

RESEAU D'OBSERVATION DE LA CONTAMINATION CHIMIQUE (ROCCH)

SURVEILLANCE 2019 DANS LE BIOTE EN
MARTINIQUE



Isognomon alatus sur une racine de palétuvier.

Fiche documentaire

Titre du rapport : Réseau d'observation de la contamination chimique (ROCCH) - Surveillance 2019 dans le biote en Martinique	
Référence interne : RBE/BIODIENV/21-01 Diffusion : <input checked="" type="checkbox"/> libre (internet) <input type="checkbox"/> restreinte (intranet) – date de levée d'embargo : AAA/MM/JJ <input type="checkbox"/> interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ	Date de publication : 2021/05/17 Version : 1.0.0 Référence de l'illustration de couverture Huîtres <i>Isognomon alatus</i> sur des racines de palétuvier. ©Nicolas Cimiterra Langue(s) : Français
Résumé/ Abstract : <p>Le suivi ROCCH a démarré en 2002 en Martinique et a connu une interruption de deux ans en 2007 et 2008. Depuis 2009 le suivi ROCCH en Martinique s'appuie sur deux échantillonnages par an, en février et en novembre et sur quatre stations. L'huître de palétuvier <i>Isognomon alatus</i> a été choisie comme espèce indicatrice pour le suivi sur le biote en Martinique.</p> <p>La liste des contaminants recherchés a évolué au fil des années, elle se compose de 49 molécules en 2019 (11 métaux, 20 HAP, 7 PCB et 11 organochlorés dont le chlordécone).</p> <p>Les résultats de 2019 semblent confirmer une décroissance de certains contaminants métalliques, notamment dans la baie de Fort de France. En revanche, on note cette année une augmentation des concentrations pour de nombreux contaminants métalliques à Pointe Larose. Il est difficile de comparer les concentrations obtenues en Martinique avec celles du littoral métropolitain car les suivis sont réalisés sur des espèces indicatrices différentes. Cette comparaison met en évidence des niveaux globalement inférieurs à ceux enregistrés en Métropole à l'exception du zinc. Les concentrations de certains hydrocarbures aromatiques polycycliques sont relativement stables en 2019 et les concentrations en polychlorobiphényles sont toujours très supérieures en rivière Lézarde par rapport aux autres stations. Les concentrations sont très inférieures aux seuils sanitaires pour les polluants à l'exception de la chlordécone en Baie de Fort-de- France.</p>	
Mots-clés/ Key words : Contamination chimique – Martinique – ROCCH – HAP – PCB – Contaminants métalliques – Organochlorés - Chlordécone	
Comment citer ce document : Séchaud A. - Allenou J.P. (2021). RBE/BIODIENV/21-01. Réseau d'observation de la contamination chimique (ROCCH) - Surveillance 2019 dans le biote en Martinique, 34 p. Rapport ODE 972.	
Disponibilité des données de la recherche : SO	

Commanditaire du rapport : ODE Martinique	
Nom / référence du contrat : Convention d'application n°2 de la convention cadre de partenariat 2019-2023 pour une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) pour la mise en œuvre en 2019 du Réseau d'Observation de la Contamination Chimique (ROCCH) en Martinique REF IFREMER 19/1000-156-CP n°2/ REF ODE : 080-08-2019/2	
<input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif	
Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit : Réseau d'Observation de la Contamination Chimique du milieu marin (ROCCH)	
Auteurs / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
Amélie Séchaud / amelie.sechaud@ifremer.fr	RBE-BIODIVENV
Jean-Pierre Allenou / jean.pierre.allenou@ifremer.fr	RBE-BIODIVENV
Encadrement(s) :	
Destinataire : ODE Martinique	
Validé par : Anne Grouhel, Ifremer, centre de Nantes, unité RBE/Biogéochimie et Ecotoxicologie <i>Anne.Grouhel@ifremer.fr</i> Emmanuel Thouard, Ifremer, station de Martinique, unité RBE/Biodiversité et Environnement <i>Emmanuel.Thouard@ifremer.fr</i>	

Table des matières

1. Préambule.....	6
2. Surveillance des contaminants chimiques dans les eaux côtières de Martinique.....	6
2.1. Points de prélèvement.....	7
2.2. Contaminants recherchés	9
2.3. Déroulement des opérations	10
2.3.1 En Martinique.....	10
2.3.2 En métropole	10
3. Résultats 2019	11
3.1. Paramètres généraux.....	11
3.2. Résultats métaux.....	11
3.2.2 Niveau global de la contamination.....	18
3.2.3 Evolution des concentrations dans le temps.....	20
3.3. Résultats des contaminants organiques	26
3.3.2 Niveau global de la contamination.....	28
3.3.3 Evolution des concentrations dans le temps.....	29
4. Conclusions et recommandations.....	33
Références	34

1. Préambule

Ce rapport présente les actions menées et les résultats acquis en 2019 dans le cadre de la surveillance chimique du ROCCH (Réseau d'Observation de la Contamination CHimique) en Martinique. Il est rédigé dans le cadre de la convention d'assistance à maîtrise d'ouvrage passée en 2019 entre l'Office de l'Eau de la Martinique et l'Ifremer (REF IFREMER 19/1000-156-CP n°2/ REF ODE : 080-08-2019/2).

Selon les termes de ce contrat, l'assistance de l'Ifremer a porté sur :

- la coordination, à partir de la délégation Ifremer de Martinique, des travaux du prestataire retenu par l'ODE pour la réalisation de l'échantillonnage en référence au cahier des charges technique établi par Ifremer,
- la mise à disposition de matériel spécifique,
- la mise à disposition de locaux au sein de la délégation Ifremer de Martinique pour le traitement des échantillons par le prestataire,
- la réalisation des analyses de métaux et la gestion de la sous-traitance pour l'analyse des contaminants organiques,
- la bancarisation des données dans la base Quadrige²,
- la mise à disposition des résultats.

2. Surveillance des contaminants chimiques dans les eaux côtières de Martinique

La surveillance des concentrations en contaminants chimiques dans les organismes marins, utilisés comme indicateurs quantitatifs de contamination, a démarré en 1979 dans les eaux côtières de France métropolitaine. Le réseau de surveillance s'appuie sur deux bivalves filtreurs : la moule (*Mytilus edulis* et *Mytilus galloprovincialis*) et l'huître (*Crassostrea gigas*).

A partir de 1999, à la demande des DIREN de Martinique et de Guadeloupe, les conditions de l'extension du réseau de surveillance à ces départements ont été étudiées. Concernant le suivi des contaminants dans les bivalves, l'espèce *Isognomon alatus* a été choisie comme espèce indicatrice. Quelques prélèvements ont été réalisés sur l'espèce *Crassostrea rhyzophorae* entre 2002 et 2004 sur la station Rivière Lézarde. Les résultats acquis sur l'espèce *Crassostrea rhyzophorae* ont été exclus du traitement car les taux de bioaccumulation sont propres à chaque espèce et les résultats entre espèces différentes sont difficilement comparables.

Le suivi sur l'espèce *Isognomon alatus* a démarré en 2002 au rythme d'un échantillonnage par trimestre jusqu'à mi 2005 puis arrêté en 2006. En 2009, le suivi a redémarré à la demande de la DIREN/ODE de Martinique sur la base de deux échantillonnages par an, en février et en novembre. Il fait désormais l'objet d'une convention annuelle entre l'ODE et l'Ifremer.

2.1. Points de prélèvement

Le suivi des contaminants dans le bivalve indicateur *Isognomon alatus* suit le protocole national (document de prescription RNO - version B du 5/12/2006; document interne). Il porte sur 4 points échantillonnés chaque année, retenus en tenant compte des pressions identifiées sur l'environnement marin, et de la faisabilité du suivi (présence et accessibilité de la ressource).

La période d'échantillonnage est calée sur les deux saisons principales aux Antilles : saison sèche de décembre à mai et saison humide de juin à novembre. Pour des raisons d'organisation (analyses conjointes avec celles de la métropole), la période de prélèvement a été restreinte chaque saison à un mois, avec une tolérance d'une semaine avant et après pour tenir compte d'aléas météorologiques: février et novembre.

Les points de prélèvement suivis sont localisés sur la carte ci-dessous (Figure 1).

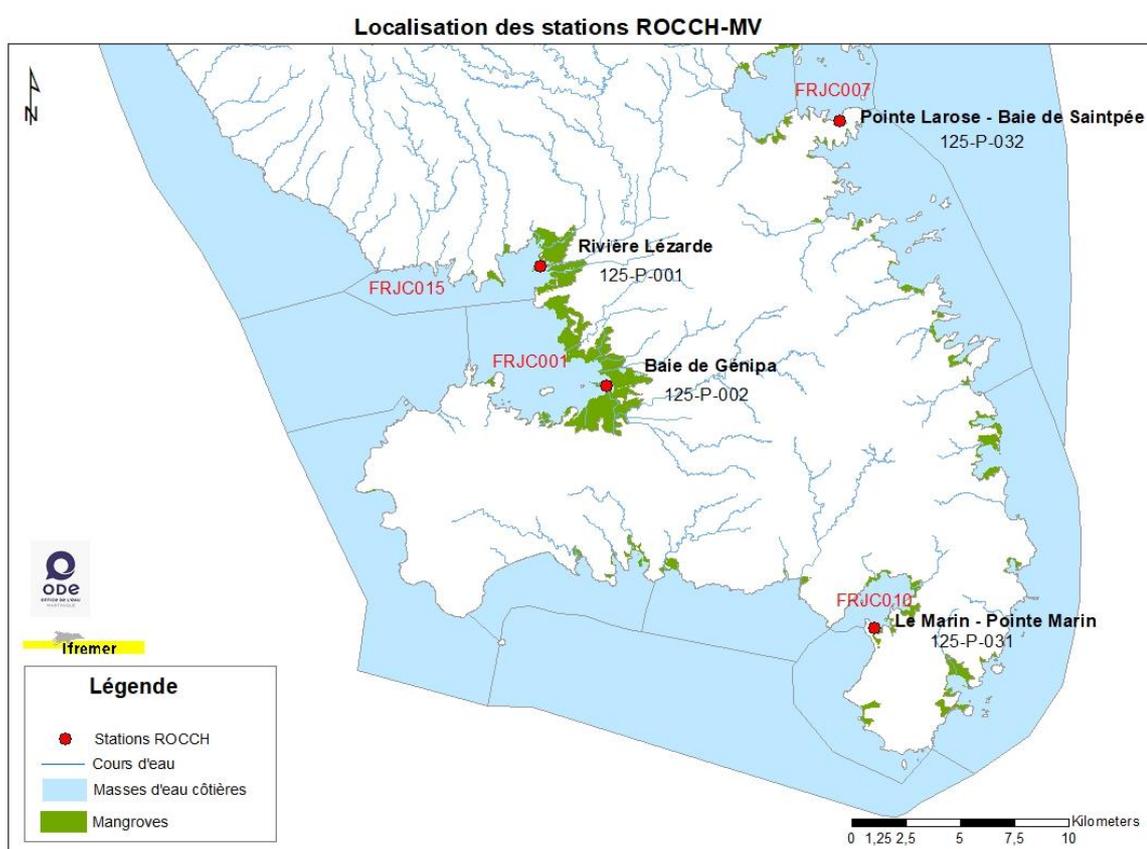


Figure 1 : Réseau d'observation des contaminants chimiques en Martinique - localisation des points de prélèvements de bivalves.

Tableau 1 : Coordonnées des points du ROCCH en Martinique. Les coordonnées sont en degrés décimaux.

Code Sandre	Mnémo Quadrige	Libellé	Longitude WGS84	Latitude WGS84
08999401	125-P-001	Rivière Lézarde	-61.02095145	14.60080776
08999405	125-P-002	Baie de Génipa	-60.99345140	14.55047592
08999406	125-P-031	Le Marin - Pointe Marin	-60.87979700	14.44782500
08999407	125-P-032	Pointe Larose – Baie de Saintpée	-60.894642	14.660156

2.2. Contaminants recherchés

La liste des contaminants recherchés comprend les molécules retenues au niveau international (dont certaines de la liste des substances prioritaires de la Directive Cadre européenne sur l'Eau) ainsi que des polluants préoccupants spécifiquement dans les Antilles (chlordécone). La liste est détaillée dans le tableau 2.

Tableau 2 : Molécules recherchées dans les échantillons de bivalves en Martinique. * : suivis en novembre 2019 seulement.

Contaminants métalliques	Argent (Ag)*, arsenic (As)*, cadmium (Cd), chrome total (Cr), cobalt (Co)*, cuivre (Cu), mercure (Hg), nickel (Ni), plomb (Pb), vanadium (V)*, zinc (Zn)
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	Acénaphène, acénaphylène, anthracène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(c)fluorène, benzo(g,h,i)pérylène, benzo(j)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, chrysène, cyclopenta(c,d)pyrène, dibenzo(a,h)anthracène, fluoranthène, fluorène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, naphthalène, phénanthrène, pyrène, 5-methylchrysene*
Polychlorobiphényles	Congénères 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180
Pesticides organochlorés	pp' DDT, pp' DDD, pp' DDE, op' DDT lindane (γ -HCH), α -HCH, β -HCH, δ -HCH, Chlordécone, chlordécone-5b-hydro, chlordécol

Pour l'ensemble du ROCCH, les analyses des tissus de mollusques sont réalisées sous la responsabilité de l'Ifremer. Les échantillons du mois de novembre de l'année n sont analysés en même temps que les échantillons de février de l'année n+1 pour coller au calendrier de métropole. L'Ifremer reçoit donc les résultats d'une même année en deux parties. Les dosages des contaminants métalliques sont faits au laboratoire de biogéochimie des contaminants métalliques (LBCM) de l'Ifremer à Nantes. Ils sont mesurés dans les tissus broyés et lyophilisés, par ICP-MS après minéralisation totale dans un mélange HCl + HNO₃. En 2020, le laboratoire Ifremer LBCM a changé d'équipement analytique et rend désormais des résultats pour un plus grand nombre de contaminants métalliques dont l'argent, l'arsenic, le cobalt et le vanadium. Pour 2019, cela concerne donc les prélèvements de novembre uniquement (analysés en 2020). Le dosage des contaminants organiques a été sous-traité au laboratoire LABOCEA de Plouzané jusqu'en février 2018. Les HAP, PCB et pesticides organochlorés étaient mesurés par chromatographie gaz – Spectrométrie de masse en tandem. A partir de novembre 2018, le dosage des contaminants organiques (incluant la chlordécone et des dérivés) est réalisé par le laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments (LABERCA-ONIRIS) de Nantes. Les HAP et pesticides organochlorés sont toujours mesurés par chromatographie gaz – spectrométrie de masse en tandem mais les PCB sont maintenant mesurés par chromatographie gaz – spectrométrie de masse haute résolution. Les pesticides organochlorés suivants (pp' DDT, pp' DDD, pp' DDE, op' DDT, lindane (γ -HCH), α -HCH, β -HCH, δ -HCH) sont sous-traités au Laboratoire de l'Environnement et de l'Alimentation de la Vendée. Tous les résultats sont archivés dans la base de données Quadrigé² de l'Ifremer et accessibles sur simple demande.

2.3. Déroulement des opérations

2.3.1 En Martinique

Les prélèvements, le décoquillage et la préparation des échantillons ont été réalisés par le bureau d'études "Impact-Mer" en application du cahier des charges élaboré par l'Ifremer. La station Ifremer du Robert a mis à sa disposition du matériel et un local pour les travaux de paillasse. Le flaconnage traité nécessaire ainsi que les étiquettes (champs pré-identifiés) a été fourni par Ifremer Nantes avant chaque campagne d'échantillonnage.

Après récolte, les animaux vivants ont été immergés 24h dans un bac traité rempli d'eau claire issue du site de prélèvement. Les mollusques ont ensuite été mesurés (taille de la coquille) et décoquillés, la chair égouttée mise en piluliers puis congelée pour être expédiée à Nantes.

En 2019 le calendrier des prélèvements est fourni en tableau 3.

Tableau 3 : Bilan des prélèvements de mollusques en Martinique pour le ROCCH en 2019.

Points de prélèvement	1er semestre	2ème semestre
Baie de Génipa	12/02/2019	26/11/2019
Rivière Lézarde	13/02/2019	25/11/2019
Le Marin - Pointe Marin	11/02/2019	27/11/2019
Pointe Larose - Baie de Saintpée	14/02/2019	28/11/2019

2.3.2 En métropole

Les échantillons congelés reçus à l'unité "Biogéochimie et Ecotoxicologie" (BE) de l'Ifremer à Nantes ont été broyés puis homogénéisés. Chaque échantillon a été réparti en deux piluliers, un pour chaque série d'analyses prévues (contaminants métalliques et contaminants organiques).

Les résultats ont été saisis et validés dans la base de données Quadrigé² par la délégation Ifremer Antilles et mis à disposition pour l'ODE et la communauté scientifique.

Pour chaque échantillon, le pilulier de chair lyophilisée destiné à l'analyse des éléments métalliques est conservé après l'analyse pour alimenter la banque d'échantillons du ROCCH, accessible à la communauté scientifique à des fins de recherche.

3. Résultats 2019

Les résultats sont exprimés par rapport au poids sec à l'exception i) de la chlordécone et de ses métabolites dont les résultats sont exprimés par rapport au poids frais ii) des graphiques sur les évolutions temporelles dont les résultats sont également exprimés par rapport au poids frais.

3.1. Paramètres généraux

Les tailles moyennes et les pourcentages de matière sèche de l'année 2019 sont illustrés en figures 2 et 3 sur des graphiques en « boîte à moustaches » qui représentent la répartition des résultats de ces deux paramètres depuis le début du suivi. Les individus prélevés en 2019 sur les 4 stations répondent aux critères de taille demandés dans le protocole. Les huîtres les plus grandes sont retrouvées en baie de Génipa et les plus petites sur Pointe Marin en 2019. Les pourcentages en matière sèche qui caractérisent l'état physiologique du coquillage mettent en évidence une différence marquée sur la plupart des points selon les saisons (Figure 3). Les huîtres sont plus « maigres » au mois de novembre sur toutes les stations.

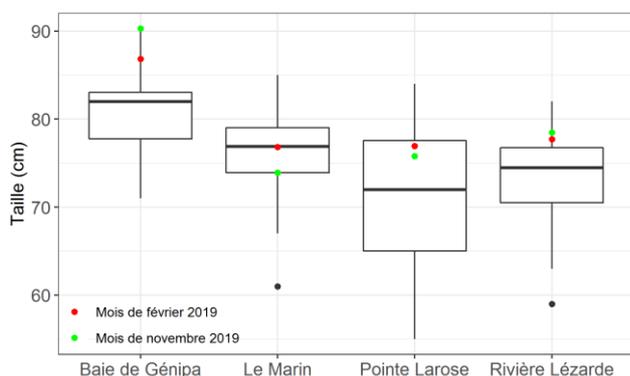


Figure 2: Tailles moyennes des individus prélevés en 2019 sur les 4 stations

(●) taille moy. de février (●) taille moy. de novembre

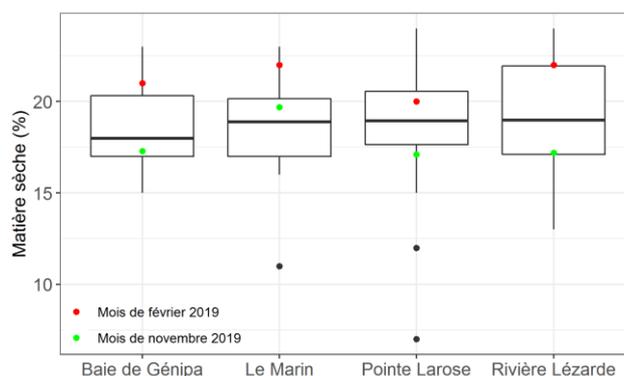


Figure 3: Répartition des pourcentages en matières sèches.

(●) % MS de février (●) % MS de novembre

3.2. Résultats métaux

Les résultats 2019 sont présentés sur des graphiques « boîte à moustache » qui permettent de les situer par rapport à la dispersion des valeurs sur la période 2002-2019 (seuls les résultats des premiers et derniers trimestres ont été retenus pour ce traitement). Les concentrations sont toutes exprimées en mg/kg de poids sec.

Argent

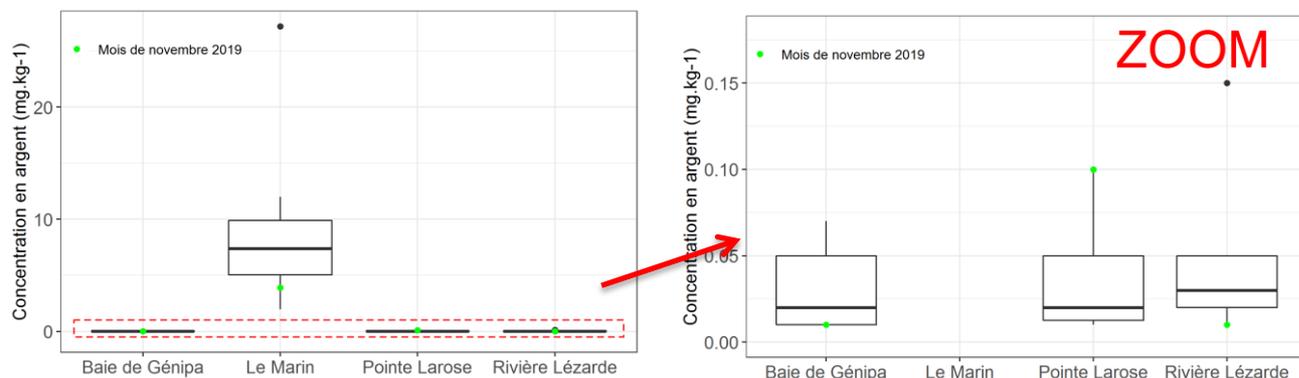


Figure 4 (a) et (b): Teneurs en argent (en mg.kg⁻¹ poids sec) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2019).
4(a) échelle 0 à 28 µg.kg⁻¹ – 4(b) échelle 0 à 0.18 µg/kg⁻¹.

Il n'y a pas eu de mesure d'argent sur les stations baie de Génipa et Pointe Larose en 2017 et 2018, et sur aucune station en février 2019. La saisonnalité ne peut donc pas être analysée cette année. Les teneurs en argent dans les tissus d'*Isognomon alatus* en baie du Marin sont toujours largement supérieures aux teneurs enregistrées dans les autres secteurs de Martinique (Figure 4a). Les concentrations en argent pour ces secteurs sont comparables avec des valeurs entre 0.01 et 0.10 mg/kg. On observe une valeur élevée pour Pointe Larose en novembre 2019, la plus forte sur ce point depuis le début des suivis de novembre.

Les concentrations en argent ont fait l'objet d'une étude en 2008 en baie du Marin, décrite dans le rapport de Bertrand et al. (2009). Des mesures d'argent dissous dans la colonne d'eau ont montré une origine probable du fond de la baie. Cela expliquerait pourquoi la contamination reste chronique, et assez stable.

Arsenic

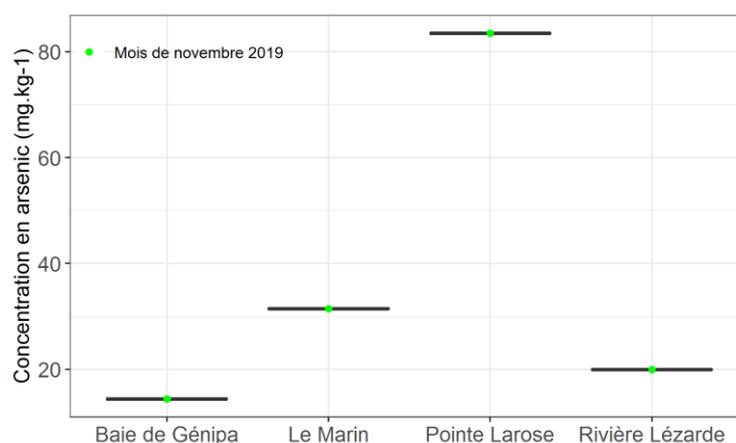


Figure 5: Teneurs en arsenic (en mg.kg⁻¹ poids sec) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2019).

L'arsenic est mesuré pour la première fois en novembre 2019, il n'y a donc que ces valeurs sur la période complète. Les concentrations dans les tissus d'*Isognomon alatus* varient entre 14.40 mg/kg en baie de Génipa et 83.53 mg/kg à Pointe Larose qui est largement supérieure aux autres stations.

Ces résultats préliminaires sur les concentrations en arsenic sont très intéressants dans le contexte des échouements de sargasses. En effet, les sargasses sont connues pour se charger en arsenic au large avec potentiellement du relargage au moment de la décomposition après échouages. Les plus fortes concentrations observées à Pointe Larose peuvent résulter de ce phénomène.

Cadmium

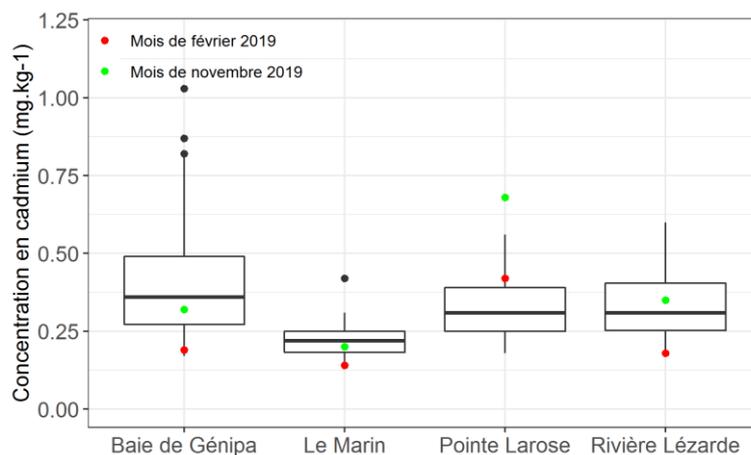


Figure 6: Teneurs en cadmium (en mg.kg⁻¹ poids sec) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2019).

En 2019, les concentrations en cadmium les plus faibles se situent dans la baie du Marin. Elles sont plus fortes à Pointe Larose et présentent le niveau le plus élevé observé sur cette station depuis le début du suivi. Pour les trois autres stations, les concentrations de novembre sont parmi les plus faibles de la période. Les concentrations en cadmium dans les tissus d'*Isognomon alatus* sont plus élevées en novembre qu'en février pour toutes les stations.

Chrome total

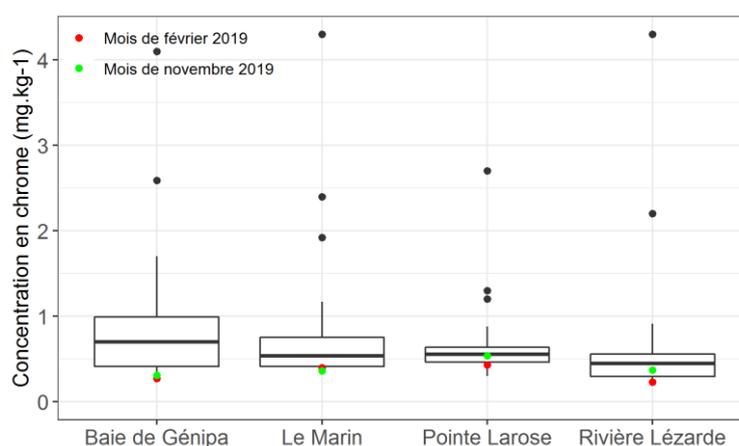


Figure 7: Teneurs en chrome total (en mg.kg⁻¹ poids sec) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2019).

Les concentrations en chrome enregistrées en 2019 sont faibles et homogènes sur l'ensemble des sites. Elles sont également très proches entre les deux saisons.

Cobalt

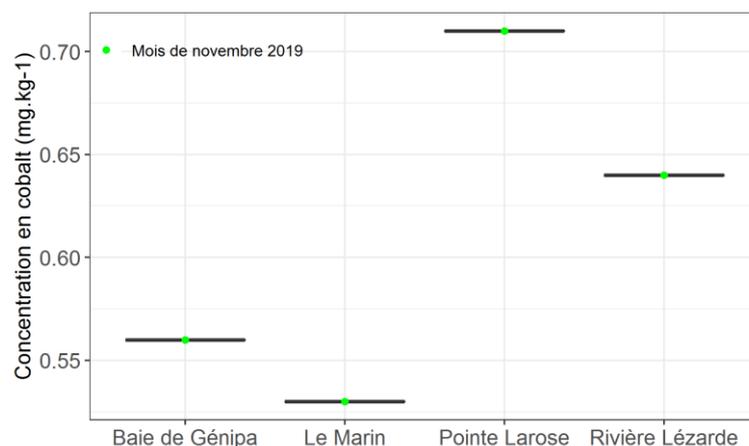


Figure 8: Teneurs en cobalt (en mg.kg⁻¹ poids sec) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2019).

Tout comme l'arsenic, le cobalt est mesuré pour la première fois en novembre 2019. Les concentrations mesurées sont relativement proches entre les stations et varient de 0.53 mg/kg au Marin à 0.71 mg/kg à Pointe Larose.

Cuivre

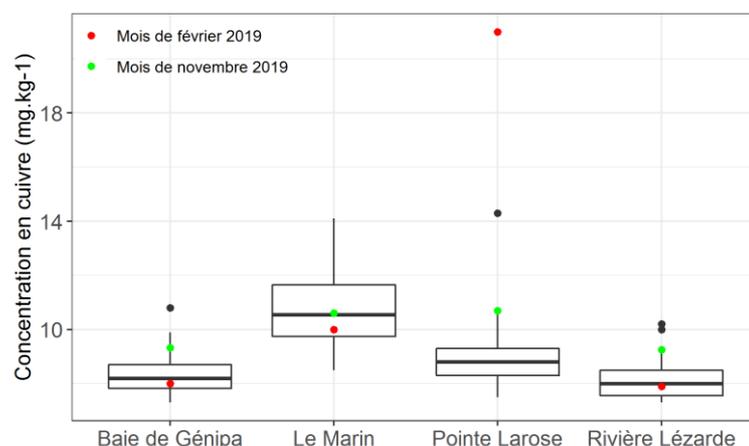


Figure 9: Teneurs en cuivre (en mg.kg⁻¹ poids sec) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2019).

La concentration en cuivre est particulièrement élevée à Pointe Larose au mois de février avec une valeur de 21 mg/kg, concentration la plus élevée observée depuis le début du suivi pour l'ensemble des stations. Les variations sont hétérogènes entre les saisons : les concentrations en cuivre sont presque toujours plus élevées en novembre qu'en février, sauf pour Pointe Larose en 2019.

Mercure

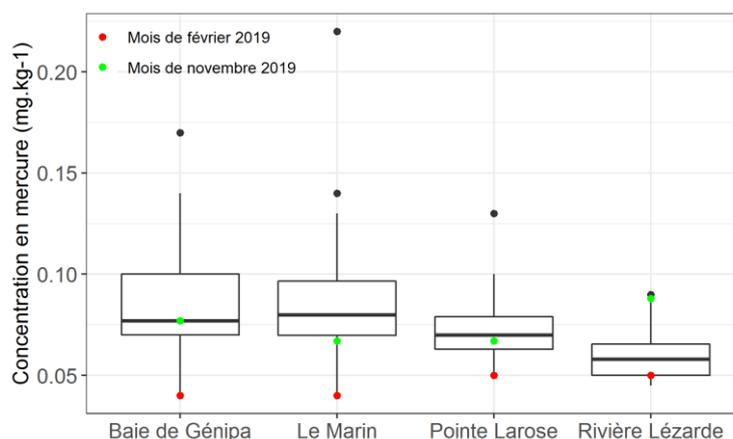


Figure 10: Teneurs en mercure (en mg.kg^{-1} poids sec) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2018).

Les concentrations en mercure sont faibles et relativement stables sur l'ensemble des stations. Le contraste entre les saisons est bien visible avec des valeurs toujours plus élevées en novembre qu'en février pour les 4 stations. Les valeurs de février 2019 sont parmi les plus faibles de la période pour l'ensemble des stations.

Nickel

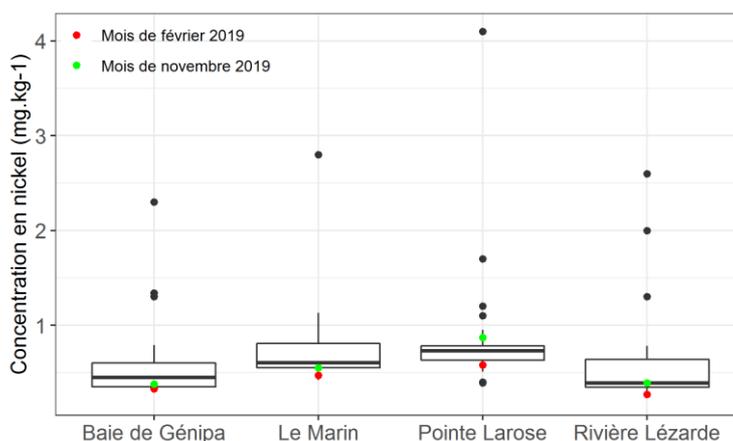


Figure 11: Teneurs en nickel (en mg.kg^{-1} poids sec) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2019).

Les concentrations en nickel enregistrées en 2019 sont parmi les plus faibles de la série à l'exception des résultats du mois de novembre pour la station Pointe Larose. On observe encore un léger effet saisonnier : les concentrations sont supérieures en novembre pour toutes les stations, bien que la différence entre les deux périodes ait diminué en 2019.

Plomb

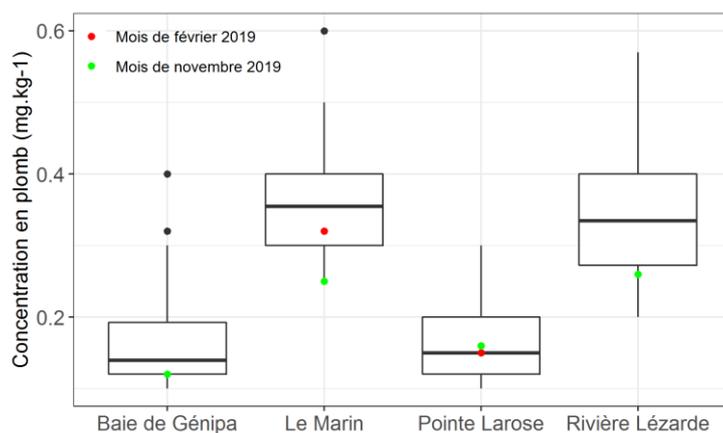


Figure 12: Teneurs en plomb (en mg.kg^{-1} poids sec) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2019).

Les concentrations en plomb enregistrées en 2019 sont également parmi les plus faibles de la série. On ne distingue pas d'effet saisonnier marqué pour ce paramètre.

Vanadium

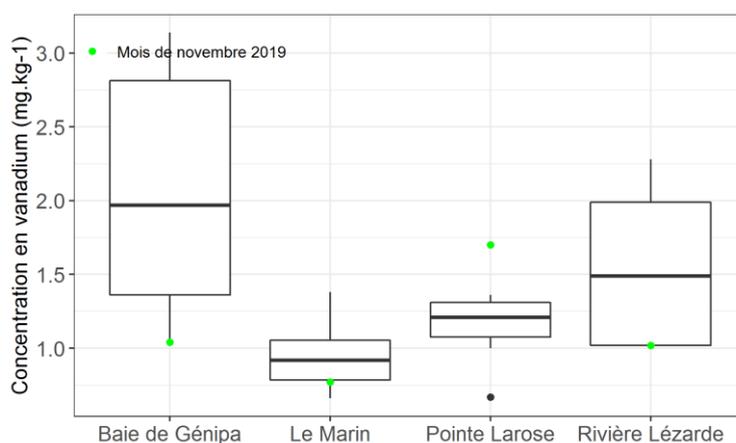


Figure 13: Teneurs en vanadium (en mg.kg^{-1} poids sec) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2019).

Le vanadium a été mesuré sporadiquement sur la période d'étude avec 4-5 prélèvements répartis tout au long de l'année de 2003 à 2005, puis 2 prélèvements à différentes périodes en 2006 et 2007 avant d'être de nouveau analysé en novembre 2019. Les concentrations en vanadium semblent avoir diminué en novembre 2019 par rapport à la même période entre 2003 et 2005 en baie de Génipa, au Marin et en rivière Lézarde. En revanche, elles ont augmenté à Pointe Larose sur cette période.

Zinc

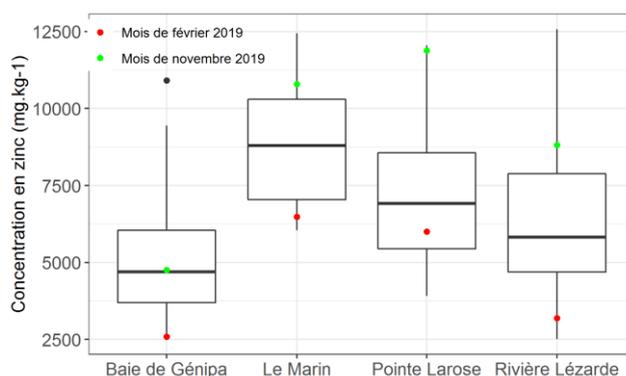


Figure 14: Teneurs en zinc (en mg.kg⁻¹ poids sec) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2019).

Les concentrations en zinc sont toutes plus fortes au mois de novembre avec une valeur particulièrement élevée sur la station Pointe Larose.

Commentaires généraux:

La différence marquée entre les saisons observée sur le cadmium, le cuivre, le mercure et le zinc peut être liée à l'état physiologique des huîtres au moment du prélèvement. En métropole, sur les moules, l'utilisation d'un indice de condition (rapport entre le poids de chair sec et le poids de coquille) comme indicateur de l'état physiologique du coquillage permet de « pondérer » les valeurs brutes obtenues. Cette technique d'ajustement est utilisée pour l'interprétation des résultats dans le cadre du réseau de surveillance « RINBIO » portant sur 93 stations immergées réparties sur le littoral méditerranéen (Andral, 1998, 2004).

Les résultats 2019 témoignent d'une contamination atypique sur la station Pointe Larose. Au mois de février la concentration en cuivre est très élevée et, au mois de novembre, cette station enregistre également les concentrations les plus fortes pour de nombreux autres métaux. L'hypothèse des échouements de sargasses évoquée pour expliquer la concentration plus élevée en arsenic, mérite d'être étudiée pour les autres métaux.

3.2.2 Niveau global de la contamination

Les niveaux de contamination sont comparés aux valeurs médianes obtenues en métropole sur une même période (2015-2019). Les espèces peuvent présenter des facultés naturelles différentes de bioaccumulation vis-à-vis des différents polluants et être la raison des écarts observés entre les régions. En métropole le suivi étant réalisé sur deux autres espèces, (l'huître creuse *Crassostrea gigas* et la moule *Mytilus edulis*), cette comparaison est donnée à titre d'information, notamment vis-à-vis des seuils sanitaires. Les concentrations sont toutes exprimées en mg/kg de poids humide.

Les concentrations médianes en zinc en Martinique sont toutes supérieures aux concentrations médianes nationales (Figure 15) obtenues en métropole. Il y a une légère augmentation de la valeur médiane en zinc à la station Pointe Larose sur la période 2015-2019 par rapport à la période 2014-2018.

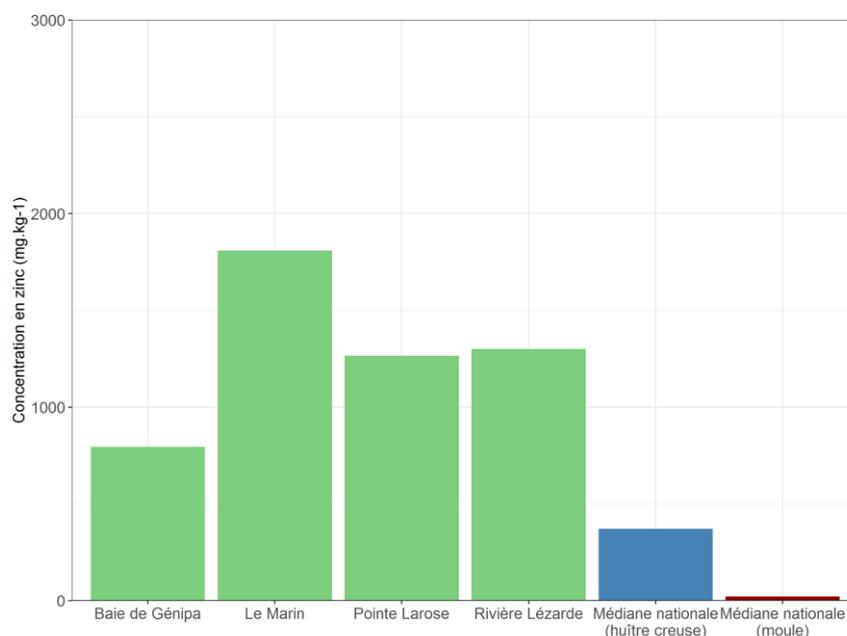


Figure 15: Valeurs médianes des contaminations en zinc sur la période 2015-2019

Les valeurs médianes pour le cadmium, le mercure, le nickel et le plomb sont toutes inférieures aux valeurs médianes nationales pour la période 2015-2019. Les médianes de ces contaminants chimiques en Martinique pour la période 2015-2019 sont également largement inférieures aux seuils sanitaires réglementaires¹ (cadmium 1.0 mg/kg poids frais, mercure 0.5 mg/kg poids frais et plomb 1.5 mg/kg poids frais). On note une légère augmentation de la médiane en cadmium sur la station Pointe Larose par rapport à la période 2014-2018.

¹ Règlement (CE) n°1881/2006 pour le classement des zones conchylicoles

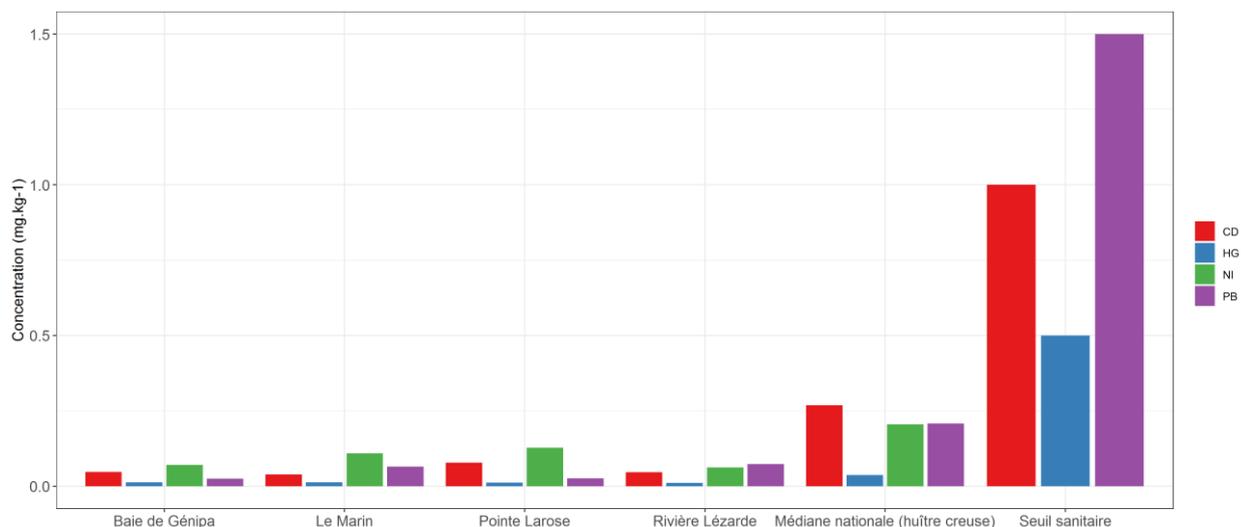


Figure 16: Valeurs médianes de quatre contaminations (CD, HG, NI, PB) sur la période 2015-2019.

Les concentrations en cuivre sur les quatre stations de Martinique sont largement inférieures aux concentrations médianes nationales obtenues sur l’huître creuse *Crassostrea gigas* mais très proches de celles obtenues sur la moule *Mytilus edulis* (Figure 17). Cette dernière espèce est connue pour réguler le cuivre. Il est possible que l’huître de palétuvier *Isognomon alatus* dispose de cette même faculté, ce qui expliquerait les niveaux très proches observés sur les quatre stations de Martinique.

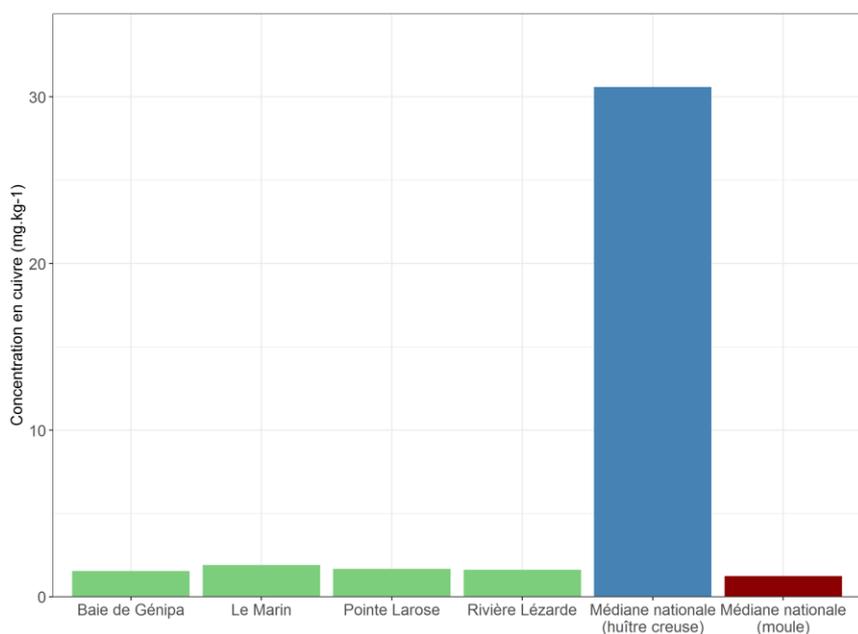


Figure 17: Valeurs médianes des contaminations en cuivre sur la période 2015-2019.

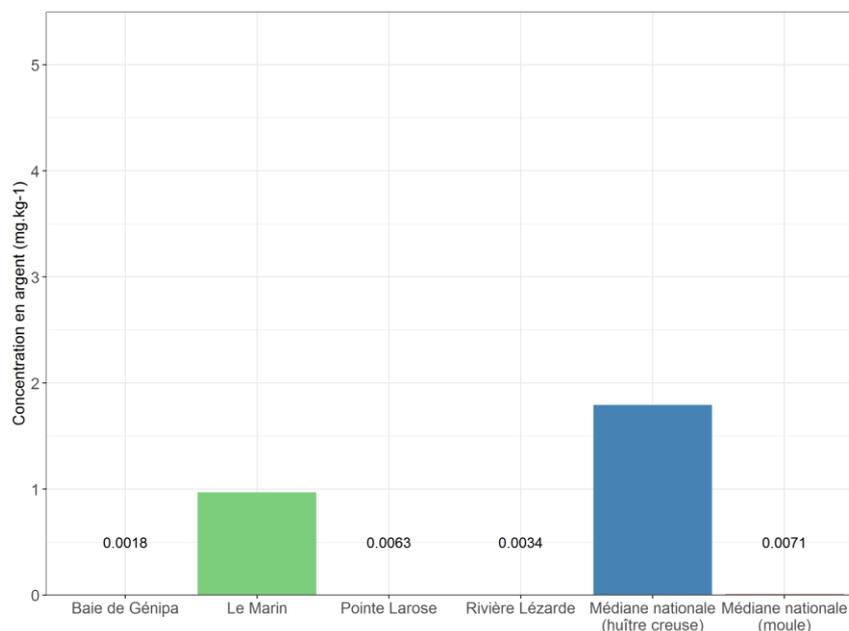


Figure 18: Valeurs médianes des contaminations en argent sur la période 2015-2019.

La situation pour l'argent est très contrastée. Le niveau de concentration enregistré sur la station du Marin est toujours très largement supérieur à celui des trois autres stations (Figure 18). La concentration médiane en argent sur la station du Marin est légèrement inférieure à la concentration médiane nationale. Cependant, la médiane de métropole n'est calculée avant 2020 que sur un petit nombre de points, elle est donnée à titre indicatif.

Commentaires généraux :

La comparaison des niveaux de contamination avec ceux du littoral métropolitain est difficile car les espèces suivies peuvent répondre différemment aux concentrations présentes dans le milieu. Le cas du cuivre en est un bon exemple. Les plus faibles concentrations observées en Martinique pour cet élément semblent liées à la faculté de l'huître de palétuvier *Isognomon alatus* de le réguler, comme la moule *Mytilus edulis* en métropole. Il nous semble quand-même intéressant de présenter ces résultats en prenant les précautions nécessaires pour les interpréter. Cette analyse permet notamment d'alerter sur les niveaux de concentrations en zinc qui méritent des investigations complémentaires.

3.3.3 Evolution des concentrations dans le temps

Les graphiques suivants présentent l'évolution des concentrations dans le temps des sept contaminants métalliques, présentés par station. Sur les données des derniers trimestres, représentées en noir (●) sur les graphiques (trimestres retenus pour ce traitement en raison des concentrations plus élevées enregistrées à cette période de l'année pour certains contaminants) une régression locale pondérée (lowess) est ajustée, permettant de résumer l'information contenue dans la série par une tendance. Les deux courbes (en pointillés) encadrant la courbe de régression (ligne continue) représentent les limites de l'enveloppe de confiance à 95% du lissage effectué.

Résultats ROCCH 125-P-001 Martinique / Rivière Lézarde - Huître plate

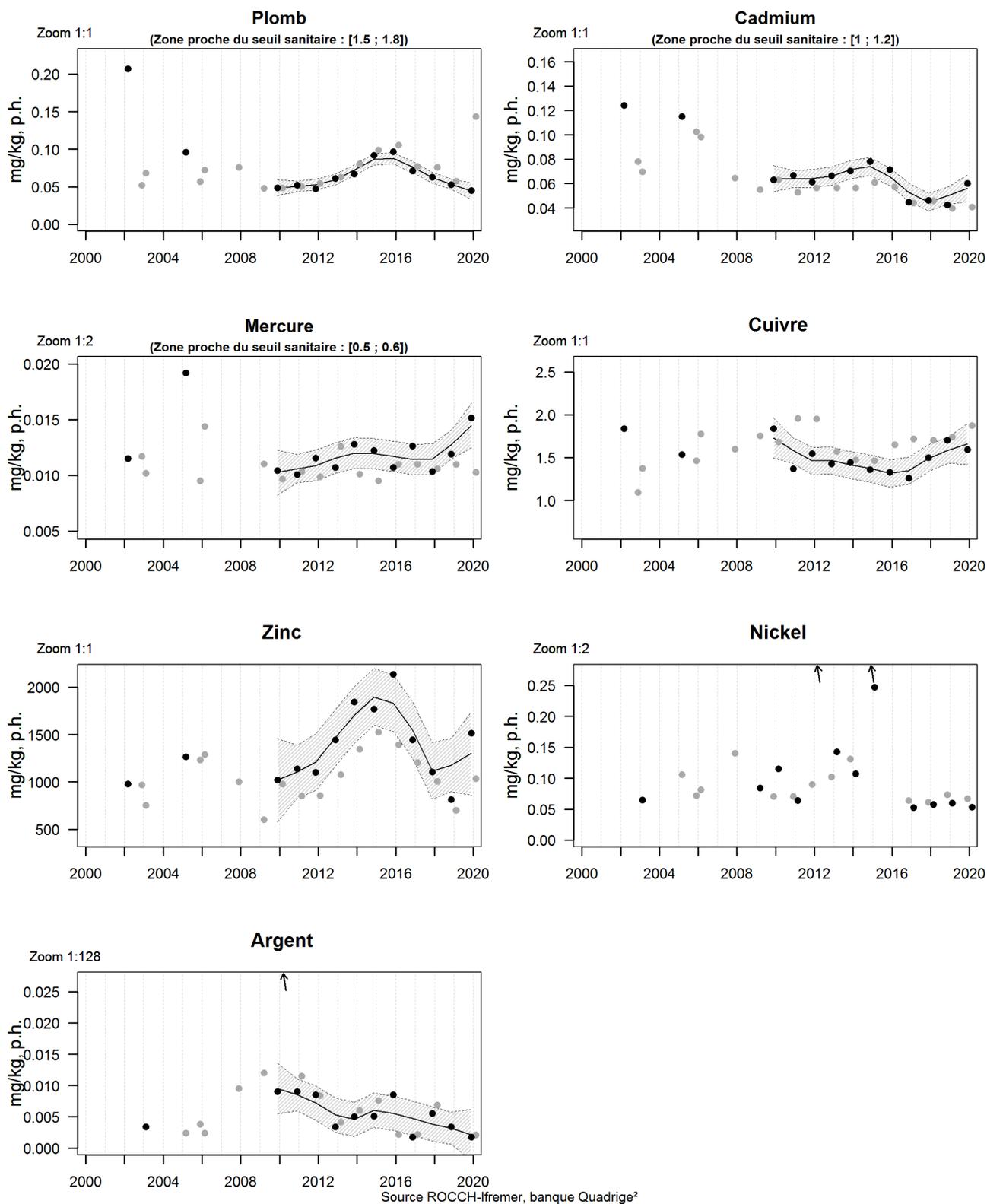


Figure 19: Evolution temporelle des contaminants métalliques (en poids frais) à Rivière Lézarde.

Résultats ROCCH
125-P-002 Martinique / Baie de Génipa - Huître plate

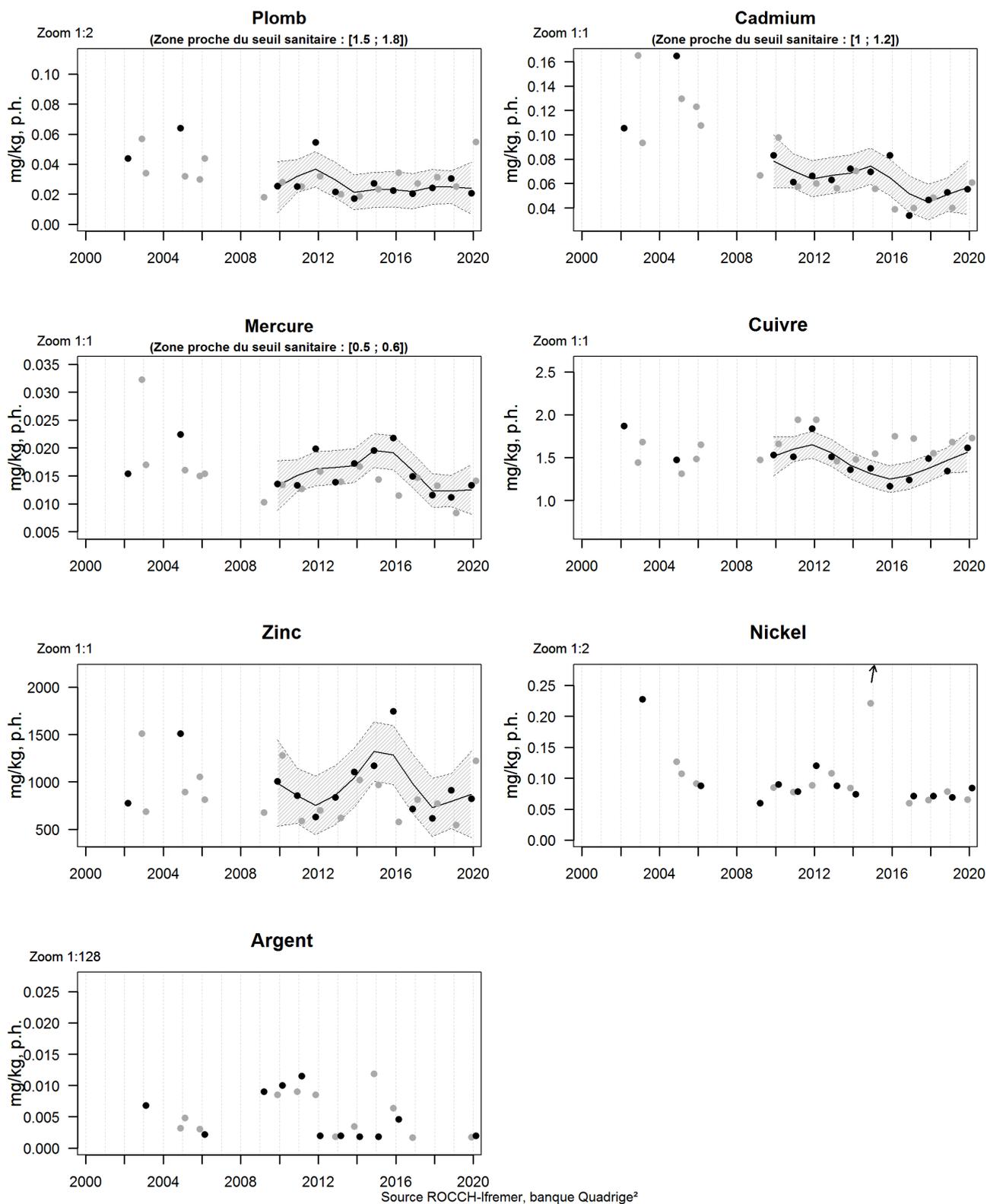


Figure 20: Evolution temporelle des contaminants métalliques (en poids frais) en baie de Génipa.

Résultats ROCCH
125-P-031 Martinique / Le Marin - Pointe Marin - Huître plate

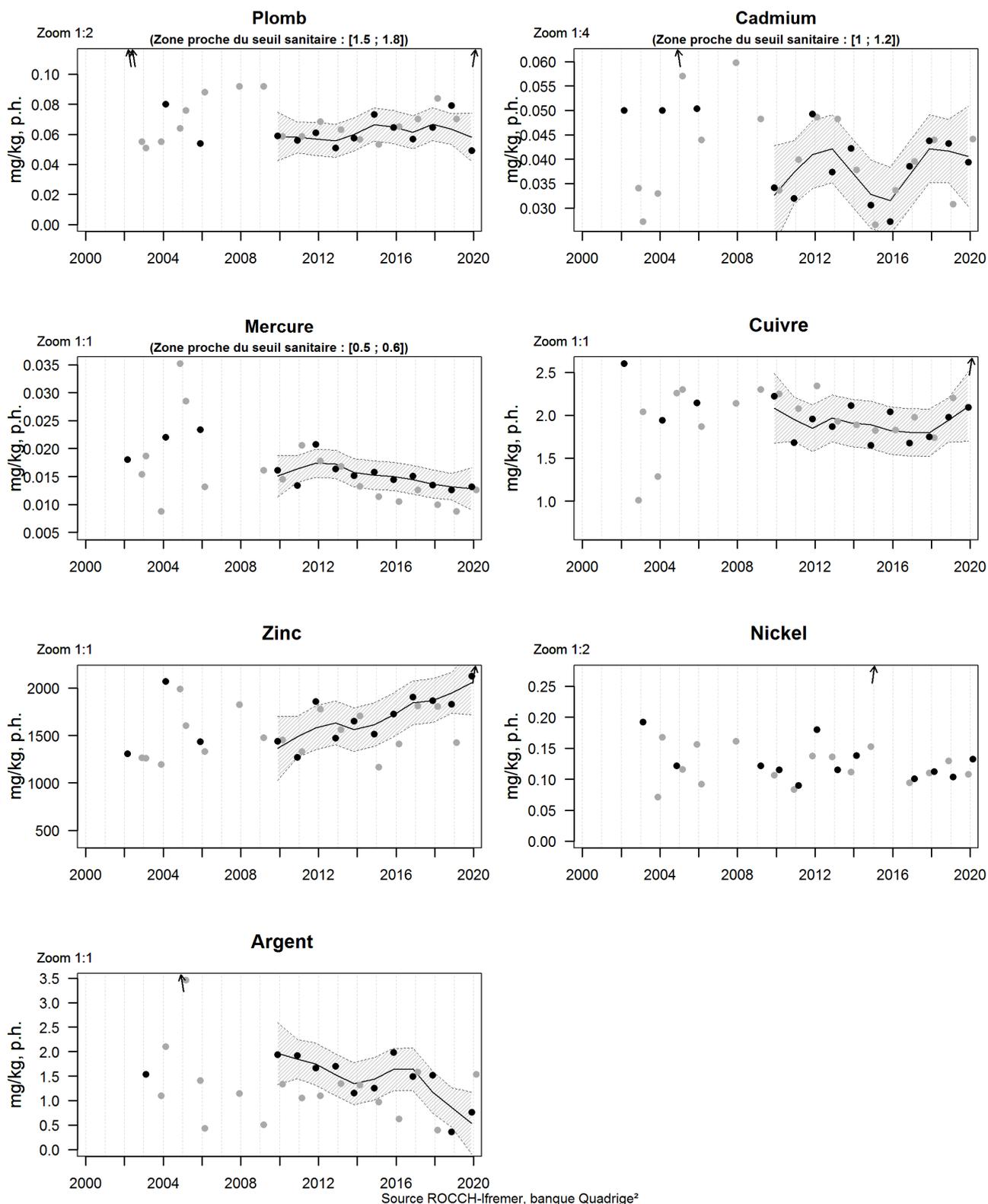


Figure 21: Evolution temporelle des contaminants métalliques (en poids frais) au Marin.

Résultats ROCCH
125-P-032 Martinique / Pointe Larose - Baie de Saintpée - Huître plate

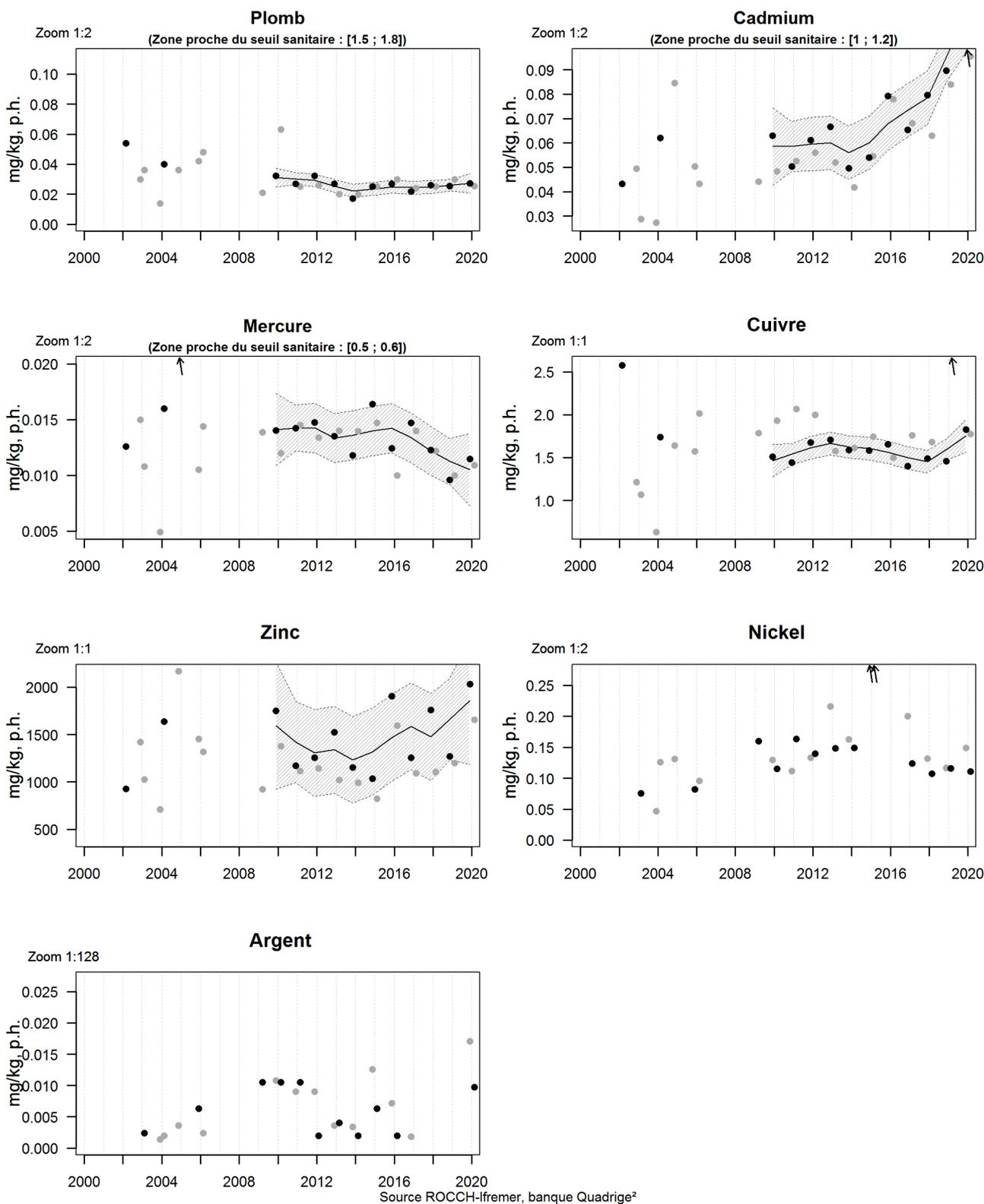


Figure 22: Evolution temporelle des contaminants métalliques (en poids frais) à Pointe Larose.

Rivière Lézarde

Après une augmentation très significative des concentrations en plomb, en zinc et en nickel entre les années 2012 et 2015, on assiste en 2016 à une diminution des concentrations qui est confirmée en 2019 pour le plomb et le nickel. Pour le zinc, la tendance semble s'inverser en 2019 avec une augmentation par rapport à 2018. Les concentrations en cadmium et mercure sont elles aussi en augmentation depuis 2018, tandis que celle de cuivre est en augmentation depuis 2016. Pour l'argent, la diminution des concentrations observée depuis 2015 se poursuit.

Baie de Génipa

Les concentrations en cadmium, mercure et zinc diminuent entre 2016 et 2018. En 2019, elles se stabilisent pour le mercure tandis qu'elles augmentent pour le cadmium et le zinc. Pour le cuivre, on observe une augmentation des concentrations depuis 2016. Les concentrations en plomb, argent et nickel sont constantes.

Baie du Marin – pointe Marin

Les concentrations en plomb diminuent en 2019. La tendance d'augmentation des concentrations en cadmium observée depuis fin 2016 s'inverse en 2019 avec une diminution par rapport à 2018. Les concentrations en mercure continuent à diminuer depuis 2014 tandis que celle du cuivre augmentent en 2019. Pour le zinc, l'augmentation des concentrations se poursuit depuis 2014 et celles de nickel sont constantes depuis 2015. Enfin, les concentrations en argent sont en diminution depuis 2017.

Pointe Larose – Baie de Saintpée

Les concentrations en plomb sont constantes depuis plusieurs années mais les concentrations en cuivre augmentent en 2019. Le cadmium continue à augmenter, la concentration en novembre 2019 est la plus forte enregistrée depuis le début du suivi à cette station et dépasse donc la valeur de novembre 2018, la plus élevée jusqu'à cette année. On observe également une augmentation des concentrations en zinc en 2019. Les concentrations en mercure continuent à diminuer en 2019 et celles de nickel sont constantes depuis 2017.

3.3. Résultats des contaminants organiques

Les résultats bruts sont présentés dans le Tableau 4. Le nombre de contaminants analysés a légèrement augmenté par rapport à 2018 avec les mesures de Benzo(c)fluorène et 5-Methylchrysène. Les concentrations des pesticides sont rarement quantifiées du fait des limites de quantification du laboratoire.

Tableau 4 : Concentrations des HAP, PCB et pesticides organochlorés exprimés en $\mu\text{g.kg}^{-1}$ de poids humide pour l'année 2019. NM : non mesuré, jaune : valeur en attente d'expertise.

		Baie de Génipa		Le Marin		Baie de Saintpée		Rivière Lézarde	
		Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre
Acénaphène	HAP	0.02	0.08	0.02	0.04	0.02	0.07	0.03	0.04
Acénaphthylène	HAP	0.02	< 0.05	0.03	0.08	0.03	< 0.05	0.02	< 0.05
Anthracène	HAP	1.77	0.30	1.71	0.33	1.07	0.29	1.01	0.29
Benzo(a)anthracène	HAP	0.02	0.05	0.03	0.13	0.01	0.03	0.03	0.06
Benzo(a)pyrène	HAP	0.03	0.02	< 0.03	0.02	< 0.03	0.01	0.04	0.02
Benzo(b)fluoranthène	HAP	0.08	0.07	0.06	0.03	0.03	0.02	0.07	0.04
Benzo(c)fluorène	HAP	0.02	0.01	0.03	0.003	0.02	0.002	0.03	0.01
Benzo(g,h,i)peryène	HAP	0.07	0.04	0.06	0.03	< 0.04	0.02	0.10	0.04
Benzo(j)fluoranthène	HAP	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	0.04	0.01
Benzo(k)fluoranthène	HAP	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02
Chrysène	HAP	0.03	0.02	0.07	0.05	0.04	0.02	0.06	0.05
5 Methylchrysène	HAP	NM	0.003	NM	0.003	NM	0.002	NM	0.003
Cyclopenta(c,d)pyrène	HAP	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.12	0.04
Dibenzo(a,h)anthracène	HAP	0.03	0.02	0.05	0.03	< 0.02	0.00	0.02	0.01
Fluoranthène	HAP	0.47	0.16	0.48	0.12	0.36	0.10	0.86	0.21
Fluorène	HAP	0.60	0.05	0.80	0.09	0.58	0.20	0.31	0.13
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	HAP	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02
Naphtalène	HAP	0.09	0.13	0.10	0.20	0.10	0.11	0.13	0.11
Phénanthrène	HAP	3.49	1.61	3.23	1.75	2.46	1.57	3.09	1.57
Pyrène	HAP	1.38	0.46	1.34	0.22	0.94	0.19	2.56	0.47
Congénère de PCB 101	PCB	0.039	0.033	0.119	0.091	0.015	0.008	0.145	0.081
Congénère de PCB 118	PCB	0.019	0.014	0.141	0.102	0.011	0.009	0.062	0.032
Congénère de PCB 138	PCB	0.106	0.066	0.497	0.261	0.055	0.028	0.996	0.354
Congénère de PCB 153	PCB	0.292	0.197	0.705	0.350	0.110	0.053	2.138	0.710
Congénère de PCB 180	PCB	0.099	0.058	0.194	0.090	0.107	0.047	0.900	0.282
Congénère de PCB 28	PCB	0.014	0.010	0.018	0.013	0.013	0.009	0.017	0.015
Congénère de PCB 52	PCB	0.029	0.013	0.034	0.018	0.019	0.006	0.053	0.012
Alpha-HCH (Hexachlorocyclohexane)	Pesticide	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Beta-HCH (Hexachlorocyclohexane)	Pesticide	< 0.2	< 0.2	0.24	< 0.2	Traces (0.2)	< 0.2	Traces (0.18)	< 0.2
Delta-HCH (Hexachlorocyclohexane)	Pesticide	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Lindane ou Gamma-HCH (Hexachlorocyclohexane)	Pesticide	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Chlordécol	Pesticide	0.59	0.12	< 0.045	0.12	< 0.041	0.28	2.65	4.22
Chlordécone	Pesticide	21.15	20.80	0.26	1.06	2.03	6.48	69.17	230.47
Chlordécone 5b hydro	Pesticide	2.42	1.00	< 0.089	< 0.06	< 0.083	1.17	11.11	18.81
Dichlorodiphényl dichloréthane pp'	Pesticide	< 0.2	Traces (0.07)	< 0.2	Traces (0.10)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Dichlorodiphényl dichloréthylène pp'	Pesticide	Traces (0.13)	Traces (0.11)	1.5	0.57	< 0.2	< 0.2	Traces (0.19)	Traces (0.09)
Dichlorodiphényl trichloréthane pp'	Pesticide	< 0.2	< 0.5	< 0.2	< 0.5	< 0.2	< 0.5	< 0.2	< 0.5
Dichlorodiphényl trichloréthane op'	Pesticide	< 0.2	< 0.2	0.37	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2

HAP

Les HAP retrouvés en plus fortes concentrations sont comme en 2018 l'anthracène, le phénanthrène et le pyrène ($>1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de poids humide). Leurs concentrations sont supérieures au mois de février, avec des valeurs de phénanthrène dépassant $3 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de poids humide à cette période sur 3 des 4 stations. On note cependant que les concentrations en benzo(a)anthracène sont plus faibles qu'en 2018. Concernant le fluoranthène et le fluorène, non quantifiés en février 2018, leurs concentrations sont plus élevées en février qu'en novembre 2019. Il faut noter que le fluorène fait partie des composés légers dont l'analyse est entachée d'une incertitude supérieure à 50%.

PCB

Les concentrations des différents congénères de PCB sont assez fréquemment quantifiées dans les huîtres des 4 stations. Les concentrations maximales sont souvent enregistrées sur la station Rivière

Lézarde mais on note une diminution générale des concentrations sur cette station en 2019 par rapport à 2018. Vient ensuite la station du Marin avec des concentrations en PCB 138 et 153 en augmentation en 2019.

Pesticides organochlorés (sauf chlordécone)

Le DDT interdit depuis 1971, son isomère DDT op' ou ses produits de dégradation le DDD pp' et le DDE pp' n'ont été quantifiés en 2019 que sur la station du Marin. La concentration maximale de pp' DDE est enregistrée au mois de février avec $1.5 \mu\text{g.kg}^{-1}$, ce qui est en diminution par rapport à l'année précédente. Le DDT op' est uniquement détecté en février sur cette station avec $0.37 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Concernant le lindane (γ -HCH) et ses isomères, seul le β - Hexachlorocyclohexane est quantifié en février 2019, toujours au Marin, avec $0.24 \mu\text{g.kg}^{-1}$.

Chlordécone

Le chlordécone et ses métabolites (chlordécone 5b-hydro et chlordécol) font l'objet d'un suivi plus récent, démarré en 2009 pour le chlordécone, en 2012 pour le chlordécone 5b hydro, et en 2013 pour le chlordécol. Des doutes sur les premiers résultats conduisent à ne les prendre en compte qu'à partir de novembre 2012 (changement de laboratoire → LABOCEA Plouzané).

Le chlordécone est parmi les organochlorés recherchés celui qui est le plus fréquemment détecté et celui qui présente les concentrations les plus élevées. Les concentrations maximales sont enregistrées au mois de novembre dans la baie de Fort-de-France : $21 \mu\text{g.kg}^{-1}$ sur la station Baie de Génipa et $230 \mu\text{g.kg}^{-1}$ sur la station Rivière Lézarde (le seuil sanitaire est de $20 \mu\text{g.kg}^{-1}$). Ces concentrations sont en diminution par rapport à 2018 à l'exception de la station Rivière Lézarde en novembre 2019.

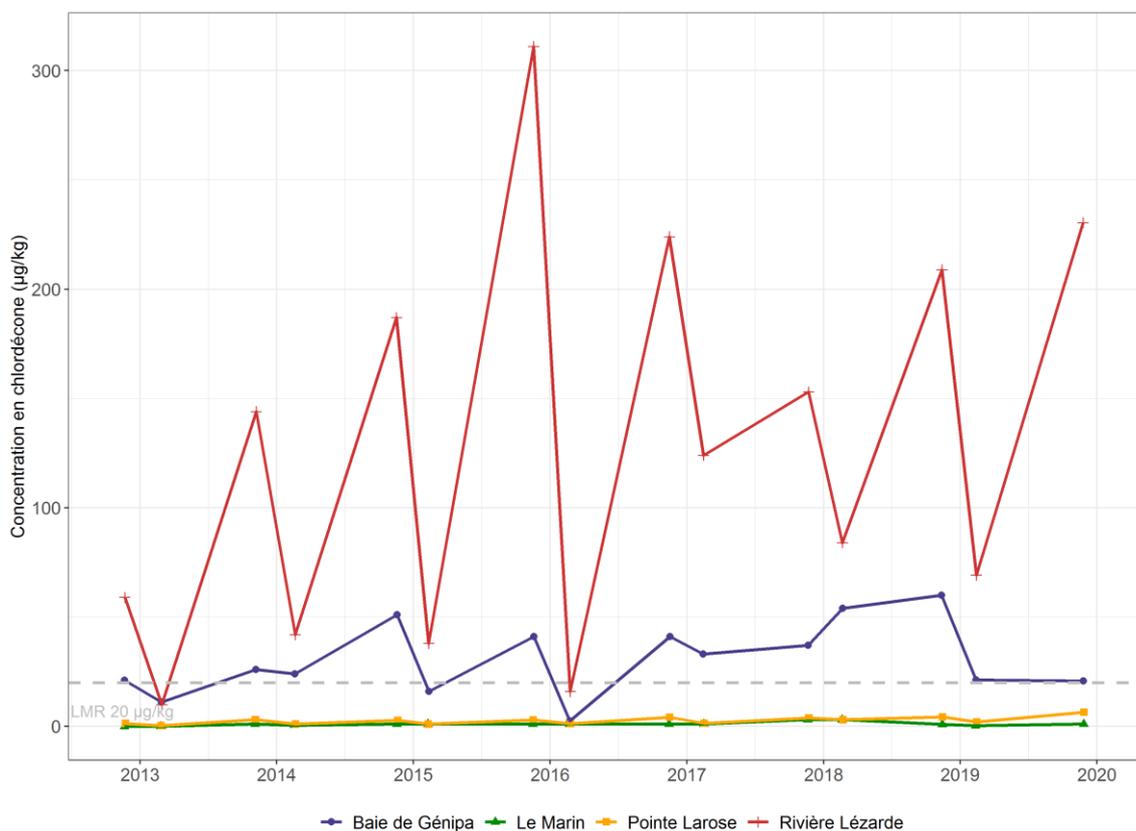


Figure 23: Evolution dans le temps des concentrations en chlordécone sur les 4 stations ROCCH.

La forte présence de chlordécone en baie de Fort-de-France, aux stations Baie de Génipa et Rivière Lézarde, est toujours observée en 2019 bien qu'elle ait diminué en baie de Génipa (Figure 23). Sur les stations Le Marin et Pointe Larose, les niveaux détectés sont très faibles, très proches du seuil de quantification. La concentration en chlordécone est 3 fois plus élevée en novembre par rapport à février pour toutes les stations sauf la Baie de Génipa, probablement due à un effet saison. Les niveaux mesurés en chlordécone dans les coquillages de la Rivière Lézarde et de la Baie de Génipa les classent impropres à la consommation (LMR = 20 $\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$ poids frais - arrêté du 30 juin 2008). Le chlordécone est par ailleurs le seul polluant spécifique retenu par l'arrêté surveillance du 7 août 2015 pour l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau côtières. L'arrêté du 27 juillet 2017 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 fixe la norme de qualité environnementale en moyenne annuelle dans le biote à 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Cette concentration est toujours largement dépassée aux deux stations de la baie de Fort-de-France et également dépassée en baie de Saintpée en novembre 2019 (6.48 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

Le laboratoire prestataire depuis novembre 2012 (LABOCEA à Plouzané) n'avait pas détecté le métabolite chlordécol depuis le début du suivi sauf en novembre 2015 (à une concentration tout juste supérieure à la limite de quantification de 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Le nouveau prestataire depuis novembre 2018, LABERCA-ONIRIS avec une limite de quantification plus basse, a détecté le chlordécol sur toutes les stations, entre 0.12 et 4.22 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Le 5b-hydro chlordécone est resté indétectable par le LABOCEA depuis novembre 2012 à cause du niveau de quantification mais a été mesuré par le LABERCA-ONIRIS aux deux périodes en baie de Fort-de-France ainsi qu'en baie de Saintpée en novembre 2019. Les concentrations du 5b-hydro chlordécone s'échelonnent de 1.00 (Baie de Génipa) à 18.81 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Rivière Lézarde).

3.3.2 Niveau global de la contamination

Globalement, les concentrations des polluants organiques évalués sont faibles et sont souvent très proches des limites de quantification.

Deux contaminants fréquemment utilisés sont considérés comme représentatifs de la pollution par les grandes familles de contaminants organiques : le fluoranthène pour les HAP, le congénère CB 153 pour les PCB. Les valeurs médianes du fluoranthène sont calculées sur la période novembre 2018-fin 2019 car les valeurs précédentes sont en grande majorité non quantifiées (inférieures à la limite de quantification 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Ces valeurs médianes du fluoranthène sont toutes bien inférieures à la valeur médiane nationale obtenue sur l'huître creuse *Crassostrea gigas* (Figure 24) et sont similaires entre toutes les stations de Martinique. La valeur médiane du PCB 153 en Rivière Lézarde est la plus élevée de toutes les stations et dépasse la valeur médiane nationale (encore une fois, cette comparaison est à prendre avec réserves car les espèces suivies ne sont pas les mêmes et peuvent présenter des capacités de bioaccumulations différentes).

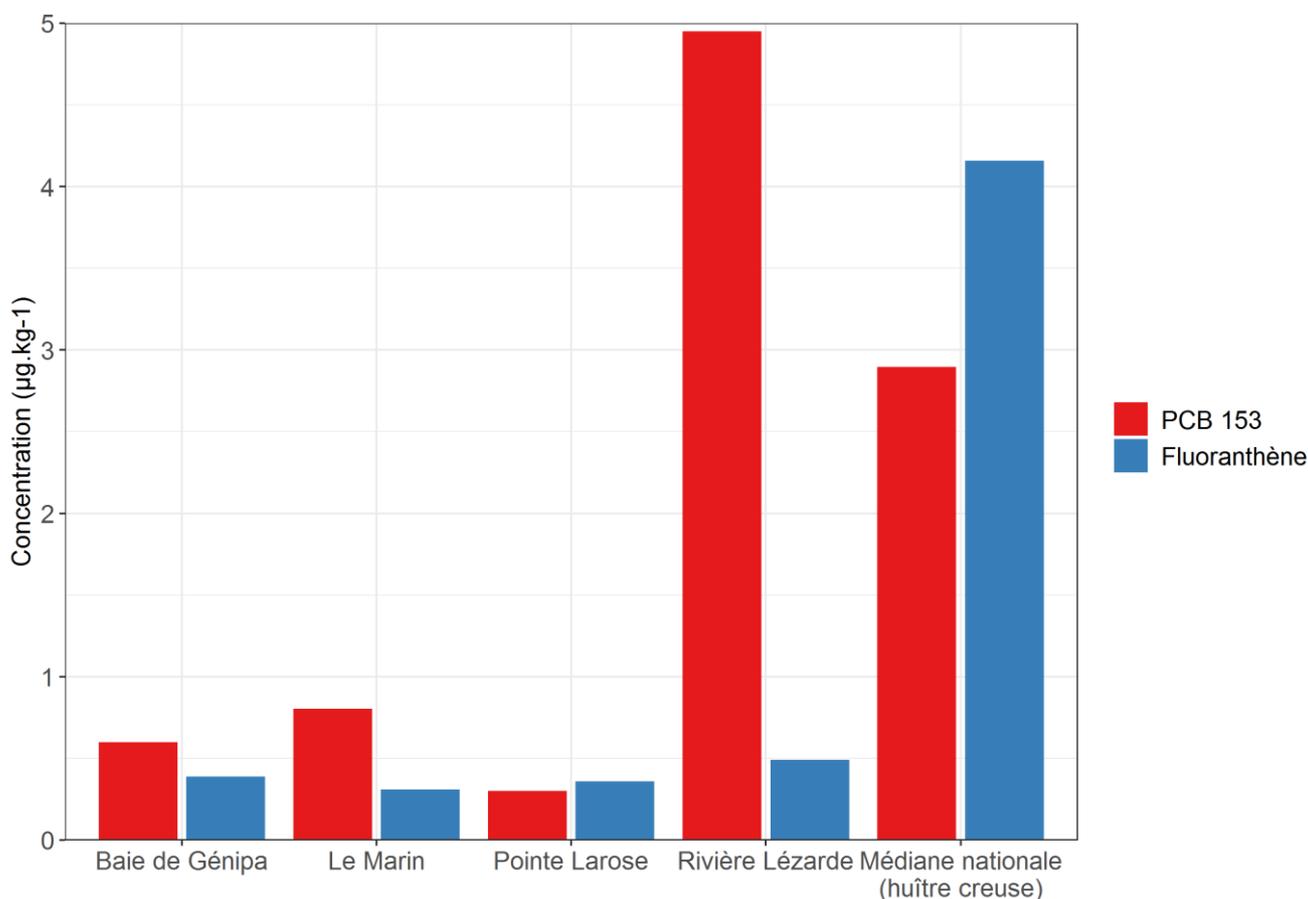


Figure 24: Valeurs médianes des contaminations pour deux contaminants organiques représentatifs sur la période 2015-2019 (en poids humide). Pour le fluoranthène, la période couverte est nov 2018-fin 2019 (résultats quantifiés > LQ).

3.3.3 Evolution des concentrations dans le temps

Les graphiques suivants présentent l'évolution des concentrations dans le temps de quelques molécules représentatives (fluoranthène, PCB 153, lindane et somme DDT+DDD+DDE) par station. Une régression locale pondérée (lowess) est ajustée sur le premier et le dernier trimestre de chaque année, permettant de résumer l'information contenue dans la série par une tendance. Les deux courbes (en pointillés) encadrant la courbe de régression (ligne continue) représentent les limites de l'enveloppe de confiance à 95% du lissage effectué.

Les seuils OSPAR présentés sur les graphiques CB 153 sont cités à titre d'information car ils concernent les eaux marines de l'Atlantique Nord Est, notamment pour les teneurs ambiantes d'évaluation (BAC) :

- Les BAC (teneurs ambiantes d'évaluation) sont des outils statistiques qui permettent de vérifier statistiquement si les teneurs moyennes relevées peuvent être considérées comme étant proches des teneurs ambiantes.
- Les EAC (Critère d'Evaluation Environnementale) sont des outils d'évaluation destinés à représenter la teneur d'un contaminant dans les sédiments et le milieu vivant au-dessous de laquelle on ne s'attend à aucun effet chronique sur les espèces marines, notamment les espèces les plus sensibles. Ces seuils peuvent donc s'appliquer pour la Martinique.

Résultats ROCCH
125-P-001 Martinique / Rivière Lézarde - Huître plate

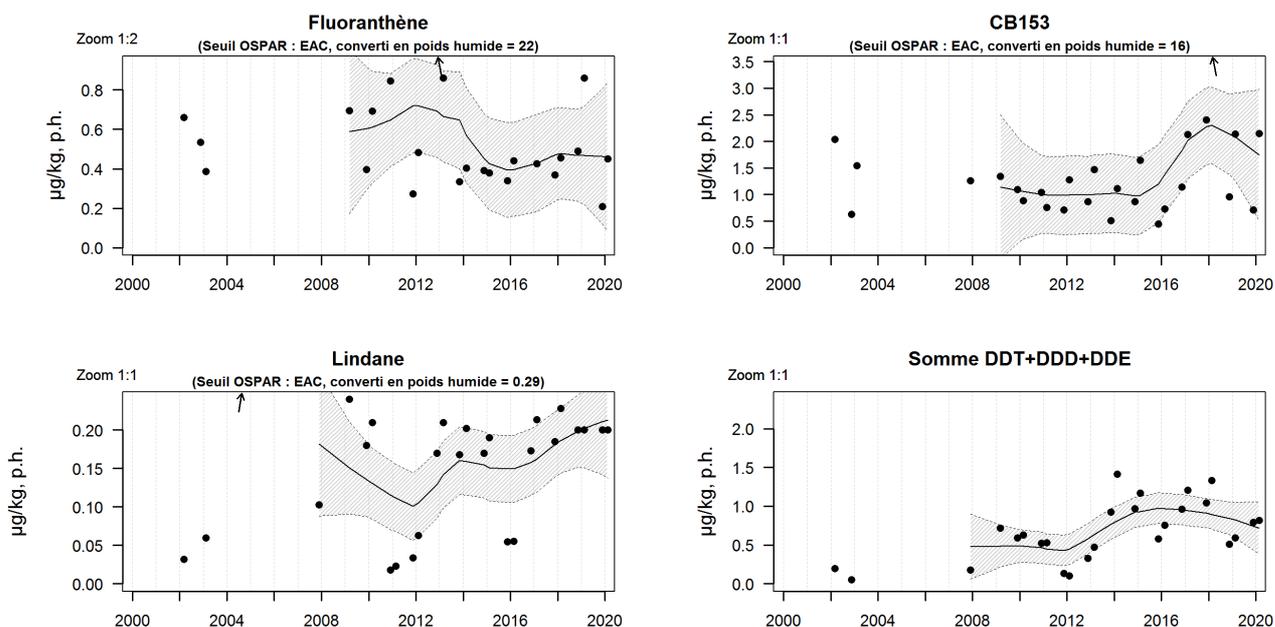


Figure 25 : Evolution dans le temps des polluants organiques sur la station Rivière Lézarde.

Résultats ROCCH
125-P-002 Martinique / Baie de Génipa - Huître plate

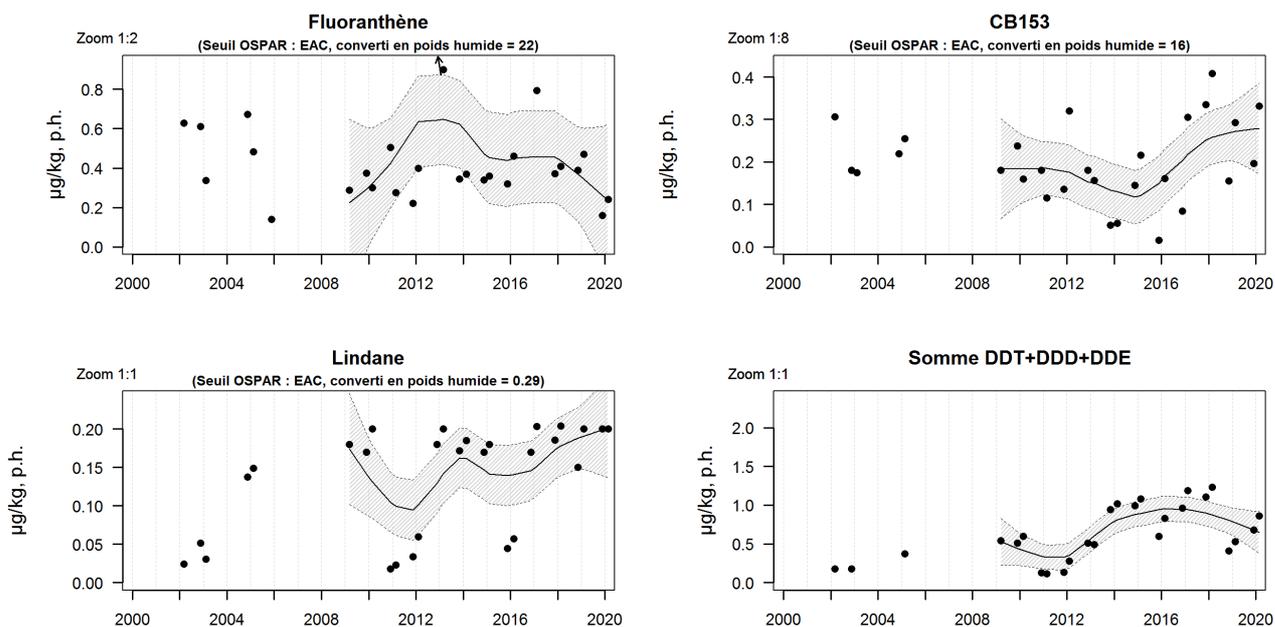


Figure 26: Evolution dans le temps des polluants organiques sur la station Baie de Génipa.

Résultats ROCCH
125-P-031 Martinique / Le Marin - Pointe Marin - Huître plate

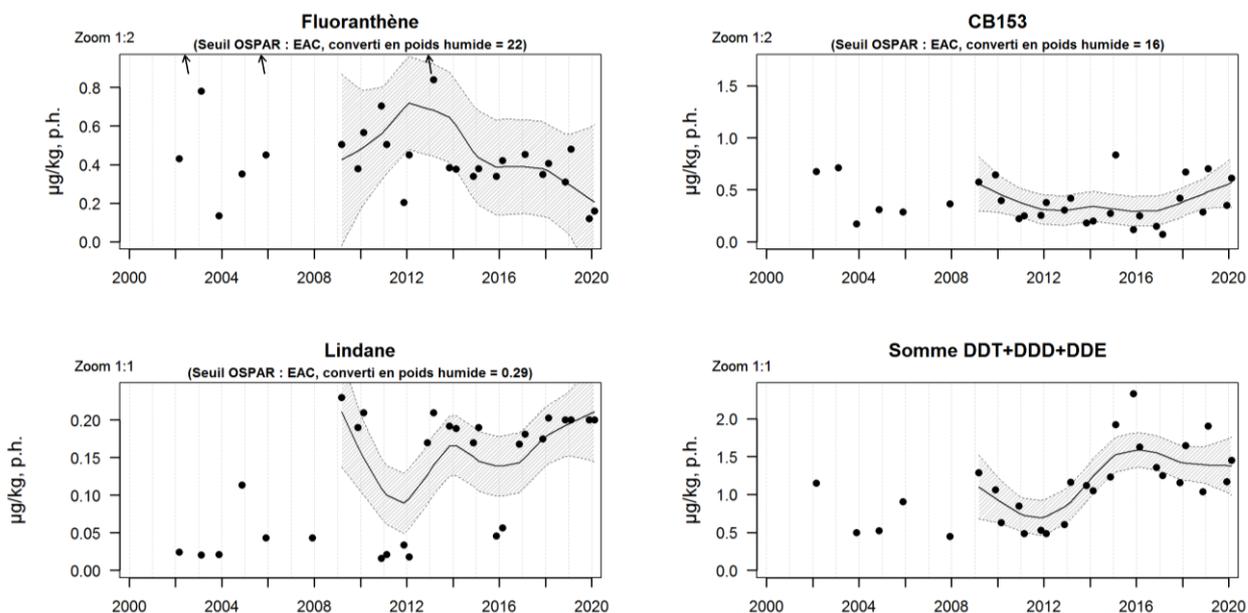


Figure 27: Evolution dans le temps des polluants organiques sur la station Baie du Marin – Pointe Marin.

Résultats ROCCH
125-P-032 Martinique / Pointe Larose - Baie de Saintpée - Huître plate

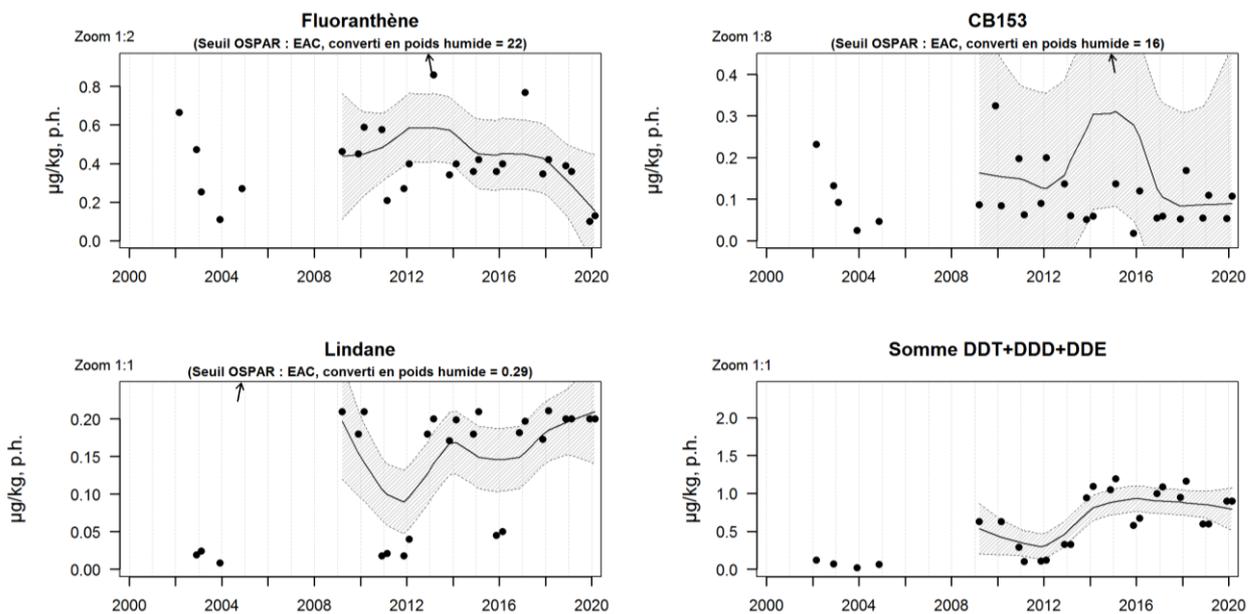


Figure 28: Evolution dans le temps des polluants organiques sur la station Pointe Larose – Baie de Saintpée.

Au cours du temps, les méthodes et les seuils de quantification ont évolué rendant difficile l'étude des évolutions temporelles de la contamination de certains polluants organiques. Ainsi, l'évolution des

concentrations entre 2012 et 2015 visible sur les graphiques pour le lindane et la somme DDT+DDD+DDE est due à une augmentation du seuil de quantification à cette période.

Les concentrations en fluoranthène sont en légère diminution sur toutes les stations à l'exception de Rivière Lézarde où elles semblent se stabiliser. On note cependant une très forte augmentation en février 2019 pour cette station avec 0.86 µg/kg de poids humide. Les concentrations en PCB 153 sont largement inférieures au seuil EAC (sans effet chronique) sur les 4 stations, et sont relativement stables en 2019 sur les stations en général. On observe une légère diminution en PCB 153 pour la Rivière Lézarde. Les concentrations en lindane sont difficilement interprétables car presque toujours inférieures à la limite de quantification. Enfin, la somme DDT+DDD+DDE est en diminution sur toutes les stations sauf au Marin où elles ont augmenté en 2019.

4. Conclusions et recommandations

Sur l'initiative de la DIREN et de l'ODE, le suivi de la qualité chimique des eaux côtières de la Martinique, s'est poursuivi après une interruption entre 2006 et 2009 d'une à trois années selon les points et les contaminants considérés.

L'organisation opérationnelle a mobilisé en 2019 :

- le bureau d'étude Impact-Mer pour les prélèvements, en lien avec la station Ifremer du Robert,
- le laboratoire de biogéochimie des contaminants métalliques de l'Ifremer à Nantes pour les analyses des métaux,
- le laboratoire d'analyse LABERCA-ONIRIS de Nantes pour l'analyse des molécules organiques et en particulier du chlordécone,
- la coordination ROCCH et la délégation Ifremer aux Antilles pour le pilotage du dispositif et l'archivage des données dans la base Quadrige,

La stratégie ROCCH a évolué en 2016 en métropole avec la concentration des échantillonnages sur une seule campagne, celle de février. **Les niveaux de concentration variables enregistrés au mois février et novembre en Martinique, notamment pour le chlordécone, indiquent une saisonnalité marquée qui nous conduit à proposer le maintien des deux prélèvements annuels.**

Les résultats obtenus en 2019 mettent en évidence la confirmation de la tendance d'une diminution des concentrations de la plupart des contaminants métalliques, à l'exception du cuivre et du zinc en augmentation. On note également une contamination atypique à la station de Pointe Larose en 2019 avec notamment une forte concentration en arsenic en lien probable avec les échouements de sargasses.

Les résultats confirment :

- une saisonnalité marquée avec des concentrations globalement plus élevées au mois de novembre. Ces différences pourraient s'expliquer en partie par une évolution de l'état physiologique des coquillages entre les deux saisons (engraissement, ponte avec perte de produits plus riches en lipides etc...) bien plus que par une évolution de la contamination du milieu.
- des concentrations en zinc qui apparaissent globalement plus élevées qu'en métropole. Il reste encore à déterminer si ces niveaux sont liés à la faculté naturelle de l'organisme *Isognomon alatus* à fortement bio-accumuler cet élément dans sa chair ou si les concentrations sont réellement plus élevées sur le littoral de Martinique (origine naturelle ou anthropique).
- les plus fortes teneurs en argent de la baie du Marin,
- les faibles niveaux pour les hydrocarbures (HAP), les PCB et les pesticides organochlorés, sauf pour le PCB 153 à Rivière Lézarde.
- des concentrations en chlordécone toujours très élevées en Baie de Fort de France particulièrement sur la station « Rivière Lézarde ».

Références

Allenou J.P. et al. 2018. Réseau d'observation de la contamination chimique (ROCCH)-Surveillance 2016 dans le biote en Martinique, 29 p. Rapport ODE 972.

Andral B. and col. 1998. Etude des niveaux de contamination chimique en méditerranée basée sur l'utilisation de stations artificielles de moules. Rapport de 35ème congrès de la CIESM, Dubrovnik 35 (1) 224-225

Andral B. and col. 2004. Monitoring chemical contamination levels in the Mediterranean based on the use of mussel caging. Marine Pollution Bulletin 49 (2204) 704-712

Bertrand J.A. Abarnou A., Bocquené G., Chiffolleau J.F. et Reynal L. 2009. Diagnostic de la contamination chimique de la faune halieutique des littoraux des Antilles françaises. Campagne 2008 en Martinique et Guadeloupe. Rapport 6896. Ifremer, Martinique. 136 p.

Chiffolleau J.F., Claisse D., Brach-Papa C., Durand G. 2014. Réseau d'observation de la contamination chimique (ROCCH). Surveillance 2013 dans le biote en Martinique. Rapport final. 11p.

De Rock P., Allenou J.P. (2018). Réseau d'observation de la contamination chimique (ROCCH)-Surveillance 2017 dans le biote en Martinique, 30 p. Rapport ODE 972.

De Rock P., Allenou J.P. (2019). RBE/BIODIENV/19-02. Réseau d'observation de la contamination chimique (ROCCH) - Surveillance 2018 dans le biote en Martinique, 35 p. Rapport ODE 972.

Grouhel A., Chiffolleau J.F., D., Brach-Papa C., Durand G. 2015. Réseau d'observation de la contamination chimique (ROCCH). Surveillance 2015 dans le biote en Martinique. Rapport final. 14p