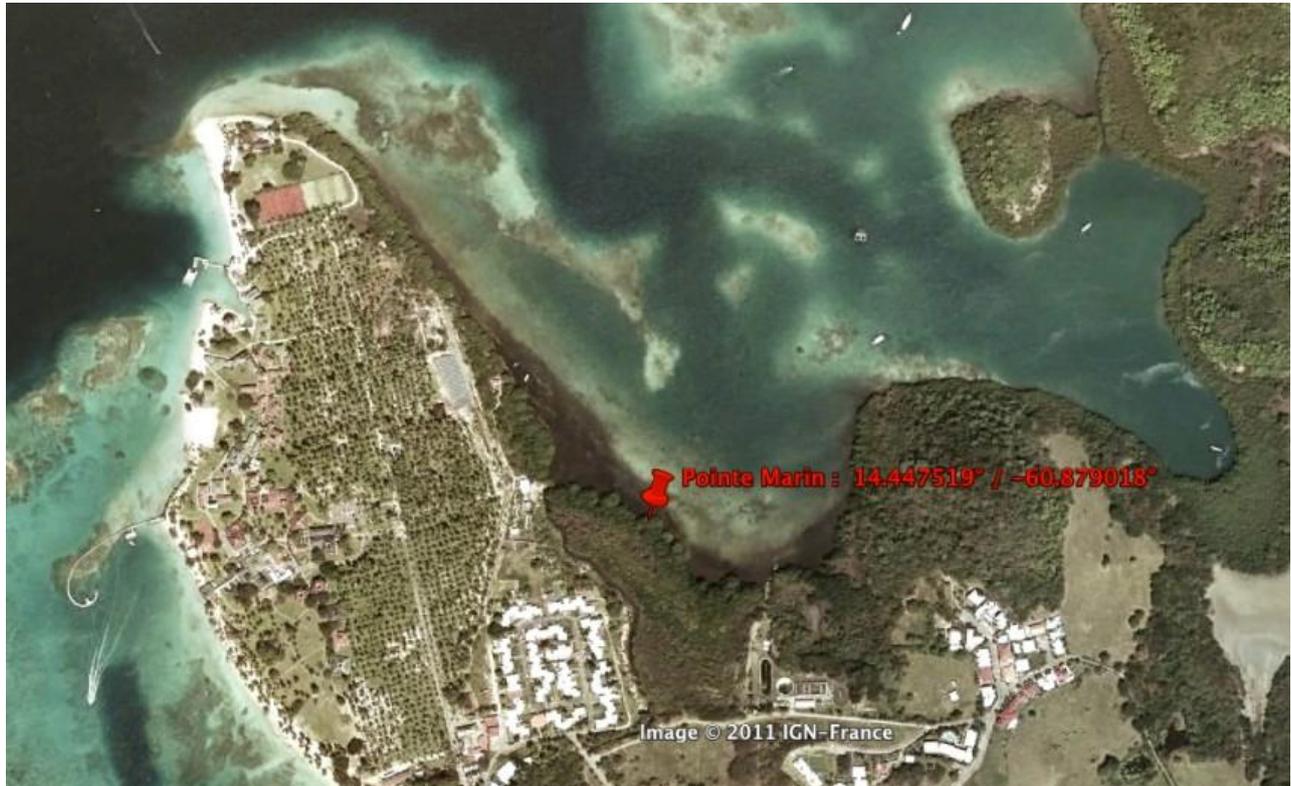


Figure 4 : Localisation de la station ROCCH Pointe Marin (fond IGN, Google Earth)



1.4 Baie de Saintpée

Le site Baie de Saintpée est situé sur le littoral sud-atlantique, dans la partie nord de la Pointe Larose (pointe sud de la Baie du Robert). La baie entière constitue le site de prélèvement, mais depuis la remise en œuvre du ROCCH, seul le côté ouest de la baie a été prélevé.

A noter qu'avant la reprise du ROCCH, les prélèvements du RNO matière vivante étaient réalisés à l'Anse Coco, à l'extrémité de la Pointe Larose. Cependant ce site a été changé car de grandes difficultés à constituer des échantillons suffisants avaient été signalés par le personnel d'Ifremer anciennement en charge de la réalisation des prélèvements.

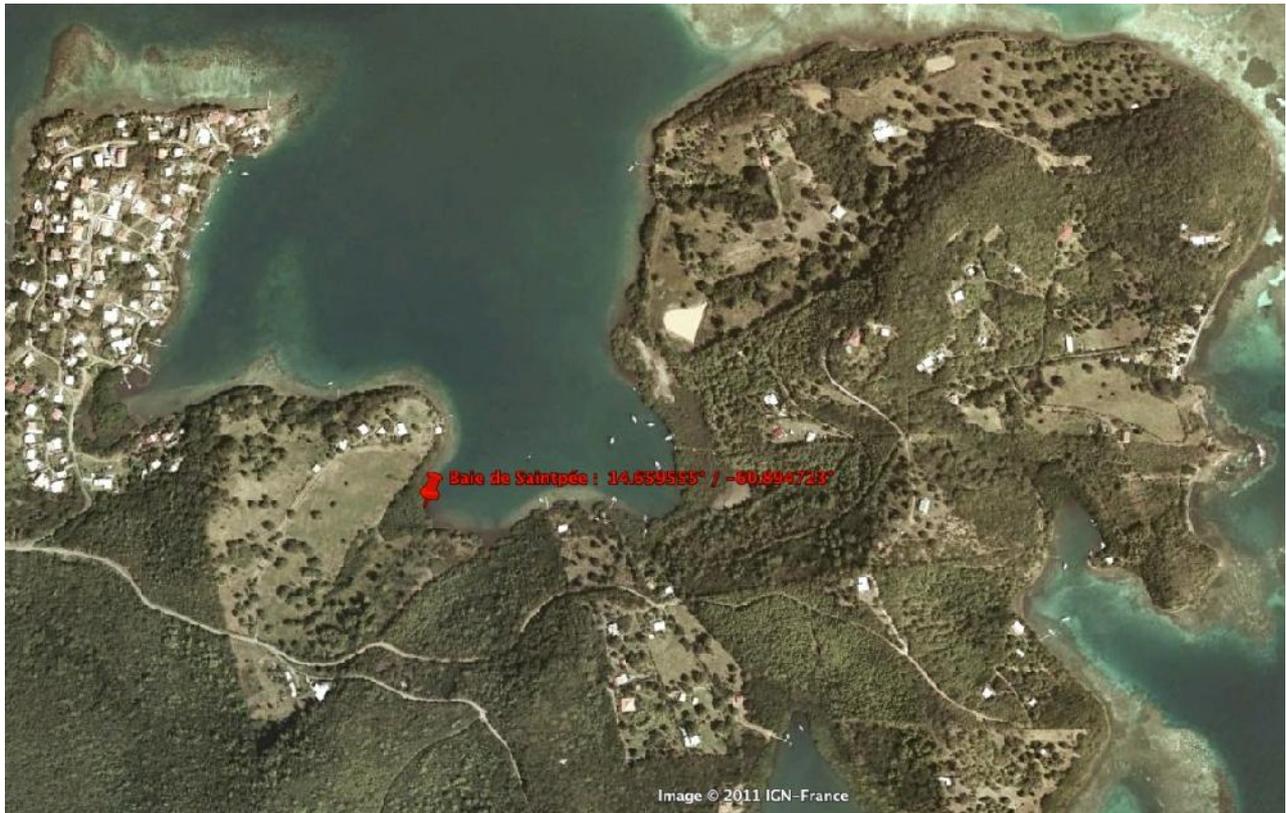


Figure 5 : Localisation de la station ROCCH Baie de Saintpée (fond IGN, Google Earth)



2 Fréquence des échantillonnages

Depuis 2009, deux campagnes de prélèvements d'huîtres de palétuviers ont été réalisées chaque année sur chacun des sites : une campagne en saison sèche et une en saison humide (Tableau 2).

Tableau 2 : Planning des prélèvements ROCCH depuis 2009

Année	Saison	Dates
2009	Saison sèche	09/03/2009 - 12/03/2009
	Saison humide	23/11/2009 - 26/11/2009
2010	Saison sèche	22/02/2010 - 25/02/2010
	Saison humide	29/11/2010 - 02/12/2010
2011	Saison sèche	21/02/2011 - 24/02/2011
	Saison humide	14/11/2011 - 17/11/2011
2012	Saison sèche	06/02/2012 - 09/02/2012
	Saison humide	19/11/2012 - 22/11/2012

3 Protocole d'échantillonnage

Le choix de l'espèce "sentinelle" et de la localisation des sites ont été faits à la suite d'études préalables à la mise en place du RNO aux Antilles, réalisées par Impact-Mer en 2000 (Impact Mer 2000a, Impact Mer 2000b et Impact Mer 2000c).

Le protocole d'échantillonnage est conforme aux préconisations de l'Ifremer (cahier des charges ROCCH) :

- A chaque campagne, les coquillages ont été récoltés autant que possible au même endroit, au même niveau bathymétrique. Ce niveau bathymétrique, ne doit pas varier au cours du temps.
- Pour chaque point, les individus prélevés constituent autant que possible un lot homogène en taille (âge) et reproductible d'un prélèvement à l'autre, en évitant les animaux trop petits (jeunes) ou trop vieux.
- Pour chaque échantillon, le nombre d'individus est suffisant pour remplir de chair égouttée deux piluliers de 90 ml aux 3/4 de leur volume (cf. § 6). 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 d'individus entrant effectivement dans l'échantillon ne peut être inférieur à 50.
- Les bivalves sont détachés de leur support **un à un**, en prenant soin de ne pas arracher le byssus car ceci compromettrait leur survie lors du transport et de l'épuration. Les coquillages sont rincés extérieurement à l'eau de mer sur les lieux du prélèvement. Au cours de la collecte, les animaux sont conservés dans des filets fournis par l'Ifremer.
- Le transport des bivalves vivants se fait en caisse isotherme en prenant soin de ne pas les mettre en contact avec les accumulateurs de froid. Autant que possible, les chocs thermiques sont évités entre le prélèvement et la fin de l'épuration.

4 Traitement des échantillons

Le protocole d'échantillonnage est conforme aux préconisations de l'Ifremer (cahier des charges ROCCH). Toutes les manipulations sont réalisées dans les locaux de la station Ifremer du Robert. Le matériel technique propre à la réalisation d'analyses chimiques et de non contamination des échantillons est fourni par l'Ifremer.:

4.1 Epuration des coquillages

Les coquillages vivants sont épurés le plus rapidement possible après le prélèvement. Pour cela ils sont placés pendant environ 24 heures dans de l'eau de mer provenant de la région de prélèvement et préalablement décantée. Des bacs en plastique blanc initialement traités à l'acide ont été fournis par l'Ifremer en 2009. Ces bacs contiennent un portoir perforé permettant d'isoler les coquillages du fond. Les bivalves sont placés autant que possible en une seule couche dans le portoir. La couche d'eau recouvrant les coquillages est d'au moins 10 cm. L'eau des bacs est aérée au remplissage de façon à ce que les coquillages disposent de suffisamment

d'oxygène pour 24 heures. L'entretien des bacs et portoirs est décrit dans le paragraphe 4.4 Traitement du matériel.

4.2 Décoquillage

4.2.1 Longueur moyenne

La longueur de tous les individus entrant **réellement** dans l'échantillon est mesurée. La moyenne et l'écart-type correspondant sont calculés pour chaque échantillon. La moyenne et son écart-type figurent sur les étiquettes des piluliers correspondants. L'écart-type est calculé à l'aide de la méthode "sans biais" ou "n-1".

4.2.2 Décoquillage - égouttage

Pour ces opérations, les opérateurs sont munis de gants en polyéthylène ou nitrile jetables. Le décoquillage se fait avec un scalpel en acier inoxydable propre, en évitant d'endommager le mollusque avec la lame. Le byssus est éliminé.



Figure 6 : Décoquillage d'une huître *Isognomon alatus*

La chair est mise à égoutter sur un entonnoir de Buchner en porcelaine pendant 30 minutes (Figure 7).

L'égouttage des coquillages est réalisé sous la hotte du laboratoire de la station Ifremer du Robert¹ et une feuille d'aluminium calcinée est placée sur le.

¹ Le CCTP préconise l'utilisation d'une hotte à flux laminaire. Cependant, la hotte mise à disposition à la station du Robert est une Sorbonne.



Figure 7 : Egouttage des huîtres *Isognomon alatus*

Après chaque usage, les entonnoirs et couteaux utilisés sont rincés à l'eau du robinet puis à l'eau déminéralisée¹. Ils sont ensuite conservés par l'Ifremer jusqu'à leur utilisation suivante.

4.2.3 Remplissage des piluliers

Les piluliers nécessaires au conditionnement des échantillons (pilulier en verre, couvercle plastique et feuille d'aluminium calcinée) sont fournis par l'Ifremer. Ils sont pesés vides (tare), **pourvus de leur étiquette et sans couvercle**, avec une précision au gramme. Les étiquettes de piluliers autocollantes sont fournies par la coordination du ROCCH. La **tare** est exprimée en grammes avec une décimale. Le code **espèce** ISOGALA, correspond à *Isognomon alatus*. La **date** est celle du prélèvement. La **taille moyenne** des individus composant l'échantillon et l'**écart-type** sont exprimés en millimètres, sans décimale.

Pour résister aux congélations/décongélations qu'elles vont subir, les étiquettes sont 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, la chair d'au moins 50 individus est répartie dans deux piluliers tarés. Les piluliers sont ensuite fermés en intercalant une nouvelle feuille d'aluminium calcinée entre verre et capsule plastique. Les échantillons devant être congelés, 1/4 du volume de chaque pilulier est laissé vide de manière à permettre la congélation sans risque de débordement.

4.2.4 Identification des échantillons

Pour éviter toute erreur d'enregistrement, les numéros d'échantillons sont attribués préalablement au prélèvement par la coordination ROCCH. Ils seront pré-renseignés sur les étiquettes fournies.

La numérotation inclut la référence au numéro du trimestre : numéros 101 à 199 pour le premier trimestre ; numéros 401 à 499 pour le quatrième trimestre. Il inclus également une lettre (A ou B) pour identifier chacun des piluliers d'un échantillon. Les piluliers "A" seront utilisés pour l'analyse des métaux, les piluliers "B" pour celle des composés organiques.

4.3 Expédition des échantillons

Les échantillons sont expédiés vers Nantes dans une caisse isotherme fournie par l'Ifremer. L'expédition est réalisée par Chronopost, avec ajout de carboglace en paillettes dans la glacière. Chaque semestre, les glacières sont réexpédiées en Martinique par l'Ifremer, regarnies de piluliers propres et avec le matériel et les étiquettes du semestre suivant.

¹ La disponibilité d'eau déminéralisée à la station Ifremer du Robert peut poser problème. De plus le cahier des charges prévoyait initialement l'utilisation d'eau milli-RO

4.4 Traitement du matériel

Le matériel nécessaire (piluliers, aluminium calciné, bacs d'épuration, etc) est fourni par l'Ifremer. Les bacs d'épuration et jerricans ont été préalablement traités à Nantes en 2009. Ce matériel n'est utilisé que pour l'épuration des coquillages. Avant chaque utilisation les jerricans sont rincés deux 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 sont égouttés rapidement et stockés fermés, portoir à l'intérieur.

B. Résultats et éléments de discussion

1 Acquisition des métadonnées

1.1 Description des peuplements végétaux

Les peuplements végétaux sont décrits au niveau du point de prélèvement des huîtres pour le ROCCH. Ces prélèvements sont toujours réalisés sur les racines échasses des palétuviers rouges *Rhizophora mangle*, qui en Caraïbe sont les seuls palétuviers présentant une colonisation par des espèces épibiontes. C'est donc exclusivement sur ces arbres que sont retrouvées les huîtres plates de palétuviers *Isognomon alatus*, espèce sentinelle cible de notre réseau de suivi.

La zone de palétuviers, majoritairement des palétuviers rouges arborescents retrouvés en bordure de mangrove, les pieds dans l'eau, est appelée frange littorale. L'état de santé de cette frange littorale est à prendre en compte lorsqu'on s'intéresse aux peuplements épibiontes, puisqu'elle en constitue le support.

Pour décrire cette frange végétale et en caractériser l'état de santé, il est possible de relever, sur le terrain, différents indicateurs simples permettant de caractériser le couvert forestier (modèle de fiche de terrain en Annexe 1) :

- hauteur moyenne de la canopée dans la zone ;
- densité foliaire ;
- densité des racines ;
- profondeur d'enracinement ;
- dynamique de colonisation de la frange pionnière.

Ces observations ont été réalisées sur chaque site, aux deux campagnes ROCCH de 2011, ce qui aurait pu permettre de mettre en évidence une évolution entre le carême et l'hivernage. Si le volet « Acquisition de métadonnées » de l'étude est maintenu, cette évolution pourra être suivie à plus long terme.

1.1.1 Rivière Lézarde

Le point de prélèvements est constitué de deux îlets de mangrove situés à la sortie du canal Gaigneron (bras sud de la Lézarde). L'îlet le plus en amont du courant est le plus grand. Il est constitué de palétuviers assez hauts et feuillus tandis que l'îlet aval est plus clairsemé et constitué d'arbres moins hauts. La densité et la profondeur d'enracinement de ces deux îlets situés dans une zone d'exutoire, en plein courant, sont élevées. La profondeur juste au droit des îlets est de plusieurs mètres et ces îlets se maintiennent sur place au prix d'un enracinement dense et résistant. En revanche, aucun phénomène de colonisation ni d'engraissement n'est noté. La courantologie du site ne le permet pas. Cependant l'existence même de ces îlets est la preuve que les conditions de courant de la zone peuvent se modifier.

1.1.2 Baie de Génipa

Le site de la baie de Génipa est situé sur la frange nord de l'extension de mangrove qui entoure le tracé de l'exutoire de la rivière Salée. La zone de prélèvements est presque à l'extrémité de ce bras de mangrove. Cette zone est fortement impactée par le cyclone Dean, et de nombreux hauts palétuviers sont très défoliés voire couchés par le cyclone. Par ailleurs, de nouveaux jeunes palétuviers ont repris leur place et s'intercalent dans les trouées laissées par les arbres morts. La zone est ainsi contrastée avec une canopée très irrégulière formée de quelques palétuviers arborescents très hauts mais très défoliés, entre lesquels repart une végétation pionnière en devenir. Ainsi des signes de reprise de la végétation dans les espaces laissés vacants sont très visibles. On peut donc dire que la frange littorale est dynamique et pionnière, même si cette évolution peut être le fait de la reprise post-Dean de la mangrove.

1.1.3 Pointe Marin

La frange de palétuviers du site de pointe Marin est assez limitée en largeur. L'emprise de la mangrove est plus grande vers le fond de la pointe et s'amenuise jusqu'à disparaître totalement avant d'arriver à l'extrémité de la pointe. La frange de palétuviers est constituée de palétuviers rouges *Rhizophora mangle* généralement assez hauts (plus de 5 mètres), mais assez défoliés. Certains arbres sont couchés, conséquence du cyclone Dean. En effet la pointe possède un peu le même type d'orientation que celui de Génipa, et tous deux ont pâti des vents extrêmement violents de ce cyclone intervenu le 17 août 2007. La zone ne semble pas être en engraissement ou en régression. De nombreuses zones ont été abîmées avec Dean mais elles se régénèrent.

La structure générale du trait de côte de mangrove n'est pas linéaire mais en avancées et en creux, car des massifs de palétuviers s'avancent au-delà du reste du couvert forestier sur toute la longueur de la zone.

1.1.4 Baie de Saintpée

La baie de Saintpée est une anse assez refermée, presque entièrement bordée d'une frange souvent étroite de palétuviers rouges. Ce peuplement de *Rhizophora mangle* reste très limité car il est directement adossé au relief côté terre, et car la profondeur augmente rapidement côté mer, ce qui constitue une gêne pour l'engraissement côtier. Le couvert forestier est globalement constitué de palétuviers rouges, d'une hauteur modérée, de l'ordre de 4 mètres environ. La densité foliaire est bonne et les réseaux de racines sont généralement denses. La zone ne présente pas de témoignages de régression ou d'engraissement évident. La zone de fonds devant la mangrove est peu profonde sur quelques mètres et semble propice à la colonisation des palétuviers dans l'avenir.

1.2 Description des peuplements épibiontes

Les organismes vivants sessiles, qui ont une vie fixée à un support, sont dits épibiontes lorsqu'ils utilisent comme supports d'autres organismes vivants. Les racines de palétuviers rouges *Rhizophora mangle* sont des supports privilégiés pour beaucoup d'espèces animales et végétales. Ces organismes s'inscrivent dans des réseaux trophiques complexes à travers la prédation d'espèces vagiles associées.

La présence d'organismes vagiles associés fait aussi l'objet d'une observation succincte et est décrite en italique pour chaque site.

1.2.1 Rivière Lézarde

Le peuplement épibionte des deux îlets échantillonnés à la station Rivière Lézarde est assez peu diversifié. Il est principalement composé par les huîtres plates de palétuviers *Isognomon alatus*, l'espèce cible de cette étude. On trouve aussi l'autre bivalve *Crassostrea rhizophorae*, l'huître creuse des palétuviers. Par ailleurs, peu de macroalgues sont observées, ni de vers filtreurs (sabelles) ou de spongiaires.

La diversité spécifique de la zone est donc assez réduite. Le peuplement est important mais peu diversifié.

Du fait de la faible visibilité, la présence d'espèces vagiles est peu constatable. Cependant des visites antérieures sur ce site ont permis d'observer quelques espèces de poissons et des crevettes.

1.2.2 Baie de Génipa

Au niveau de la rivière Salée, les racines de palétuviers rouges ne présentent qu'une faible colonisation par les organismes épibiontes.

La zone était d'ailleurs pressentie comme site d'échantillonnage pour l'étude de développement d'indicateurs DCE avec les peuplements épibiontes des palétuviers, mais un autre site a finalement été choisi du fait de la turbidité et la faible richesse spécifique apparente de la zone.

Cependant, quelques espèces sont présentes sur les racines de palétuviers. On peut ainsi trouver des huîtres plates des palétuviers *Isognomon alatus*, l'espèce cible de notre étude ainsi que quelques espèces d'éponges.

La turbidité élevée du site reste un facteur rendant les observations très délicates. Une partie de la biodiversité du site peut ainsi être occultée.

Du fait de la faible visibilité, la présence d'espèces vagiles est peu constatable. Des visites antérieures sur le même site ne permettent pas mieux de juger de la richesse de ces organismes car cette zone est généralement turbide. Les pratiques de pêches sur la zone permettent cependant d'extrapoler la présence de divers poissons benthiques des zones de mangroves (mulets).

1.2.3 Pointe Marin

Les peuplements épibiontes de la Pointe Marin ont fait l'objet d'un suivi dans le cadre de l'étude menée par la DEAL et l'ODE (Impact Mer, 2012).

Ce site se révèle pauvre en terme de diversité. Le peuplement est largement dominé par les bivalves, avec en particulier l'huître plate des palétuviers *Isognomon alatus*. Par ailleurs, on peut trouver quelques espèces d'éponges, des bryozoaires arborescents et encroûtants, quelques anémones, des cirripèdes. Peu d'organismes végétaux sont observés sur ce site : pas de macroalgues, seulement des cyanophycées et du turf.

Peu d'organismes vagiles ont été observés sur la zone au cours de nos visites (quelques sardes, ainsi que des crabes et des crevettes).

1.2.4 Baie de Saintpée

La baie de Saintpée fait elle aussi l'objet d'un suivi dans le cadre de l'étude menée par la DEAL et l'ODE ("Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des masses d'eau de transition de l'île de la Martinique à partir des épibiontes des racines de palétuviers"). Ce n'est cependant pas le même site qui est étudié : les prélèvements du ROCCH sont réalisés jusqu'à présent sur la façade occidentale de la baie, tandis que les suivis des épibiontes dans le cadre de la DCE se font sur la façade orientale. Les deux zones ne sont de plus pas directement assimilables car leur morphologie, leur situation et donc leurs peuplements ne sont pas identiques.

Les peuplements épibiontes de la zone de prélèvements du ROCCH sont diversifiés. Ils sont composés des divers groupes rencontrés habituellement sur les racines de palétuviers : cyanophycées, turf et macroalgues pour les peuplements végétaux, mollusques dont les bivalves, annélides, anémones, ascidies, bryozoaires, crustacés cirripèdes et spongiaires pour le règne animal.

Par ailleurs la zone est riche et diversifiée en espèces vagiles. Sur les racines sont observés divers arthropodes (crabes araignées, crevettes, crabes jaunes, cirriques) tandis qu'une ichtyofaune diversifiée se cache ou chasse entre les racines de palétuviers (bancs de juvéniles, sardes, poissons de récifs, tétrodons, barracudas...).

1.3 Description des stocks d'huîtres épibiontes

L'huître plate des palétuviers (*Isognomon alatus*) est l'espèce cible, dite sentinelle, dans le cadre de la présente étude. L'huître creuse des palétuviers *Crassostrea rhizophorae* a été suivie en parallèle dans le cadre du RNO en Martinique, mais son suivi a été abandonné depuis 2005.

L'huître plate (*Isognomon alatus*) fait donc en particulier l'objet du suivi, dans le but de mieux appréhender l'importance du stock de l'espèce, et l'évolution de ce stock. Aucun protocole scientifique précis n'est ici proposé, du fait d'un protocole déjà lourd à mettre en œuvre. Les considérations développées sont donc le résultat d'observations empiriques néanmoins étayées par l'expérience des observateurs sur l'ensemble des mangroves de l'île et d'autres sites caribéens.

1.3.1 Rivière Lézarde

Le stock d'huîtres du site de la rivière Lézarde est suffisamment conséquent et semble bien se reconstituer d'année en année. Les huîtres sont prélevées sur les deux îlets précédemment présentés ce qui favorise encore une bonne gestion du stock.

Sur ce site, les huîtres se présentent en individus isolés, généralement directement fixés sur les racines, parfois sur d'autres individus, mais rarement en grappes. Les coquilles sont épaisses et souvent elles-mêmes recouvertes d'autres organismes épibiontes comme des balanes et des huîtres creuses qu'il est donc nécessaire de détacher.

1.3.2 Baie de Génipa

Ce site est marqué par une très faible visibilité. Les huîtres prélevées à Génipa sont épaisses et massives. Elles sont agrégées de manière éparse sur les racines. De manière générale, peu de petites huîtres sont observées.

Ainsi il est délicat de statuer sur l'état du gisement d'huîtres plates des palétuviers sur ce site pour diverses raisons : visibilité réduite, distribution en patches et proportion constatée faible de petites huîtres.

1.3.3 Pointe Marin

Sur ce site, les huîtres se présentent en structures de grappes, formées par des huîtres fixées sur les racines, puis les unes sur les autres.

Les huîtres sur ce site sécrètent des coquilles plutôt fines, signe d'une croissance rapide. Les grappes sont denses et présentes de racines en racines. C'est le site de prélèvements présentant la plus forte densité d'huîtres plates, même si, comme indiqué précédemment, ce peuplement est presque monospécifique.

1.3.4 Baie de Saintpée

Le stock d'huîtres de la baie de Saintpée est sûrement celui qui pose le plus de soucis de pérennité. Les huîtres sont en effet nombreuses, quoique ne formant que peu de grappes, mais elles sont petites et leur recrutement semble peu actif, avec de plus des taux de croissance (non mesurés) paraissant faibles.

De ce fait, et depuis la reprise du suivi ROCCH, les prélèvements sur ce site sont toujours ceux qui présentent les individus les plus petits, et il faut plus de 100 individus pour constituer un échantillon de matière vivante à analyser.

L'élargissement de la zone de prélèvement à l'ensemble de la baie (possible d'après le CCTP) est possible, mais le côté oriental de la baie, étudié dans le cadre de l'étude sur la recherche d'indicateurs DCE avec les épibiontes nous a permis de faire un constat similaire pour l'autre côté de la baie : les huîtres plates sont présentes et assez bien représentées au milieu d'une forte biodiversité, mais elles sont de taille modeste et on ne connaît rien de la vitesse de renouvellement du gisement en cas de prélèvements. On peut cependant imaginer que cela poserait de nouveau des soucis, comme de l'autre côté.

1.4 Description des pressions

Cette partie décrit succinctement les pressions aux alentours des sites ROCCH, sur le bassin versant et/ou sur le plan d'eau. L'importance présumée des pressions sur l'ensemble de la zone est de plus évoquée.

Ce travail ne constitue cependant pas un inventaire des pressions, qui nécessiterait une étude bien plus ambitieuse, prenant en considération l'ensemble du bassin versant de chaque site côté terre, l'ensemble des usages du plan d'eau considéré, ainsi que les pressions des bassins versants et des plans d'eaux voisins, jugés connectés *via* les courants locaux.

1.4.1 Rivière Lézarde

D'une manière générale, le premier constat est que la rivière Lézarde draine le plus vaste bassin versant de la Martinique, avec une superficie de 116 km² (Observatoire de l'eau de la Martinique & SIG 972 2010).

.Les pressions terrestres côtières visibles depuis le site sont nombreuses. Elles ne sont pas directement situées sur le littoral car la mangrove est très étendue, et large de plusieurs kilomètres. Cependant il n'y a pas de relief, et l'urbanisation est visible sur les premiers contreforts du bout de la plaine de Lamentin, vers Fort de France et le Lamentin. En outre diverses industries sont visibles, telles que les zones portuaires, la raffinerie SARA, la décharge de Fort de France et l'incinérateur, l'aéroport...

Côté mer, la zone est peu fréquentée car peu profonde et très envasée. Le port de plaisance "informel" situé dans la mangrove juste au nord de l'aéroport, appelé Port Cohé, s'ouvre juste au sud de la baie où est réalisé le prélèvement ROCCH. Quelques bateaux mouillent occasionnellement à l'ouest de son entrée, mais cette pratique reste occasionnelle et limitée en temps.

A noter que les deux îlets sur lesquels sont prélevées les huîtres servent de dormoirs aux échassiers de la mangrove et sont donc recouverts de guano. Cela peut donc avoir des conséquences sur les organismes présents dans le milieu.

1.4.2 Baie de Génipa

La baie de Génipa et en particulier la zone du bras végétal formé de part et d'autre de l'exutoire de la rivière salée, subit des pressions diffuses mais peu de pressions marquées, visibles sur le terrain (Figure 8). Le site est effectivement situé dans une zone peu accessible, uniquement par la mer et où peu d'usages sont répertoriés.

Il existe cependant divers usagers susceptibles de passer dans la zone, mais n'y séjournant jamais et n'y installant jamais aucun élément pérenne. Les deux sites principaux d'origine de ces usages sont le canal Cocotte et son petit port, et les différents accès à l'eau de Trois-Ilets. Les usagers sont en premier lieu les pêcheurs, et aussi des plaisanciers et des opérateurs touristiques et leur clientèle (kayak ou bateau, dans le cadre d'une activité de visite touristique de la mangrove).

Il est à noter que depuis l'année dernière, la pêche est interdite dans cette zone par arrêté préfectoral, du fait des taux de chlordécone constatés dans les poissons et crustacés.



Figure 8 : Vue panoramique de la baie de Génipa

1.4.3 Pointe Marin

La zone échantillonnée sur la pointe Marin subit peu de pressions visibles sur le plan d'eau et ne dépend que d'un faible bassin versant. Cependant toute la masse d'eau de la baie du Marin passe devant le site, par le jeu des courants, donc les huîtres situées là sont potentiellement intégratrices de l'ensemble des pressions de la baie du Marin et de ses bassins versants (Figure 9).

De manière directe et selon nos observations, côté terre la frange littorale de palétuviers doit faire face à quelques aménagements ponctuels légers. En particulier, deux structures de pontons en cubes flottants partent de deux propriétés, dont l'aquarium de Sainte-Anne. Le plan d'eau alentour est peu fréquenté, car très peu profond sur une bonne distance, mais quelques bateaux mouillent cependant un peu plus au large.



Figure 9 : Vue panoramique du plan d'eau de Pointe Marin

1.4.4 Baie de Saintpée

La baie de Saintpée est une zone un peu à l'écart et reculée en ce qui concerne les pressions anthropiques urbaines.

Le bassin versant de la baie est très limité et ne présente que quelques habitations diffuses et aucune autre activité qu'un petit appontement commun à quelques pêcheurs.

En revanche la baie sert de zone de mouillage à plusieurs dizaines de bateaux présents à l'année ou parfois seulement durant la saison cyclonique. Outre le ponton utilisé par des pêcheurs professionnels, des bateaux d'une société de transport de passagers ("Bleu et or", tourisme) sont mouillés dans la baie (Figure 10). Le reste des usages sont de loisir, hormis une exploitation aquacole en sortie de baie ("Ferme aquacole du Sable Blanc", ombrière ocellée).



Figure 10 : Vue panoramique du plan d'eau de la baie de Saintpée

1.5 Tableau de synthèse

Tableau 3 : Synthèse des principales caractéristiques de chaque site d'échantillonnage ROCCH

Nom de la station	Mnémonique Ifremer	X (WGS84 UTM 20N)	Y (WGS84 UTM 20N)	Peuplements végétaux	Peuplements épibiontes	Stocks d'huîtres <i>Isognomon alatus</i>
Rivière Lézarde	125-P-001	-61,02095145	14,60080776	<i>Rhizophora mangle</i> sur deux îlets Arbres hauts (8 mètres) Bonne densité foliaire Densité racinaire élevée	Faible diversité Abondance modérée <i>Isognomon alatus</i> majoritaire	Stock satisfaisant, mais parfois difficile de trouver des huîtres de grande taille
Baie de Génipa	125-P-002	-60,9934514	14,55047592	<i>Rhizophora mangle</i> le long de rivière salée Arbres hauts (8+ mètres) Densité foliaire modérée Densité racinaire modérée	Faible diversité Abondance modérée <i>Isognomon alatus</i> majoritaire (supposé du fait de la faible visibilité)	Stock difficile à évaluer du fait de la turbidité sur site, et difficile à trouver, mais pas de problèmes
Pointe Marin	125-P-003	-60,879797	14,447825	<i>Rhizophora mangle</i> sur pointe Marin Arbres modérément hauts (6+ mètres) Densité foliaire modérée Densité racinaire modérée	Faible diversité Abondance forte <i>Isognomon alatus</i> très majoritaire	Stock abondant mais taille des huîtres assez réduite
Baie de Saintpée	125-P-004	-60,88611937	14,65780686	<i>Rhizophora mangle</i> sur côte ouest baie Arbres bas (5 mètres) Bonne densité foliaire Densité racinaire modérée	Bonne diversité Abondance forte	Problèmes de stocks, huîtres nombreuses mais très petites

2 Biométries (2009-2012)

Les résultats des biométries réalisées sur les différents sites et sur les différentes campagnes sont présentés dans le Tableau 4 et la Figure 11.

Tableau 4 : Statistiques de biométrie du ROCCH pour les années 2009 à 2012

Station	Cohé du Lamentin	Génipa	Pointe Marin	Saintpée	Moyenne
Nombre d'huîtres total	554	535	672	867	2628
Moyenne échantillonnage	69,3	66,9	84,0	108,4	82,1
Moyenne sur Taille moyenne (mm)	70,0	78,7	73,9	59,4	70,5
Moyenne sur Ecart-type (mm)	7,0	8,7	7,4	5,7	7,2
Moyenne sur Min (mm)	57,6	65,3	60,1	49,0	58,0
Moyenne sur Max (mm)	91,5	102,5	95,1	76,3	91,3
Moyenne sur Médiane (mm)	69,2	77,3	73,1	58,6	69,5
Moyenne sur Poids total de chair (g)	126,8	116,9	124,5	103,8	118,0

Depuis la reprise du suivi ROCCH en Martinique, un total de 2628 huîtres a été prélevé et disséqué pour les besoins de l'étude. La taille moyenne de l'ensemble de l'échantillon inter-sites et inter-années est de 70,5 mm ± 7,2 mm.

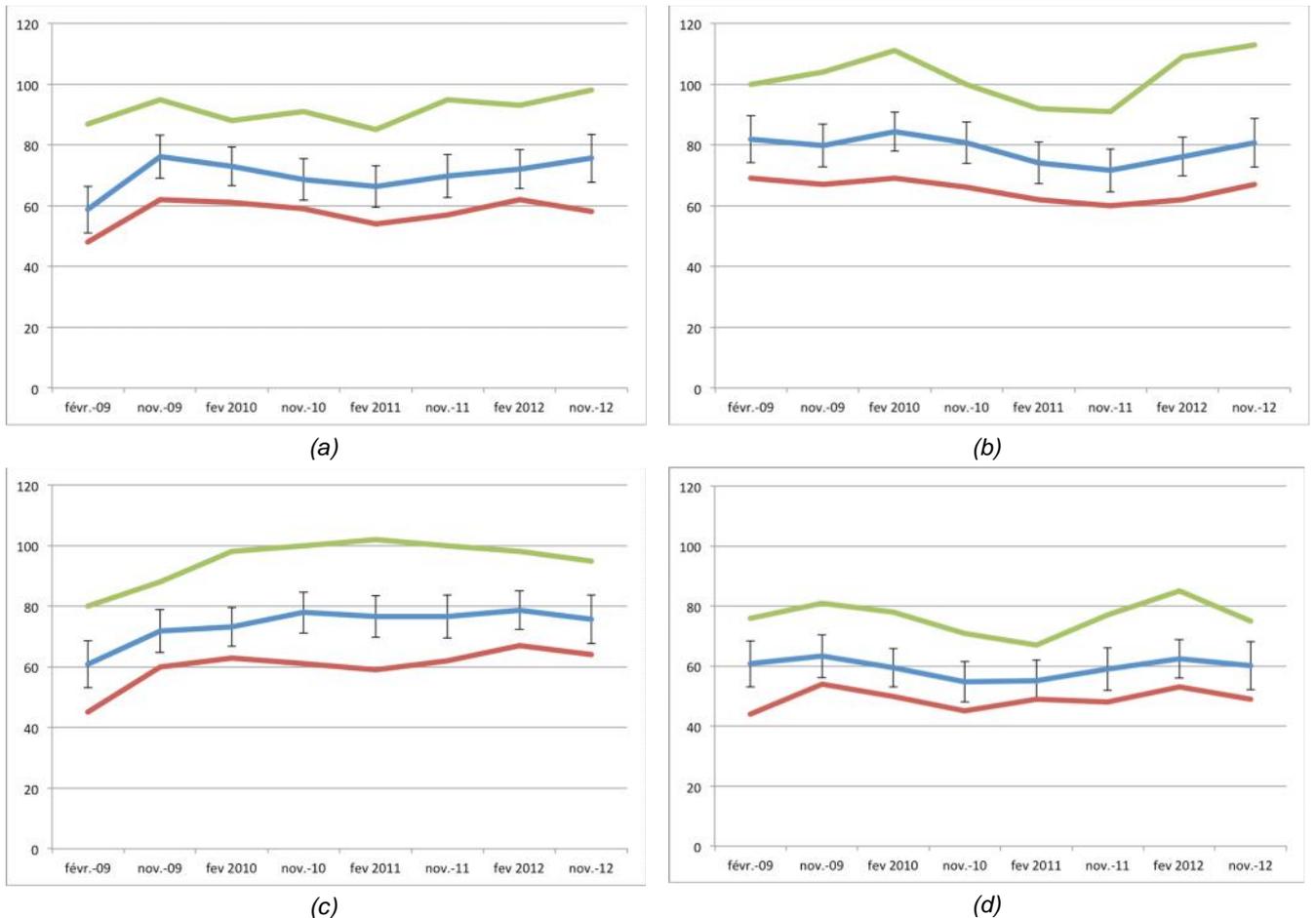


Figure 11 : Evolution de la taille des huîtres échantillonnées (mm) entre 2009 et 2012.

Sur les sites (a) Cohé du Lamentin, (b) Génipa, (c) Pointe Marin et (d) Saintpée (tailles maximales en vert, minimales en rouge, tailles moyennes en bleu)

Malgré les éléments du cahier des charges demandant de prélever des huîtres dans une certaine fourchette de taille (60 à 100 mm si possible), des disparités de moyennes, minimum et maximum de tailles, de nombres d'huîtres et de poids d'échantillons obtenus, sont observées entre les sites. Ces tendances se confirment au fil

du suivi inter-annuel, malgré quelques variations cependant peu significatives (écart-types des courbes de moyennes de la Figure 11).

Outre ces résultats chiffrés, biaisés par l'échantillonnage, les observations *in situ* sur les différents sites au cours des 4 dernières années permettent de relever quelques éléments complémentaires.

Il s'avère que les stocks d'huîtres sont plutôt en cours de reconstitution. Le premier suivi de 2009 présente en particulier des indices biométriques faibles sur les sites de Cohé du Lamentin (Figure 11 a) et Pointe Marin (Figure 11 c). La reprise du suivi et la formation des intervenants peut être un facteur explicatif de ce résultat. Cependant une hypothèse alternative serait que les stocks d'huîtres de ces deux sites fortement affectés par le cyclone Dean de 2007 se seraient effondrés et qu'ils auraient eu à se reformer ensuite. Le site de Pointe Marin, fortement exposé et très impacté par le cyclone, présente les résultats les plus probants pour étayer cette hypothèse (Figure 11 c).

Des différences phénotypiques des coquilles à l'échelle inter-sites mais aussi intra-sites sont observées, au-delà des différences biométriques (Figure 12). Certains sites présentent des coquilles plutôt épaisses et solides, ayant une tendance à se calcifier en feuillets et à croître en longueur (Cohé et Génipa). A l'inverse sur d'autres sites les coquilles sont fines et croissent en se contournant (Pointe Marin et surtout Saintpée).



Figure 12 : Illustration de la plasticité phénotypique des coquilles de l'huître *Isognomon alatus*

La manière dont sont réalisées les biométries ne permet pas de rendre compte de ces différences. La longueur considérée est celle mesurée entre l'extrémité de la charnière et l'extrémité la plus lointaine.

Une mesure du poids total (bivalve non disséqué) et du poids de l'individu disséqué (poids de chair humide) permettraient de faire des corrélations et des comparaisons intra- et inter-sites.

3 Synthèse de la contamination (2009-2012)

3.1 Métaux

L'argent (Ag), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le nickel (Ni), le plomb (Pb) et le zinc (Zn) ont été analysés par le laboratoire Ifremer de Nantes. La distribution de leurs concentrations (en mg kg⁻¹ de poids sec) entre 2009 et 2012 est représentée aux 4 stations ROCCH par la Figure 13. et la Figure 14. Quelques observations se dégagent :

- Les concentrations en **argent** sont faibles aux stations Baie de Génipa, Baie de Saintpée et Rivière Lézarde (0,01 à 0,15 mg kg⁻¹). En revanche à la station du **Marin**, elles sont supérieures de 1 à 3 ordres de grandeur (2,2 à 12 mg kg⁻¹) et reflètent un niveau de contamination relativement élevé. Il n'y a pas de tendance annuelle marquée entre 2009 et 2012. En revanche, un signal saisonnier est bien visible avec des concentrations plus élevées en saison des pluies. La présence de l'élément argent en milieu côtier est généralement indicatrice de pollution urbaine. Elle peut être liée à l'industrie (photographique notamment), au lessivage des sols, à la combustion des déchets urbains. Cet élément peut être particulièrement toxique pour les larves de mollusques, et beaucoup moins pour les individus adultes (RNO, 2001).
- Les concentrations en **cadmium** sont faibles aux 4 stations ROCCH et varient sans tendance marquée entre 2009 et 2012 (0,16 à 0,49 mg kg⁻¹). La Commission Européenne a évalué la teneur maximale tolérable pour la mise sur le marché des mollusques bivalves à environ 5 mg kg⁻¹ chez la moule.
- Les concentrations en **chrome** varient entre 0,25 et 0,97 mg kg⁻¹ de 2009 à 2011. Elles augmentent à toutes les stations en 2012 (1,2 à 4,3 mg kg⁻¹) mais c'est à la station **Rivière Lézarde** que cette augmentation est la plus brutale. Les effluents et l'atmosphère constituent des voies importantes de transfert de cet élément à l'océan (rejets industriels, teintureries, métallurgie, combustion du pétrole et du charbon). Sa toxicité dépend de sa forme chimique.
- Pour les concentrations en **cuivre**, aucune tendance temporelle (annuelle ou saisonnière) ne se dégage sur la période 2009-2012. Du point de vue spatial, elles tendent à être plus élevées à la station **Pointe Marin** (9,9 à 13,0 mg kg⁻¹) par rapport aux autres stations (7,3 à 10,8 mg kg⁻¹). Cet élément est naturellement présent dans le milieu, mais de fortes concentrations sont généralement associées aux rejets du secteur industriel ou agricole. Les peintures anti-salissures sont également une source importante de cuivre dans les zones portuaires. Aucune valeur seuil n'a été fixée pour cet élément dans les coquillages par l'Union Européenne.
- Les concentrations en **mercure** sont comprises entre 0,045 et 0,122 mg kg⁻¹ pour la période 2009-2012 et présentent un signal saisonnier avec des concentrations plus élevées en saison des pluies pour l'ensemble des stations. La voie d'entrée principale de cet élément dans les océans est en effet atmosphérique (précipitations). Le mercure est fortement toxique et bioaccumulable, en particulier sous forme de méthylmercure (CH₃Hg). La valeur maximale tolérable de mercure pour la mise sur le marché des mollusques bivalves a été évaluée par la Commission Européenne à 0,5 mg kg⁻¹ de poids humide, soit environ 2,5 mg kg⁻¹ de poids sec chez la moule.
- Les concentrations en **nickel** varient de 0,28 à 1,0 mg kg⁻¹ entre 2009 et 2012. Un pic est toutefois mesuré en 2012 à la station **Rivière Lézarde** (2,6 mg kg⁻¹). Cet élément est faiblement toxique pour les organismes marins, sauf à des concentrations très élevées (> 300 µg l⁻¹) qui ne se rencontrent pas dans l'environnement. Aucune valeur seuil n'a été fixée par l'Union Européenne pour la mise sur le marché des mollusques bivalves.
- Les concentrations en **plomb** varient de 0,1 à 0,4 mg kg⁻¹ sans tendance temporelle particulière entre 2009 et 2012. Les apports atmosphériques et les effluents sont les principales sources de plomb dans les océans. Cet élément peut être bioconcentré par certains crustacés et mollusques filtreurs, à des concentrations dangereuses pour la santé humaine. La Commission Européenne a donc fixé la teneur maximale tolérable pour la mise sur le marché des mollusques bivalves à 1,5 mg kg⁻¹ de poids humide, soit environ 7,5 mg kg⁻¹ de poids sec chez la moule.
- Les concentrations en **zinc** sont comprises entre 2 520 et 10 941 mg kg⁻¹. Cet élément est naturellement présent dans le milieu, sous forme de sulfure. Mais les apports à l'océan sont principalement dus à la métallurgie, à la combustion des bois et des charbons, ou encore aux anodes et peintures anti-salissures en zone portuaire.

Pour la période 2009-2012, les concentrations en argent, cuivre, mercure et plomb sont généralement plus élevées à la station Pointe Marin. Il est difficile de dégager un gradient de contamination en métaux pour les autres stations.

Aucune tendance annuelle nette n'est visible pour la période considérée. L'argent et le mercure présentent toutefois un signal saisonnier, avec des concentrations plus élevées en saison des pluies.

En février 2012, les concentrations en chrome augmentent à toutes les stations et plus particulièrement à la station Rivière Lézarde. Lors de cette campagne, les concentrations en nickel augmentent également fortement à la station Rivière Lézarde. L'origine de cet événement reste inconnue mais ce phénomène devra être surveillé.

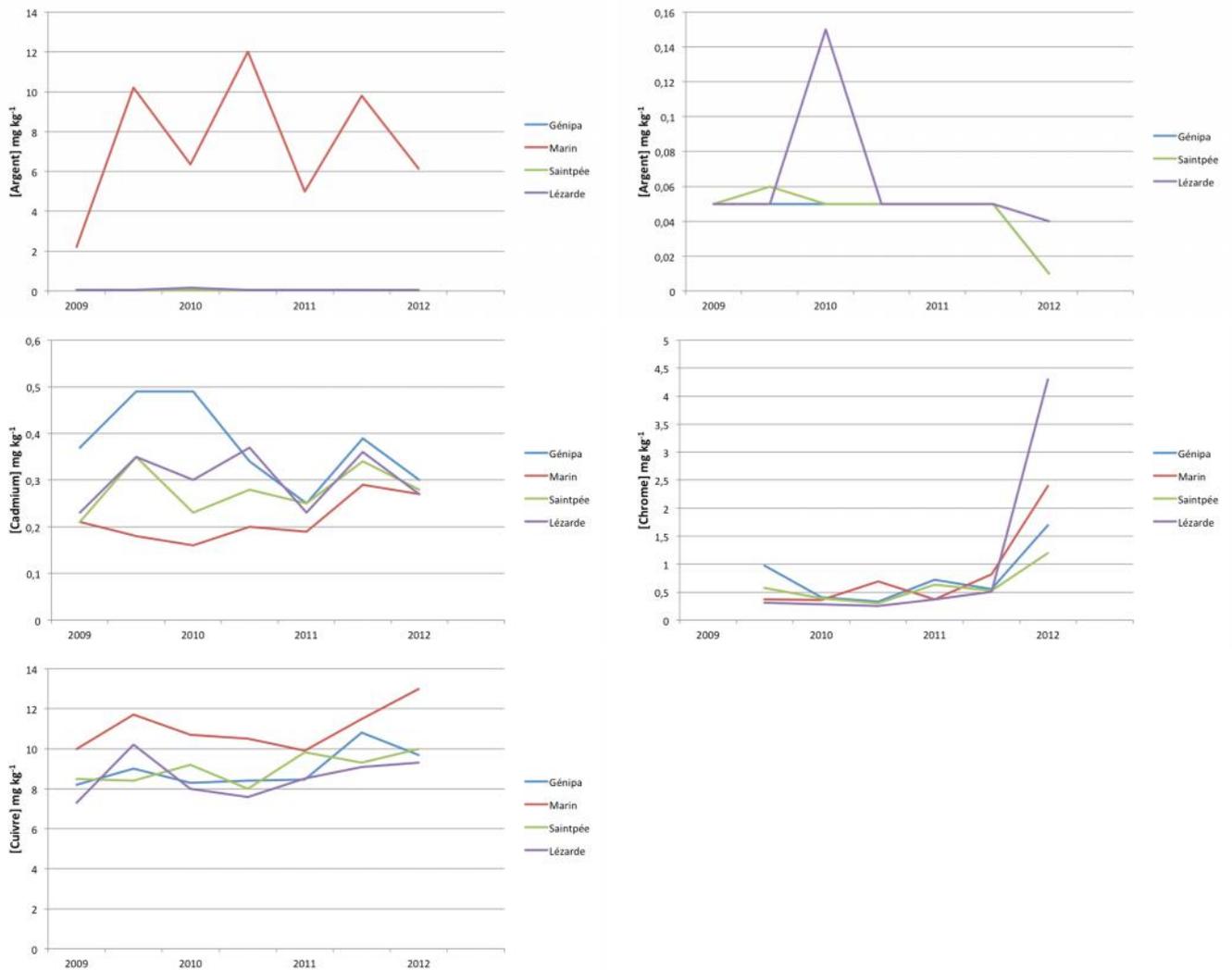


Figure 13 : Concentrations en métaux (Ag, Cd, Cr, Cu) (mg kg⁻¹) aux stations ROCCH, entre 2009 et 2012 (saisons sèches et humides)

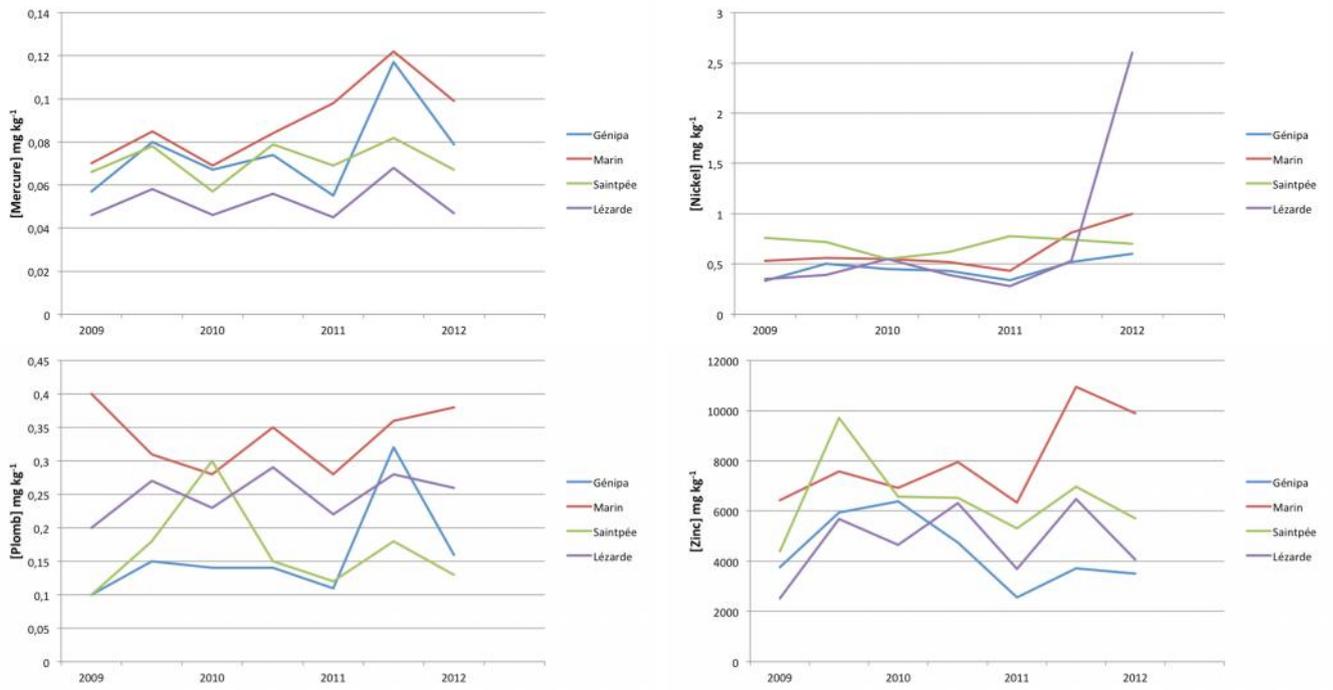


Figure 14 : Concentrations en métaux (Hg, Ni, Pb, Zn) (mg kg^{-1}) aux stations ROCCH, entre 2009 et 2012 (saisons sèches et humides)

3.2 HAP

La présence d'HAP dans l'environnement est majoritairement d'origine anthropique. Les apports se font principalement par les rejets pétroliers et par voie atmosphérique (foyers domestiques, incinérateurs d'ordures ménagères, unités de production de goudron et d'asphalte, unités de craquage du pétrole, échappements automobiles) (INERIS, 2006). Ces composés organiques possèdent une forte affinité pour les tissus gras des organismes vivants et sont susceptibles d'être bioaccumulés, en particulier lorsqu'ils possèdent un haut poids moléculaire. Les mollusques bivalves en particulier peuvent présenter de fortes concentrations en HAP.

Dans le cadre du ROCCH, 16 HAP sont analysés (Tableau 5). Seuls ceux présentant au moins une concentration supérieure à la limite de quantification (LQ) sont représentés dans la Figure 15.

Tableau 5 : Liste des hydrocarbures polyaromatiques (HAP) analysés entre 2009 et 2012

Composés	Limite de quantification ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Acénaphène	1
Acénaphylène	1
Anthracène	1
Benzo(a)anthracène	1
Benzo(a)pyrène	1
Benzo(b,j)fluoranthène	1
Benzo(g,h,i)pérylène	5
Benzo(k)fluoranthène	1
Chrysène-Triphénylène	1
Dibenzo(a,h)anthracène	5
Fluoranthène	1
Fluorène	1
Indeno(1,2,3-cd) pyrène	5
Naphtalène	1
Phénanthrène	1
Pyrène	1

- On considère généralement que la distribution des concentrations en **fluoranthène** est représentative de la contamination chronique en HAP. Le fluoranthène est très persistant dans l'environnement. Il appartient aux HAP prédominants dans les émissions des incinérateurs d'ordures ménagères et est présent dans de très nombreux rejets industriels. Dans le cadre du ROCCH, entre 2009 et 2012, les concentrations varient entre la LQ et $4,7 \text{ mg kg}^{-1}$ mais présentent un pic important en février 2011 à la station **Rivière Lézarde** ($48,9 \text{ mg kg}^{-1}$). L'origine de ce pic reste inconnue.
- D'autres composés présentent ponctuellement des pics importants. C'est le cas du **fluorène**, dont les concentrations varient entre la LQ et $4,6 \text{ mg kg}^{-1}$, excepté en mars 2009 où elles sont comprises entre $21,4$ et $41,8 \text{ mg kg}^{-1}$ (le maximum étant mesuré à la **Rivière Lézarde**). Le **phénanthrène** présente des concentrations comprises entre 1 et $26,7 \text{ mg kg}^{-1}$, avec un maximum à la **Rivière Lézarde** également (février 2011). Les concentrations en naphtalène varient entre 1 et $17,7 \text{ mg kg}^{-1}$, celles en pyrènes sont comprises entre 1 et $6,6 \text{ mg kg}^{-1}$.
- Les concentrations des autres HAP suivis sont généralement inférieures ou égales à la LQ, avec un ou plusieurs pics ponctuels à de faibles concentrations. C'est le cas de l'acénaphène, l'acénaphylène, l'anthracène, le benzo(a)pyrène, le benzo(b,j)fluoranthène, le benzo(k)fluoranthène, du chrysène-triphénylène, dont les concentrations sont comprises entre la LQ et $7,6 \text{ mg kg}^{-1}$.

Aucun signal annuel ou saisonnier ne peut être mis en évidence avec le suivi des concentrations en HAP. D'un point de vue spatial, la station Rivière Lézarde présente des concentrations généralement plus importantes que les autres stations. Des pics importants de fluoranthène et phénanthrène sont mesurés à cette station en février 2011. A noter également, les concentrations importantes en benzo(a)anthracène et chrysène mesurées aux stations Rivière Lézarde et Pointe Marin en février 2010.

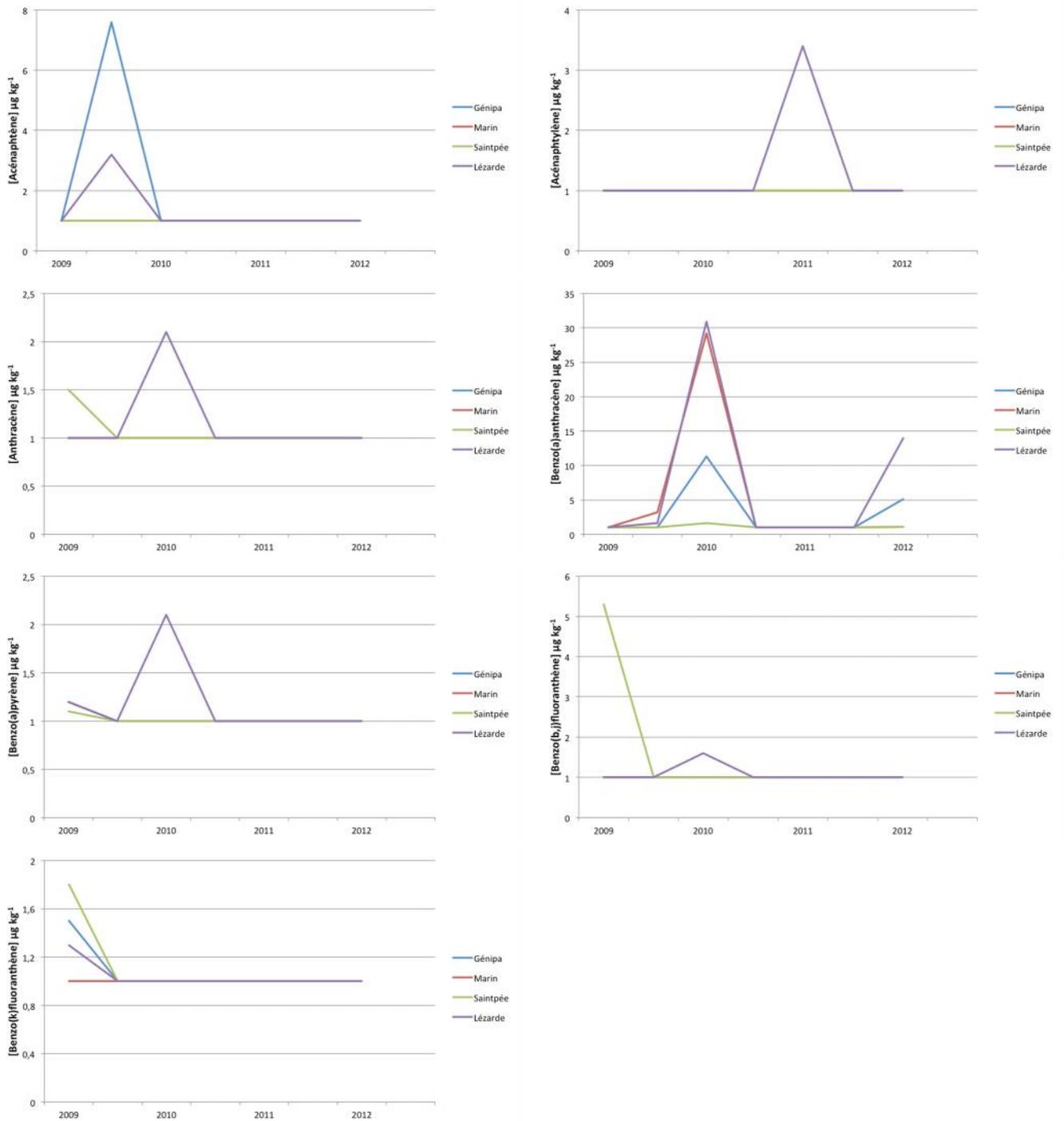


Figure 15 : Concentrations en hydrocarbures polycycliques aromatiques ($\mu\text{g kg}^{-1}$) aux stations ROCCH, entre 2009 et 2012 (saisons sèches et humides)

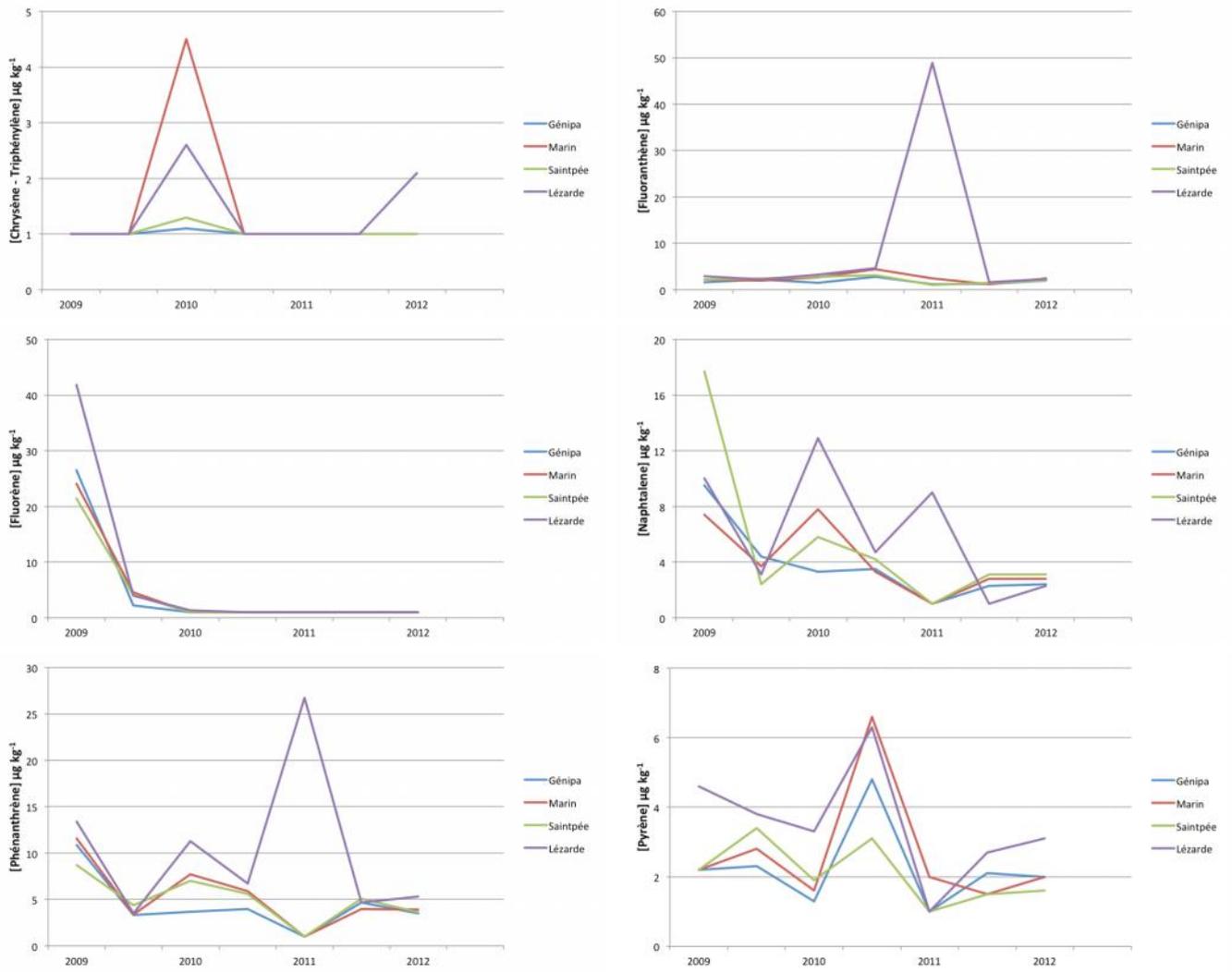


Figure 16 : Concentrations en hydrocarbures polycycliques ($\mu\text{g kg}^{-1}$) aux stations ROCCH, entre 2009 et 2012 (saisons sèches et humides)

3.3 PCB

Les PCB sont des substances de synthèse produites depuis le début du 20^{ème} siècle (INERIS, 2012), la pollution environnementale par les PCB est donc d'origine strictement anthropique. Ils ont été utilisés dans de nombreux secteurs industriels, notamment pour les transformateurs et condensateurs électriques, les fluides caloporteurs, les peintures (marines), les matières plastiques, les solvants, etc. Leur production est interdite en France depuis 1987 mais leur présence dans l'environnement est liée à l'utilisation d'appareils anciens ou à des rejets accidentels. Ils peuvent être retrouvés dans tous les compartiments environnementaux (eau, air, sol, sédiments, tissus biologiques). Les PCB peuvent être bioaccumulés dans les graisses des organismes vivants tout au long des réseaux trophiques.

Le groupe des PCB comprend 209 congénères. Dans le cadre du ROCCH, les congénères CB 28, CB 52, CB 101, CB 118, CB 138, CB 153 et CB 180 sont suivis. La recherche de ces composés dans les matrices organiques est en effet considérée comme prioritaire du fait de leur persistance et de leur abondance dans l'environnement, ainsi que de leurs propriétés écotoxicologiques. On parle de PCB « indicateurs », ils représentent environ 80% des PCB totaux. La Figure 17 présente les concentrations en PCB (somme des 7 PCB et CB 153) aux stations ROCCH entre 2009 et 2012.

- Entre 2009 et 2012, les concentrations en **PCB totaux** (somme des 7 congénères) varient entre 1,1 et 13,7 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Les concentrations les plus élevées sont systématiquement mesurées à la station **Rivière Lézarde**, puis à la station Pointe Marin. Les concentrations les plus faibles sont mesurées aux stations Saintpée et Génipa. Aucun signal saisonnier ou annuel ne peut être clairement mis en évidence.
- Parmi les différents congénères analysés, le **CB 153** est considéré comme étant le plus résistant dans l'environnement et est majoritairement rencontré dans la matière vivante. Sa distribution illustre généralement les niveaux de contamination. Entre 2009 et 2012, les concentrations du congénère CB 153 varient entre 0,3 et 6,1 $\mu\text{g kg}^{-1}$, cet élément représente donc entre 17 et 59 % des PCB totaux analysés (somme des 7 congénères). Comme pour les PCB totaux, c'est à la station **Rivière Lézarde** que les concentrations les plus élevées sont mesurées, suivie par la station Pointe Marin. Les concentrations mesurées aux stations Saintpée et Génipa sont comparables et plus faibles. A titre indicatif, les PCB sont mesurés dans les huîtres et les moules du littoral français depuis 1979 (dans le cadre du RNO). Sur cette période, les concentrations varient entre 5 et 600 $\mu\text{g kg}^{-1}$, avec des concentrations généralement plus élevées en zones estuariennes (apports terrestres plus importants) (RNO, 2002).

Aucune tendance annuelle n'est visible sur la période considérée (2009-2012). Il n'est pas possible de mettre en évidence un signal saisonnier de façon claire, pour l'ensemble des stations, à partir des données 2009-2012. La station Rivière Lézarde présente les plus forts taux de contamination en PCB, suivie par la station Pointe Marin.

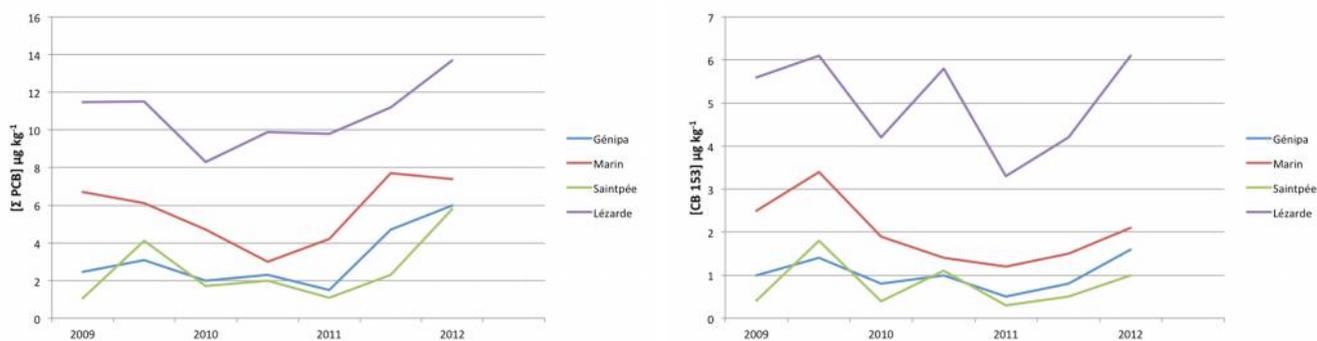


Figure 17 : Concentrations en polychlorobiphényles ($\mu\text{g kg}^{-1}$) aux stations ROCCH, entre 2009 et 2012 (saisons sèches et humides)

3.4 Pesticides organochlorés

Les pesticides organo-chlorés suivants ont été suivis dans le cadre du ROCCH en Martinique, depuis 2009 :

Deux isomères de l'hexachlorocyclohexane (HCH) : le γ -HCH (lindane) et le α -HCH

Le dichloro-diphényl-trichloroéthane (DDT) et ses produits de dégradation (DDD, DDE)

La chlordécone : des incertitudes subsistent quant à la nature exacte des molécules analysées pour ce composé. Il semble probable que la molécule mère (chlordécone + chlordécone hydrate) et un métabolite de dégradation (chlordécone 5b hydro) aient été suivis. L'Ifremer attend une confirmation du laboratoire d'analyse.

L'ensemble de ces composés est uniquement d'origine anthropique.

La Figure 18 présente la distribution de leurs concentrations aux stations ROCCH entre 2009 et 2012.

- Les isomères du **HCH** ont été utilisés de façon massive depuis les années 50 jusqu'à la fin du 20^{ème} siècle dans le secteur agricole. L'utilisation du lindane (insecticide à large spectre) en agriculture est interdite depuis 1998. Depuis, la médiane nationale des concentrations en lindane sur le littoral français n'a cessé de diminuer, passant de 1,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$ sur la période 1999-2011 à 0,4 $\mu\text{g kg}^{-1}$ sur la période 2002-2005 (RNO, 2006). Ce composé est relativement peu bioaccumulable donc les mollusques ne représentent pas la meilleure matrice pour suivre la contamination en lindane. En Martinique, depuis 2009, les concentrations en γ -HCH (lindane) et en α -HCH varient entre 0,1 et 1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ sans tendance et sont généralement inférieures à la LQ. Celle-ci semble avoir été abaissée en 2010 (de 1 à 0,1 $\mu\text{g kg}^{-1}$). Les concentrations supérieures à la LQ sont mesurées fin 2011 et début 2012.
- Le DDT a été très utilisé à partir des années 50 dans la lutte contre les insectes vecteurs du paludisme et d'autres maladies, ainsi que dans le secteur agricole à partir des années 60. Il a été interdit en France dès le début des années 70 mais est encore toléré dans certains pays. Les apports au milieu marin se font par voie atmosphérique, par les fleuves et les déplacements de sédiment. La médiane nationale en 2008 était de 5,8 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Dans le cadre du ROCCH en Martinique, les concentrations sont comprises entre 0,3 et 8,6 $\mu\text{g kg}^{-1}$ depuis 2009 et sont généralement plus élevées à la station Pointe Marin. Comme pour le HCH, la LQ du DDT semble avoir été abaissée (de 1 à 0,1 $\mu\text{g kg}^{-1}$) en 2010.
- La chlordécone est un insecticide organochloré utilisé aux Antilles française entre 1972 et 1993 pour lutter contre le charançon du bananier. Très persistante dans l'environnement, cette molécule est véhiculée par les matières particulaires fines, depuis les terres contaminées vers les milieux aquatiques et jusqu'au milieu marin. La chlordécone est bioaccumulable et bioamplifiable dans les réseaux trophiques et est potentiellement toxique pour les espèces. Dans le cadre du ROCCH, la chlordécone et ses métabolites³ ont été mesurés dans les huîtres entre 2009 et 2012. En 2009 et 2010, tous les résultats étaient inférieurs à la limite de quantification (10 $\mu\text{g kg}^{-1}$ poids sec). A partir de 2011, des concentrations supérieures à la LQ sont mesurées (10,3 à 77,6 $\mu\text{g kg}^{-1}$ poids sec). Ces valeurs restent faibles au regard de la limite réglementaire pour les produits de la pêche (arrêté du 30 juin 2008 : 20 $\mu\text{g kg}^{-1}$ poids frais, équivalent à environ 100 $\mu\text{g kg}^{-1}$ poids sec, selon Claisse, 2012). L'origine de cette augmentation, visible sur tous les sites à partir de la même date, est inconnue. Il conviendrait de vérifier que ces mesures ont bien été réalisées les années précédentes. D'autre part, il apparaît prioritaire de lever les incertitudes liées aux molécules réellement analysées. Le suivi de la molécule mère elle-même doit être effectué.

³ Information à confirmer par l'Ifremer

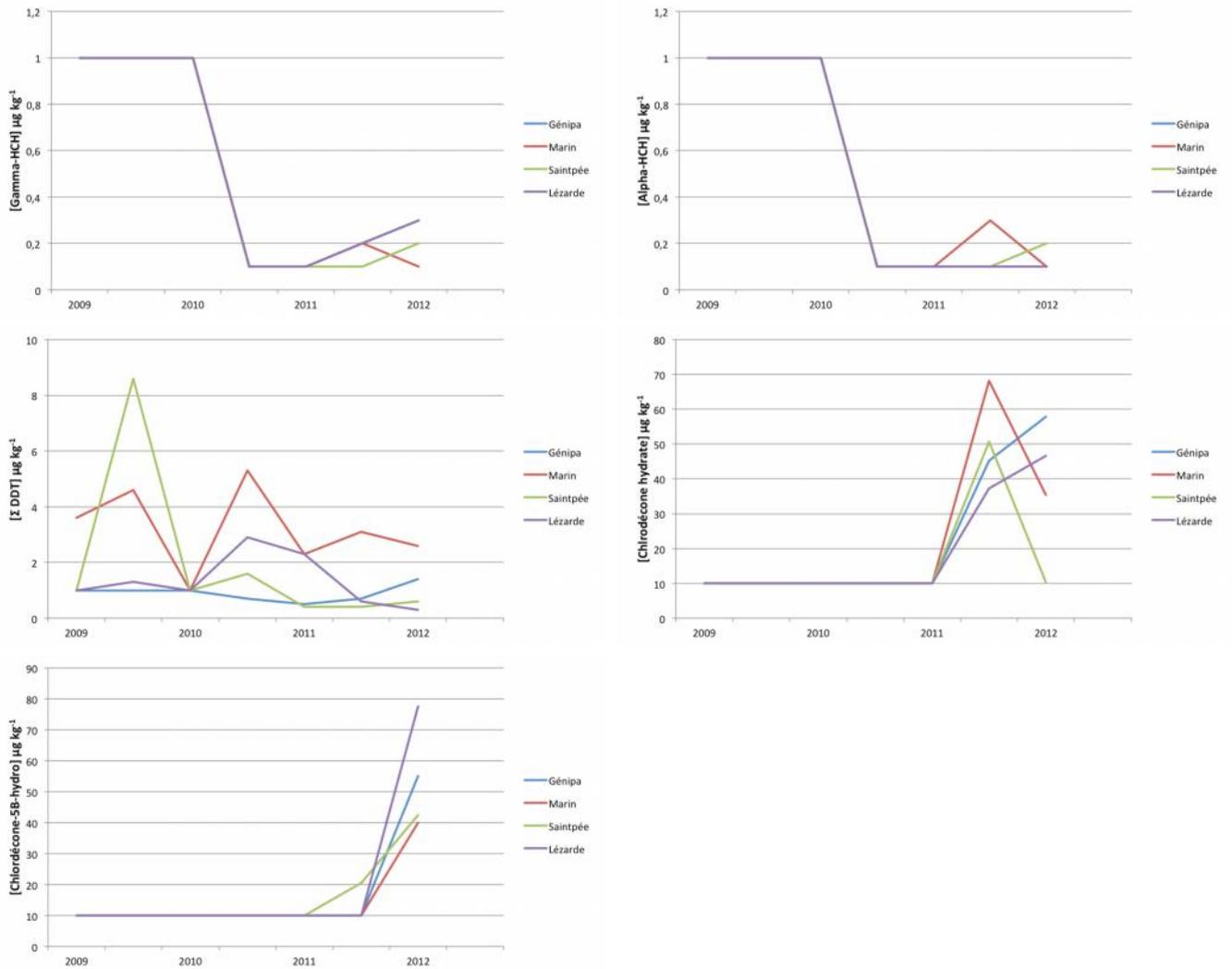


Figure 18 : Concentrations en composés organo-chlorés ($\mu\text{g kg}^{-1}$) aux stations ROCCH, entre 2009 et 2012 (saisons sèches et humides)

4 Lien pression / contamination

Le Tableau 6 présente les éléments de pression des bassins versants et de contamination en relation avec les observations de terrain.

Tableau 6 : Synthèse des principales caractéristiques de chaque site d'échantillonnage ROCCH

Nom de la station	Peuplements végétaux	Peuplements épibiontes	Stocks d'huîtres <i>Isognomon alatus</i>	Sources de pression / Importance du bassin versant	Contamination
Rivière Lézarde	<i>Rhizophora mangle</i> sur deux îlets Arbres hauts (8 mètres) Bonne densité foliaire Densité racinaire élevée	Faible diversité Abondance modérée <i>Isognomon alatus</i> majoritaire	Stock satisfaisant, parfois difficile de trouver des huîtres de grande taille	Immense BV Nombreuses pressions urbaines, industrielles et agricoles	Métaux + HAP ++ PCB ++ Organo-Cl +
Baie de Génipa	<i>Rhizophora mangle</i> le long de rivière salée Arbres hauts (8+ mètres) Densité foliaire modérée Densité racinaire modérée	Faible diversité Abondance modérée <i>Isognomon alatus</i> majoritaire (supposé du fait de la faible visibilité)	Stock difficile à évaluer du fait de la turbidité sur site, et difficile à trouver, mais pas de problèmes	BV important Pressions urbaines et agricoles modérées, industrielles faibles	Métaux - HAP - PCB - Organo-Cl -
Pointe Marin	<i>Rhizophora mangle</i> sur pointe Marin Arbres modérément hauts (6+ mètres) Densité foliaire modérée Densité racinaire modérée	Faible diversité Abondance forte <i>Isognomon alatus</i> très majoritaire	Stock abondant mais taille des huîtres assez réduite	BV modéré Pressions urbaines, industrielles et agricoles modérées	Métaux ++ HAP + PCB + Organo-Cl ++
Baie de Saintpée	<i>Rhizophora mangle</i> sur côte ouest baie Arbres bas (5 mètres) Bonne densité foliaire Densité racinaire modérée	Bonne diversité Abondance forte	Problèmes de stocks, huîtres nombreuses mais très petites	BV réduit Pressions urbaines, industrielles et agricoles faibles	Métaux - HAP - PCB -

Les stations Rivière Lézarde et Pointe Marin présentent les plus fortes contaminations. La station Rivière Lézarde, qui draine le plus grand bassin versant de la Martinique présente les plus fortes concentrations en HAP et PCB. La station Pointe Marin, avec un bassin versant plus modéré mais marqué par des usages spécifiques au nautisme et à la peinture industrielle présente les plus fortes contaminations en métaux (argent en particulier). Les concentrations en HAP, PCB et organochlorés mesurées à cette station sont également importantes. Les stations pour lesquelles le bassin versant est plus réduit ou soumis à des pressions moins importantes présentent les plus faibles concentrations en contaminants (Baie de Génipa et Baie de Saintpée), avec des apports plus ponctuels.

C. Conclusions et recommandations pour le suivi

1 Déroulement des campagnes

Les efforts menés sur le terrain et en laboratoire pour le maintien de la qualité et de la traçabilité du suivi doivent être maintenus. Cela passe par plusieurs éléments clés :

- des personnes ressources identifiées à chaque niveau, en particulier pour l'opération de décoquillage et pour les analyses chimiques ;
- un protocole bien respecté à travers le temps ;
- des gisements non altérés permettant la pérennité du suivi.

La principale difficulté rencontrée lors des campagnes d'échantillonnage concerne l'instabilité des gisements, en particulier pour la station de Saintpée. Il reste en effet délicat de rassembler un échantillon de taille correcte sur ce site. L'échantillonnage des huîtres sur ce site pourrait avoir un impact non négligeable sur le stock.

Ces problèmes de gisements récurrents, qui sont de plus intervenus sur d'autres sites dans le passé, pourraient être contournés avec l'échantillonnage d'huîtres d'élevage.

2 Fréquence des échantillonnages

Une fréquence d'échantillonnage de 2 prélèvements par an a été choisie afin de correspondre au modèle métropolitain : février et novembre.

En métropole, les échantillonnages de février sont réalisés pour répondre aux objectifs de classement des zones conchylicoles dans le cadre de la surveillance sanitaire. Ceux de novembre sont réalisés dans le cadre du suivi OSPAR/DCE.

En Martinique, ces périodes correspondent à deux saisons contrastées (saison sèche et saison humide). Cependant, aucun signal saisonnier clair n'a encore pu être mis en évidence. Si cette absence de signal se confirme au cours des suivis à venir, il pourrait être envisagé de réduire la fréquence des échantillonnages à un prélèvement par an. Ce choix se justifierait d'autant plus qu'il n'existe pas de zones conchylicoles à classer en Martinique.

3 Traitement des échantillons

Le protocole du cahier des charges a été suivi scrupuleusement. Cependant, certains points pourraient faire l'objet de discussions avec l'Ifremer :

- l'usage d'eau milli-Ro ou distillée s'avère problématique en Martinique. Les équipements de la station Ifremer du Robert se sont révélés inutilisables en 2012 ;
- le cahier des charges préconise de réaliser le traitement des échantillons sous une hotte à flux laminaire, or la station Ifremer du Robert ne dispose que d'une sorbonne classique ;
- enfin, le matériel utilisé a été fourni traité par l'Ifremer en 2009. Un nouveau traitement à l'acide des bacs et portoirs stockés en Martinique pourrait être envisagé afin de garantir la qualité des mesures.

4 Le cas de la chlordécone

Le suivi de la chlordécone a été intégré au ROCCH Martinique en 2009. Cependant, des incertitudes concernent le dosage de la molécule mère elle-même. En effet, les résultats sont donnés par le laboratoire d'analyses pour la chlordécone hydrate et la chlordécone 5b-hydro.

Selon les échanges en cours à ce sujet, la forme cétonique (molécule mère) et la forme hydratée (chlordécone hydrate) de la chlordécone ne pourraient pas être distinguées après analyse en chromatographie (GC-MS ou LC-MS). Ainsi, bien que les résultats soient exprimés en chlordécone hydrate (probablement en référence au standard utilisé), il est probable que la molécule mère ait bien été dosée. Ceci est à confirmer par l'Ifremer.

Etant donné la sensibilité et les enjeux liés au problème de la chlordécone dans les Antilles françaises, il apparaît essentiel de maintenir son suivi dans le cadre du ROCCH et plus largement dans le cadre de l'ensemble des réseaux de suivis en Martinique. Les incertitudes liées aux analyses réalisées entre 2009 et

2012 doivent si possible être levées. A l'avenir, aucune ambiguïté ne doit persister quant au dosage de la molécule mère.

5 Suivi ROCCH dans les Antilles françaises

Le RNO martiniquais et guadeloupéen a démarré fin 2001 pour l'hydrologie et début 2002 pour les contaminants chimiques. Fin 2007, la mise en place de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) a entraîné l'arrêt du financement RNO dans les Antilles françaises (Claisse, 2012). Pour les contaminants chimiques dans le biote, ce suivi a repris en 2009 (sous le nom de ROCCH, adopté entre temps en métropole), mais uniquement en Martinique. Le suivi en Guadeloupe n'a à ce jour pas repris.

Son redémarrage serait utile, à la fois pour le réseau de suivi lui-même, mais aussi à titre de comparaison avec le réseau martiniquais dans le contexte sensible de surveillance de la chlordécone.

Bibliographie

Claisse, 2012. Réseau d'observation de la contamination chimique (ROCCH). Surveillance 2011 dans le biote en Martinique. Rapport final. 12p.

Impact Mer, 2000a. Etudes préalables à la mise en place du Réseau National d'Observation (RNO) aux Antilles - Etude des espèces sentinelles *Isognomon alatus* & *Crassostrea rhizophorae* en Guadeloupe et en Martinique. Rapport pour: IFREMER, 39 (+ annexes) p.

Impact Mer, 2000b. Etudes préalables à la mise en place du Réseau National d'Observation (RNO) de la qualité du milieu marin aux Antilles (Martinique & Guadeloupe), biologie et choix des espèces sentinelles. Rapport pour: IFREMER, xx p.

Impact Mer, 2000c. Etudes préalables à la mise en place du Réseau National d'Observation (RNO) de la qualité du milieu marin aux Antilles (Martinique & Guadeloupe), devenir des nutriments en milieu marin tropical. Rapport pour: IFREMER, 30 p.

Impact Mer & Ginger Environnement, 2012. Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des masses d'eau de transition de l'île de la Martinique à partir des épibiontes des racines de palétuviers : Spongiaires et autres espèces. Rapport pour: DEAL Martinique, ODE Martinique, 125 pp (+ annexes).

Observatoire de l'eau de la Martinique, SIG 972, 2010. Le bassin versant de la Lézarde.

RNO, 2001. Surveillance du milieu marin. Travaux du RNO. Edition 2001. Ifremer et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. 40 p.

RNO, 2002. Surveillance du milieu marin. Travaux du RNO. Edition 2002. Ifremer et Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. 44 p.

RNO, 2006. Surveillance du milieu marin. Travaux du RNO. Edition 2006. Ifremer et Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.

INERIS, 2006. Fiche de données technico-économiques sur les substances chimiques en France. Fluoranthène. 10 p.

INERIS, 2012. Fiche de données technico-économiques sur les substances chimiques en France. Les polychlorobiphényles. 89 p.

Annexes

Annexe 1 : Modèle de fiche de terrain – recueil de métadonnées

		Fiche métadonnées ROCCH 2011			
Nom du site :		N° de campagne :			
		Date :			
Coordonnées :	X	Y	Opérateurs		
Bathymétrie :	m		Heure station :	Arrivée : Départ :	
Schéma de la station et autres observations					
<i>Indiquer : avec flèches l'exposition des vagues et du vent, le Nord, emplacement des habitations ou autres pressions etc.</i>					
Description du site	Faible	Modéré	Fort	Orientation	
Confinement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Exposition à la houle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Exposition au vent	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Turbidité	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Description de la mangrove	Faible	Modéré	Fort	Notes (espèces...)	
Hauteur de la canopée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Densité foliaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Densité racines (profondeur)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Dynamique de colonisation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Peuplements associés	Faible	Modéré	Fort	Notes (espèces...)	
Peuplements sessiles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Peuplements vagiles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Présence d'algues	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Description du peuplement d'huîtres (Grappes ? Densités ? ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Pressions observées	Faible	Modéré	Fort	Observations	
BV	Habitat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Agriculture	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ravine /Rivière	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Industrie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Infrastructure routière	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mer	Pontons	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Mouillage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Activité portuaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Pêche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Navigation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Plongée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Mesures de protection ?					