



RBE-BIODIENV 23-01
Charlotte BOURDON • Eric ABADIE
Date : 28/09/2023



RESEAU D'OBSERVATION DE LA CONTAMINATION CHIMIQUE (ROCCH)

Surveillance 2021 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 2021 dans le biote en Martinique	
Référence interne : RBE/BIODIENV/23-01 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 : 2023/09/28 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, 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 cette année de 21 composés métalliques et de 69 molécules organiques issus de nombreuses familles (HAP, PCB, PCDD, PCDF, PBB, PBDE, organostannique, organochlorés, perfluorés...)</p> <p>Les résultats de 2021 semblent confirmer une décroissance de certains contaminants métalliques, mais montrent de fortes concentrations en zinc, cuivre, aluminium, fer et manganèse dans les huîtres, traduisant un fond hydrogéochimique naturel.</p> <p>Les concentrations des composés organiques sont globalement très faibles et souvent proche des LQ. Les concentrations en PCB indicateurs sont détectées et sont toujours très supérieures en rivière Lézarde par rapport aux autres stations. Les concentrations des différents composés mesurées dans les huîtres de palétuvier sont inférieures aux seuils environnementaux, à l'exception de la chlordécone qui dépasse la NQE fixée à 3 µg/kg p.h..</p>	
Mots-clés/ Key words : Contamination chimique – Martinique – ROCCH – HAP – PCB – Contaminants métalliques – Organochlorés - Chlordécone	
Comment citer ce document : Bourdon A. – Abadie E. (2022). RBE/BIODIENV/23-01. Réseau d'observation de la contamination chimique (ROCCH) - Surveillance 2021 dans le biote en Martinique, 50 p. Rapport ODE 972.	
Disponibilité des données de la recherche :	

SO

Commanditaire du rapport : ODE Martinique

Nom / référence du contrat : Convention d'application n°7 de la convention cadre de partenariat 2019-2023 pour une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) pour la mise en œuvre en 2021 du Réseau d'Observation de la Contamination Chimique (ROCCH) en Martinique

REF IFREMER 21/1002-018-CP n°7/ REF ODE : 080-08-2019/7

☐ Rapport intermédiaire

☒ 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
Charlotte Bourdon / charlotte.bourdon@ifremer.fr	RBE-BIODIVENV
Eric Abadie / eric.abadie@ifremer.fr	RBE-BIODIVENV

Encadrement(s) :

Destinataire : ODE Martinique

Validé par :

Anne Grouhel, Ifremer, centre de Nantes, unité RBE/Biogéochimie et Ecotoxicologie

Anne.Grouhel@ifremer.fr

Emmanuel Thouard, Ifremer, station de Martinique, unité RBE/Biodiversité et Environnement

Emmanuel.Thouard@ifremer.fr

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	8
2.3. Déroulement des opérations	10
2.3.1 Echantillonnage à la Martinique.....	10
2.3.2 Analyse en France hexagonale	10
3. Résultats 2021	11
3.1. Paramètres généraux	11
3.2. Résultats métaux	12
3.3. Résultats des contaminants organiques	33
3.3.2 Evolution des concentrations dans le temps	41
4. Conclusions et recommandations.....	44
Références.....	47

1. Préambule

Ce rapport présente les actions menées et les résultats acquis en 2021 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 2021 entre l'Office de l'Eau de la Martinique et l'Ifremer (REF IFREMER 21/1002-018-CP n°7/ REF ODE : 080-08-2019/7).

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,
- la rédaction de ce rapport.

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

Dans les eaux côtières de France hexagonale, la surveillance des concentrations en contaminants chimiques dans les organismes marins, utilisés comme indicateurs quantitatifs de contamination, a démarré en 1979. 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 d'huître plate des palétuviers *Isognomon alatus* a été choisie comme espèce indicatrice. Quelques prélèvements avaient été réalisés sur l'espèce *Crassostrea rhizophorae* entre 2002 et 2004 sur la station Rivière Lézarde. Les résultats acquis sur l'espèce *Crassostrea rhizophorae* ont été exclus du traitement des données de 2021 obtenues sur *Isognomon alatus* 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 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 comme représentatifs de la qualité de l'environnement marin et en tenant compte 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 pouvoir détecter les évolutions interannuelles, les prélèvements sont réalisés approximativement aux mêmes dates chaque année de manière à ne pas interférer avec les variations saisonnières. Pour des raisons pratiques d'organisation, les dates de prélèvement sont fixées respectivement en février et en novembre, avec une tolérance d'une semaine sur le mois d'avant et d'après pour tenir compte d'aléas météorologiques.

Les points de prélèvement suivis sont localisés sur la carte ci-dessous (Figure 1) et leur localisation précise est indiquée dans le tableau 1.

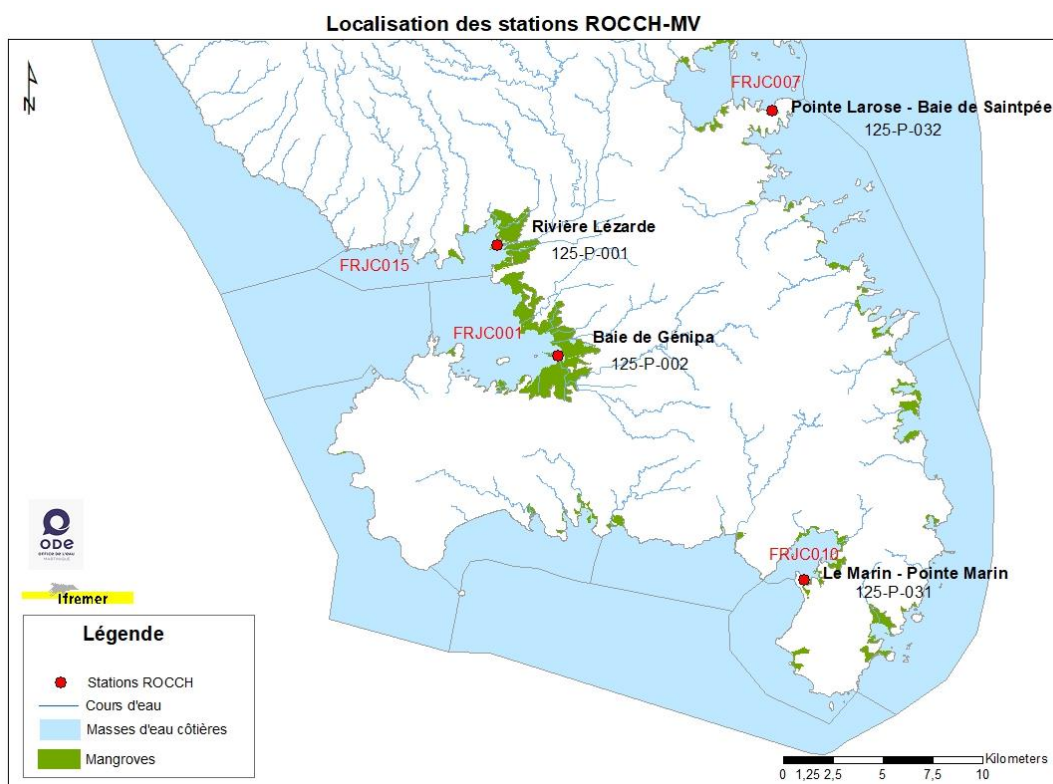


Figure 1 : Réseau d'observation des contaminants chimiques en Martinique - localisation des points de prélèvements de bivalves.

Les individus constitutifs d'un échantillon sont choisis dans une classe d'âge correspondant à des huîtres âgées de 2 à 4 ans pour éviter l'effet des facteurs biologiques (variations de la capacité de bioaccumulation au cours de la vie des mollusques). A défaut d'information précise sur l'âge des huîtres, on utilisera le proxy de la taille : l'échantillon devra être constitué d'huîtres de tailles comprises entre 60 et 100 mm.

Au cours de l'année 2020, une forte mortalité des huîtres avait eu lieu sur la station du Marin, ne laissant que peu d'individus de tailles supérieures à 60mm et quasi aucun recrutement n'avait été observé, rendant ainsi difficile, voire impossible les prélèvements sur ce site pour l'année 2021. Un rapport de prospection a été réalisé par Impact Mer en février 2021 pour (1) vérifier les observations faites en novembre sur la zone originelle impactée par la forte mortalité, (2) faire l'état des populations sur ce site avec une attention particulière pour les recrues et (3) de trouver un site dans le même secteur possédant des populations intactes pour pouvoir effectuer les prélèvements durant l'année 2021 et au-delà si besoin. La zone de prélèvement pour les campagnes de février et novembre 2021 se trouve à 600 m de la zone originelle et présente des grappes d'individus âgés ainsi que de nombreuses recrues.

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

Code Sandre	Mnémo Quadrigé	Libellé	Longitude WGS84	Latitude WGS84
8999401	125-P-001	Rivière Lézarde	-61.02095145	14.60080776
8999405	125-P-002	Baie de Génipa	-60.99345140	14.55047592
8999406	125-P-031	Le Marin - Pointe Marin	-60.87387441	14.44854068
8999407	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, polluant spécifique pris en compte pour l'état écologique). Elle est enrichie de contaminants d'intérêt émergent (métaux) pour le milieu marin. La liste est détaillée dans le tableau 2.

Tableau 2 : Molécules recherchées dans les échantillons de bivalves en Martinique.

Contaminants métalliques (21)	Argent (Ag), aluminium (Al), antimoine (Sb), arsenic (As), baryum (Ba), cadmium (Cd), chrome total (Cr), cobalt (Co), cuivre (Cu), étain (Sn) fer (Fe), lithium (Li), manganèse (Mn) mercure (Hg), molybdène (Mo), nickel (Ni), plomb (Pb), thallium (Tl), uranium (U) vanadium (V), zinc (Zn)
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (16 HAP)	Acénaphthène, acénaphthylène, 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, naphtalène, phénanthrène, pyrène, 5-

	methylchrysene
Polychlorobiphényles (PCB)	Congénères historiques : 28, 52, 101, 138, 153, 180 Nouveaux congénères : 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189
Pesticides organochlorés	Chlordécone, chlordécone-5b-hydro, chlordécol
PCDD (7) et PCDF (10)	PCDF-4, PCDF-5-1, PCDF-5-2, CDF-6-1, PCDF-6-2, PCDF-6-3, PCDF-6-4, PCDF-7-1, PCDF-7-2, PCDF-8 PCDD-4, PCDD-5, PCDD-6-1, PCDD-6-2, PCDD-6-3, PCDD-7, PCDD-8
PBDE (10)	PBDE-28, PBDE-47, PBDE-49, PBDE-66, PBDE-85, PBDE-99, PBDE-100, PBDE-153, PBDE-154, PBDE-183
Organostanniques	DBT, MBT, TBT
Autres	Chloro-alcane (C10-13), DEHP (phtalates), PFOA dont PFOS

Pour l'ensemble du ROCCH, les analyses des tissus de mollusques sont réalisées sous la responsabilité de l'Ifremer. Toutes les analyses du ROCCH sont regroupées en une seule série pour des raisons d'optimisation ; les échantillons du mois de novembre de l'année n (échantillons de la Martinique) sont analysés en même temps que les échantillons de février de l'année n+1 (échantillons de la France entière, y compris ceux de la Martinique) au cours du premier semestre de l'année n+1. Les résultats pour les points de la Martinique de l'année n sont donc disponibles au 2^{ème} semestre de l'année n pour les échantillons de février et au 2^{ème} semestre de l'année n+1 pour les échantillons de novembre. Les dosages des contaminants métalliques sont faits dans l'unité de la Contamination Chimique des Ecosystèmes Marins (CCEM) au centre Ifremer de Nantes. Ils sont mesurés dans les tissus broyés et lyophilisés, par ICP-MS après minéralisation totale dans un mélange HCl + HNO₃. Depuis 2020, l'équipement du laboratoire permet la réalisation simultanée du dosage de plusieurs éléments traces métalliques dont l'argent, l'arsenic, l'aluminium, l'antimoine, le baryum, le cobalt, l'étain, le fer, le lithium, le manganèse, le vanadium, l'uranium, le molybdène, le thallium et l'uranium.

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 ses métabolites) est réalisé par le laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments (LABERCA-ONIRIS) de Nantes dans le cadre du nouveau marché d'analyses. 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. Tous les résultats sont archivés dans la base de données Quadriga de l'Ifremer et en libre accès via le module SURVAL (<https://surval.ifremer.fr/>).

2.3. Déroulement des opérations

2.3.1 Echantillonnage à la 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 de mer 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 2021 le calendrier des prélèvements est fourni en tableau 3.

Tableau 3 : Bilan des prélèvements de mollusques en Martinique pour le ROCCH en 2021.

Points de prélèvement	1er semestre	2ème semestre
Baie de Génipa	09/02/2021	24/11/2021
Rivière Lézarde	10/02/2021	25/11/2021
Le Marin - Pointe Marin	08/02/2021	23/11/2021
Pointe Larose - Baie de Saintpée	11/02/2021	22/11/2021

2.3.2 Analyse en France hexagonale

Les échantillons congelés reçus à l'unité Contamination Chimique des Ecosystèmes Marins (CCEM) 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). 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 sur demande motivée auprès de la coordination ROCCH.

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

L'extraction des données, le traitement et la rédaction du rapport a été réalisé par la délégation Ifremer des Antilles.

3. Résultats 2021

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 2021 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 2021 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 et Pointe Larose en 2021. Les pourcentages en matière sèche sont autour de 20% à ces deux périodes de l'année (figure 3).

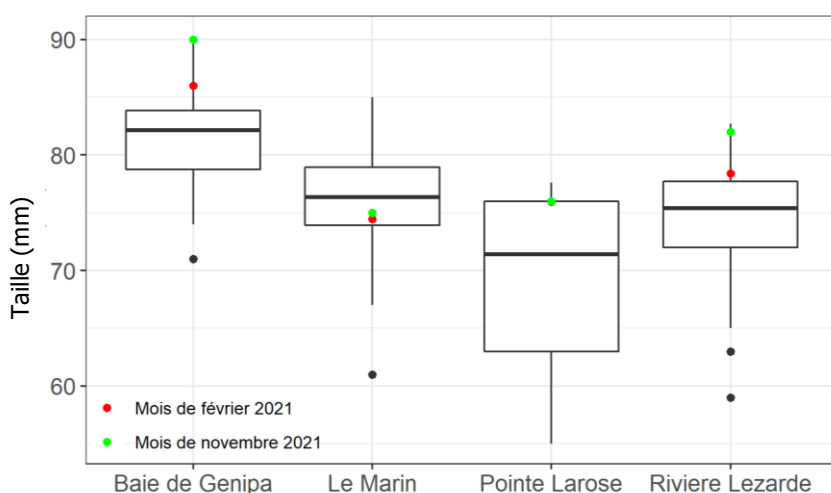


Figure 2: Tailles moyennes (en mm) des individus prélevés en 2021 sur les 4 stations

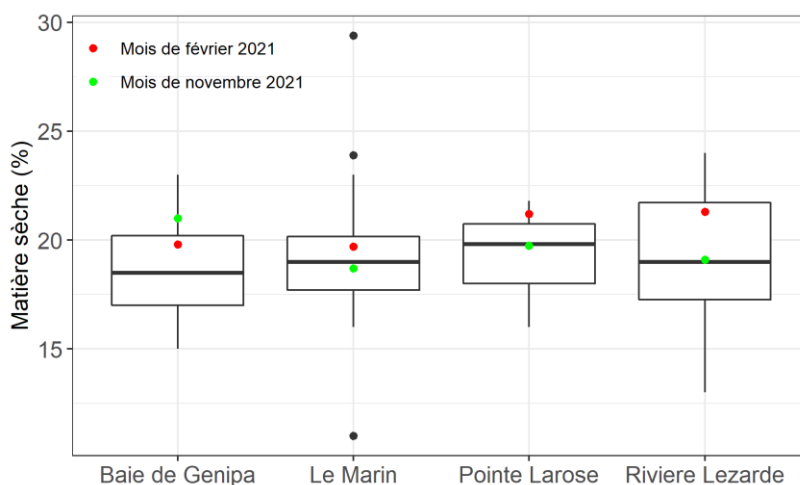


Figure 3: Répartition des pourcentages en matières sèches sur les 4 stations.

3.2. Résultats métaux

Les résultats 2021 sont présentés sur des graphiques « boîte à moustache » qui permettent de les situer par rapport à la dispersion des valeurs sur la période 2002-2021 (seuls les résultats des mois de février et novembre ont été retenus pour ce traitement).

Les concentrations sont toutes exprimées en mg/kg de poids sec. Les seuils de référence internationaux de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR sont exprimés **en mg/kg de poids humide**. La conversion des concentrations de poids sec à poids humide dépend du pourcentage de matière sèche. Comme décrit dans la figure 3, avec une moyenne d'environ 20% de matière sèche, **il y a un facteur 5 environ entre les concentrations en poids sec par rapport au poids humide**.

Argent

L'argent existe naturellement sous plusieurs degrés d'oxydation, les plus courants étant le degré 0 (Ag métal) et le degré +1 (sels AgCl, Ag₂S, AgNO₃, ...).

La majeure partie (environ 70 %) de l'argent extrait du sol est un sous-produit issu de l'extraction d'autres métaux tels le cuivre, le plomb ou le zinc. Il existe par ailleurs une filière de recyclage. Les secteurs d'utilisation de l'argent sont variés : monnaie (mais plutôt pour les pièces de collection), électrique et électronique, bijouterie, alliage, photographie (en déclin). Le nano-argent présente aussi une grande variété d'utilisations : biocide, textile, électronique et électroménager, emballages alimentaires et traitement de l'eau.

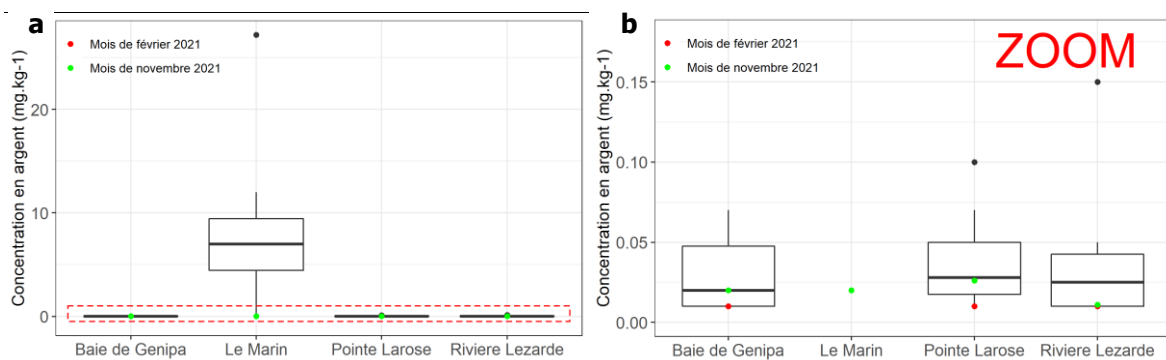


Figure 4 (a) et (b) : Teneurs en argent (en mg.kg⁻¹ poids sec) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2021).

4(a) échelle 0 à 15 µg/kg – 4(b) échelle 0 à 0.18 µg/kg.

En 2021, les teneurs en argent dans les tissus d'*Isognomon alatus* sont bas dans toutes les stations (<0.1 mg/kg ps) et sont compris entre 0.01 (LQ) et 0.03 mg/kg ps (figure 4b).

Les années précédentes, les concentrations en argent dans la baie du Marin sont toujours largement supérieures (autour de 5-10 mg/kg ps) aux teneurs enregistrées dans les autres secteurs de Martinique (Figure 4a). Cette année, c'est la première fois que l'on retrouve des

concentrations en argent dans la baie du Marin aux mêmes niveaux que les autres stations à la fois en février et en novembre 2021.

Cette diminution de concentration dans les tissus des huîtres, si elle se confirme sur les prélèvements suivants, peut s'expliquer par 2 hypothèses : (1) soit le rejet en argent dans la baie du Marin s'est arrêté et les huîtres ont eu le temps d'évacuer l'argent bioaccumulé depuis plusieurs années dans leurs tissus, auquel cas il va falloir surveiller cette tendance dans les prochaines années, (2) soit le nouveau point de prélèvement des huîtres (à 600 m du point initial en 2021) est exempt de cette pollution. Une attention particulière sera portée aux résultats des prochaines analyses (sur le nouveau point) afin de vérifier si les concentrations mesurées restent faibles.

Pour comparatif, sur la côte sud-ouest de Puerto Rico, sur 7 sites environnant une zone urbaine développée, la concentration moyenne en argent dans les huîtres de palétuvier est de 4.64 mg/kg ps (Rodrigues et al., 2022). Cette même étude a permis de calculer le facteur de bioaccumulation de l'argent dans les huîtres de palétuvier. Il s'est avéré être le plus fort avec 232, parmi les autres métaux analysés.

Arsenic

En Martinique, l'arsenic est attendu dans la composition des minéraux associés à l'hydrothermalisme, notamment les sulfures ou les oxy-hydroxydes de fer. Il y a un risque de fond hydro-géochimique en arsenic sur les masses d'eau souterraines du Nord et Sud Caraïbe et du Centre (Arnaud et al., 2013, Annexe 1).

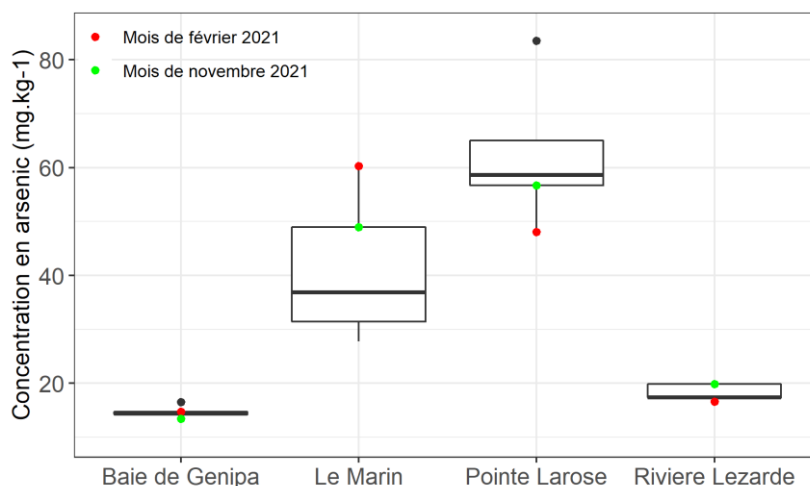


Figure 5: Teneurs en arsenic (en mg/kg ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (nov. 2019 - 2021).

L'arsenic a été mesuré pour la première fois en novembre 2019. Les concentrations dans les tissus d'*Isognomon alatus* varient entre 13.48 mg/kg en baie de Génipa et 60.28 mg/kg en baie du Marin (figure 5).

Ces résultats préliminaires sur les concentrations en arsenic représentent une information importante dans le contexte des échouements de sargasses. En effet, les sargasses sont connues pour se charger en arsenic au large avec potentiellement un relargage au moment

de la décomposition après échouages (Devault et al., 2022). Grâce à la position des stations du réseau de suivi, on observe que la baie du Marin et la Pointe Larose ont des concentrations plus fortes qu'en baie de Génipa et Rivière Lézarde, les deux premières stations sont exposées aux arrivages de sargasses tandis que les deux autres stations sont en fond de baie de Fort-de-France et moins exposées des arrivages de sargasses.

Pour comparatif, sur la côte sud-ouest de Puerto Rico, sur 7 sites environnant deux zones urbaines développées, la concentration moyenne en arsenic dans les huîtres de palétuvier est de 18.88 mg/kg ps, niveau comparable aux stations dans la baie de Fort-de-France (Rodrigues et al., 2022).

Cadmium

Le cadmium est un élément relativement rare qui n'existe pas naturellement à l'état natif. Il est l'indicateur d'une activité géothermale (actuelle ou passée) sur l'île et est présent dans la croûte terrestre à des concentrations d'environ un à deux milligrammes par kilogramme de roche, où il est souvent associé au zinc et au plomb. Il est obtenu comme sous-produit de raffinage du plomb, du zinc et du cuivre. Le cadmium retrouvé dans l'eau est issu de l'érosion des sols, ou d'activités anthropiques comme les décharges industrielles ou l'usage d'engrais phosphatés.

Les principales utilisations du cadmium sont la fabrication des accumulateurs électriques, la production de pigments colorés surtout destinés aux matières plastiques et les traitements de surface (cadmiage). A noter que les pigments cadmiés sont désormais interdits dans les plastiques alimentaires.

Le renforcement des réglementations de l'usage du cadmium et l'arrêt de certaines activités notoirement polluantes se sont traduits par une baisse générale des niveaux de présence observés dans l'environnement.

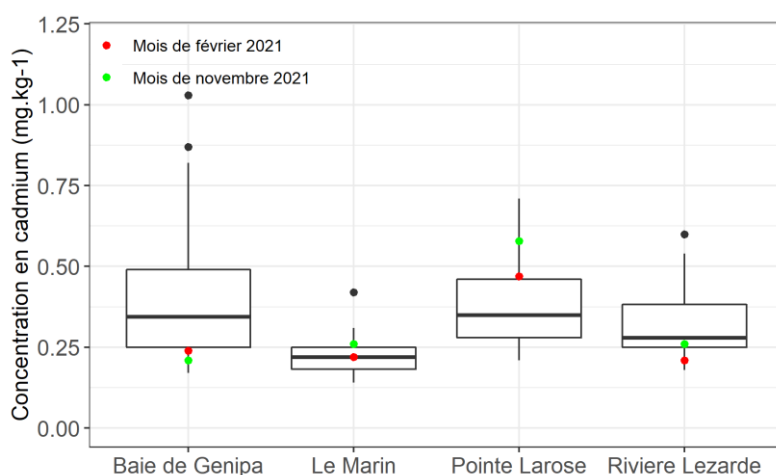


Figure 6: Teneurs en cadmium (en mg/kg ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2021).

En 2021, les concentrations en cadmium dans les huîtres sont comprises entre 0.2 et 0.6 mg/kg ps (figure 6). Elles sont inférieures aux seuils de référence internationaux de

contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (cadmium 1.0 mg/kg p.h.). Pour comparatif, les niveaux sont compris entre 0.1 et 0.7 mg/kg ps entre une rivière propre et une rivière contaminée en Malaisie. Dans cette même étude, le taux d'accumulation du Cd est estimé à 0.84 mg/kg/mois (Saed et al., 2002). Dans une étude complémentaire, il a été montré que le taux de dépuración du cadmium chez les huîtres de palétuvier est assez direct, avec une première phase de dépuración le 1^{er} mois, puis un ralentissement, et une nouvelle phase de dépuración le 3^{ème} mois qui se poursuit jusqu'au 6^{ème} mois (Saed et al., 2004).

Dans une autre étude, réalisée en République Dominicaine, les concentrations en cadmium dans des huîtres de palétuviers étaient d'environ 0.25 mg/kg ps (Sbriz et al., 1998). Dans les huîtres du Parc National de Morrocoy (Vénézuéla), les concentrations en cadmium sont comprises entre 0.33 et 0.91 mg/kg ph (Jaffé et al., 1998). Dans les huîtres de Puerto Rico, les concentrations en cadmium sont d'environ 0.42 mg/kg ps (Rodrigues et al., 2022). Le facteur de bioaccumulation du cadmium est de 21 d'après cette même étude. C'est le 3^{ème} métal, après l'argent et le zinc à être autant bio-accumulable (Rodrigues et al., 2022).

Chrome total

Le chrome se substitue aisément au fer ferrique, ce qui lui vaut d'être présent dans de nombreux minéraux silicatés fréquemment rencontrés en Martinique (pyroxènes, amphiboles, micas), mais aucun risque de fond hydro-géochimique n'a été retenu dans l'étude du BRGM (2017).

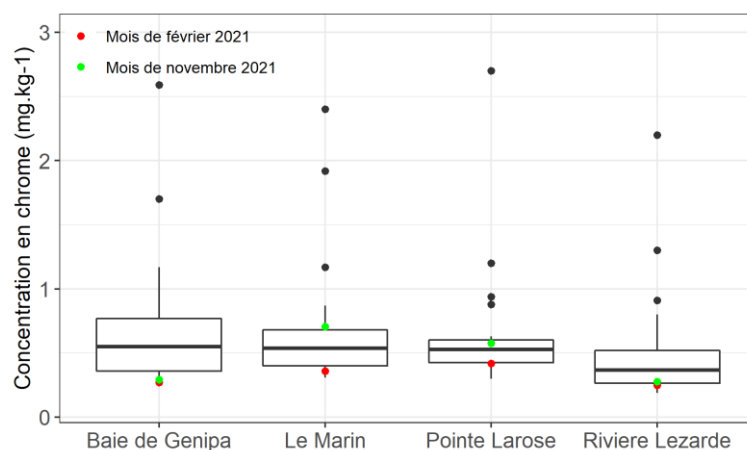


Figure 7: Teneurs en chrome total (en mg/kg ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2021).

Les concentrations en chrome mesurées dans les huîtres en 2021 restent aux mêmes niveaux de concentration que les années précédentes (comprises entre 0.25 et 0.70 mg/kg ps) (figure 7). Dans les huîtres de palétuvier de la République Dominicaine, les niveaux de chrome sont compris entre 2.38 et 4.96 mg/kg ps. Les niveaux de chromes mesurés dans d'autres bivalves (*Crassostrea rizhophorae*, *Codakia orbicularis* et *Tellina fausta*) sur les autres stations de l'étude sont plus forts que ceux retrouvés à la Martinique (compris entre 1.66 et 10.7 mg/kg ps) (Sbriz et al., 1998). Dans les huîtres du Parc National de Morrocoy

(Vénézuëla), les concentrations en chrome sont comprises entre 0.46 et 1.2 mg/kg ps (Jaffé et al., 1998), niveaux comparables aux mesures du ROCCH. Dans les huîtres de Puerto Rico, la concentration moyenne en chrome est de 1.29 mg/kg ps (Rodrigues et al., 2022).

Cobalt

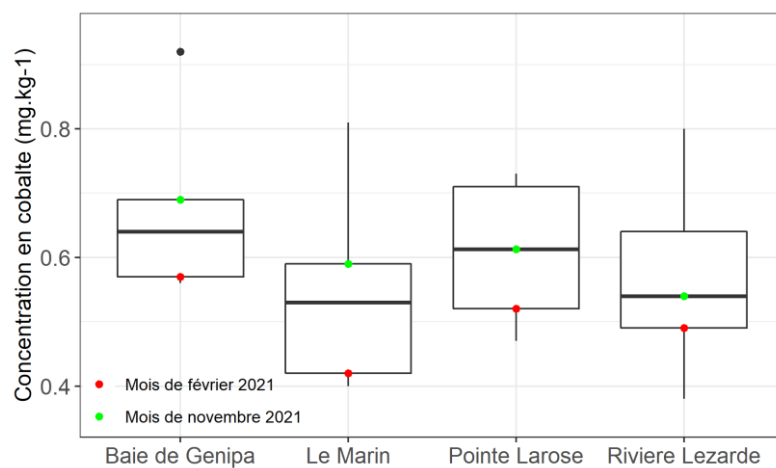


Figure 8: Teneurs en cobalt (en mg/kg ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (nov. 2019 - 2021).

Tout comme l'arsenic, le cobalt a été mesuré pour la première fois en novembre 2019. Il y a un effet de saisonnalité marqué, avec les concentrations en cobalt mesurées en février qui apparaissent plus faibles qu'en novembre (tendance observée en 2020 et 2021). Cependant, l'ensemble des concentrations reste en dessous d'1 mg/kg ps sur toutes les stations (comprises entre 0.4 et 0.7 mg/kg ps ; figure 8). Dans les huîtres de Puerto Rico, la concentration moyenne en cobalt est comparable avec 0.60 mg/kg ps (Rodrigues et al., 2022). Des concentrations en cobalt (<1 µg/L) sont mesurées dans les eaux de surface du sud de la Martinique (BRGM, 2017).

Cuivre

Le cuivre existe à l'état natif. Il se rencontre surtout sous forme de sulfures et associé dans les roches aux minéraux ferromagnésiens.

C'est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques, en particulier de sa conductibilité électrique et thermique. Il est utilisé en métallurgie dans la fabrication d'alliages (bronze avec l'étain, laiton avec le zinc, alliages de joaillerie avec l'or et l'argent ...). Il est très largement employé dans la fabrication de matériels électriques (fils, enroulements de moteurs, dynamos, transformateurs), dans la plomberie, dans les équipements industriels, dans l'automobile et en chaudronnerie. Il est utilisé comme catalyseur (sous forme d'acétate ou de chlorures), comme pigment, comme insecticide, fongicide.

Les principales sources anthropiques sont l'industrie du cuivre et des métaux, l'industrie du bois, l'incinération des ordures ménagères, la combustion de charbon, d'huile et d'essence et l'industrie phytosanitaire.

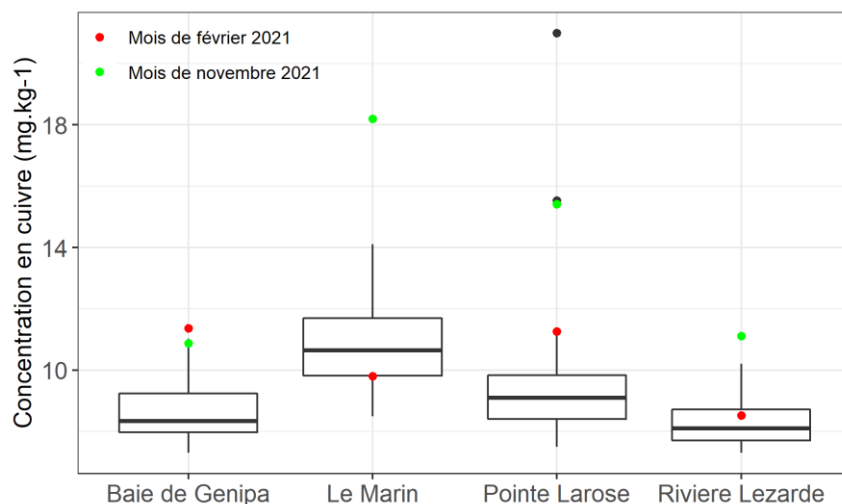


Figure 9: Teneurs en cuivre (en mg/kg ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2021).

Les concentrations en cuivre mesurées dans les huîtres sont autour de 10 mg/kg ps en baie de Génipa et Rivière Lézarde (figure 9). Les concentrations mesurées dans les huîtres de la Pointe Larose et de la baie du Marin sont plus fortes au mois de novembre, avec une valeur de 15.42 et 18.20 mg/kg ps respectivement. En 2021, les concentrations en cuivre sont plus fortes que les mesurées passées. Il faudra surveiller l'évolution des concentrations dans les années à venir. L'étude du BRGM (2017) montre que les concentrations en cuivre dans le sud de l'île (Miocène Sud, Morne Pitault-Vauclin et le complexe de base) sont plus fortes qu'au nord, en préconisant une origine naturelle du cuivre (Annexe 2).

Pour comparatif, dans une rivière préservée des impacts anthropiques, les niveaux de cuivre dans les huîtres de palétuvier sont d'environ 2 mg/kg ps tandis que les niveaux dans une rivière contaminée sont entre 3.4 et 9 mg/kg ps. Dans cette même étude, le taux d'accumulation du Cu est estimé à 1.77 mg/kg/mois (Saed et al., 2002). Dans une étude complémentaire, il a été montré que le taux de dépuración du cuivre chez les huîtres de palétuvier est rapide le premier mois (53%) puis continue à un rythme plus lent (Saed et al., 2004). L'étude de Sbriz et al. (1998) rapporte des concentrations en cuivre comprises entre 7.58 et 19.7 mg/kg ps chez les huîtres de palétuvier selon les niveaux de pression. Dans cette même étude, les niveaux de cuivre chez *C. rizophorea* sont comprises entre 112 et 866 mg/kg ps. Cette différence de concentration pourrait s'expliquer par l'utilisation d'une espèce différente, prélevée à des localisations différentes sur l'île (Sbriz et al., 1998). Dans les huîtres du Parc National de Morrocoy (Vénézuéla), les concentrations en cuivre sont comprises entre 14 et 49 mg/kg ph (Jaffé et al., 1998). Dans les huîtres de Puerto Rico, la concentration moyenne en cuivre est comparable aux niveaux mesurés en Martinique avec 15.90 mg/kg ps (Rodrigues et al., 2022). Enfin, l'étude de Yap et al. (2011) a montré des niveaux d'accumulation variable selon les tissus. Le byssus est le tissu le plus contaminé,

suivi des tissus restant, puis du manteau+branchie et enfin du muscle (29.52 ; 16.57 ; 6.43 et 4.85 $\mu\text{g/kg ps}$ respectivement) dans les huîtres de palétuvier de 3 rivières de la Malaisie (Yap et al., 2011).

Mercuré

Le mercure élémentaire est un métal liquide à température ambiante. La principale source dans l'environnement provient du dégazage de l'écorce terrestre. Le mercure, comme le cadmium, est souvent un indicateur d'une activité géothermale (actuelle ou passée). Les rejets anthropogéniques sont principalement dus à l'exploitation des minerais (mines de plomb et de zinc), à la combustion des produits fossiles (charbon - fioul), aux rejets industriels (industrie du chlore et de la soude...) et à l'incinération de déchets. Il intervient au cours de plusieurs types de procédés industriels (peintures, batteries, industries chimiques, etc...) et on le retrouve aussi dans les amalgames dentaires ainsi qu'en faible quantité dans les ampoules à économie d'énergie.

Du fait de sa très forte toxicité, il est soumis à de nombreuses réglementations d'utilisation et de rejet.

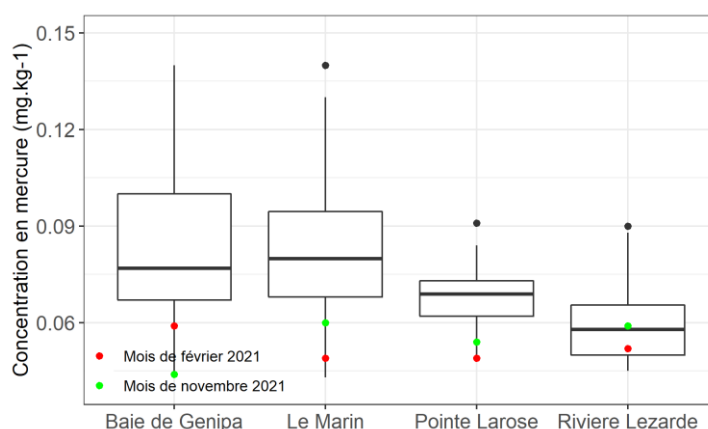


Figure 10: Teneurs en mercure (en mg/kg ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2021).

Les concentrations en mercure dans les huîtres sont faibles ($<0.1 \text{ mg/kg ps}$) et dans le même ordre de grandeur sur l'ensemble des stations (figure 10). Les valeurs médianes pour le mercure en Martinique sont largement inférieures aux seuils de référence internationaux de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (mercure 0.5 mg/kg p.h.). L'étude du BRGM (2017) a montré que les niveaux de mercure dans les cours d'eau sont tous inférieurs aux limites de quantification. Les concentrations en mercure dans les huîtres de palétuvier en République Dominicaine sont de 0.59 et 0.98 mg/kg ps (Sbriz et al., 1998), des niveaux assez comparables à ceux retrouvés pour le suivi ROCCH.

Nickel

La présence de nickel dans l'environnement est naturelle (croûte terrestre) et anthropique. Le nickel est principalement associé au manganèse et aux oxydes de fer qui sont deux éléments abondants sur l'île, issu de minéraux sulfurés. L'étude du BRGM (2017) ne met pas en évidence de risque de fond hydro-géochimique pour le nickel.

Les principales sources anthropiques sont la combustion de charbon ou de fuel, l'incinération des déchets, l'épandage des boues d'épuration, l'extraction et la production de nickel, l'industrie des métaux : production d'aciers inoxydables et d'aciers spéciaux, dans la production d'alliages ferreux (associé au fer, au cuivre, au manganèse, au chrome, à l'aluminium, au soufre) ou non ferreux (associé au cuivre et au zinc). Il est utilisé dans les batteries alcalines, dans la fabrication de pigments, et comme catalyseur chimique. Le nickel est un indicateur de pollution aux hydrocarbures.

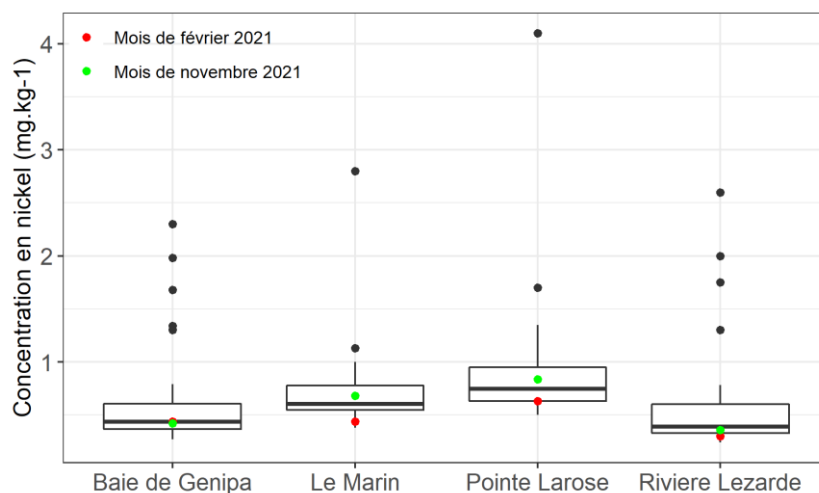


Figure 11: Teneurs en nickel (en mg/kg ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2021).

Les concentrations en nickel dans les huîtres sont comprises entre 0.30 et 0.84 mg/kg ps (figure 11). Les concentrations en nickel dans les huîtres de palétuvier en République Dominicaine sont plus fortes que celles retrouvées en Martinique, à 2.90 et 1.25 mg/kg ps (Sbriz et al., 1998). Dans les huîtres du Parc National de Morrocoy (Vénézuéla), les concentrations en nickel sont plus fortes qu'en Martinique, avec des concentrations comprises entre 11 et 18 mg/kg ph (Jaffé et al., 1998). Ces niveaux de nickel au Vénézuéla peuvent s'expliquer par les rejets des industries pétrochimiques dans cette zone. Dans les huîtres de Puerto Rico, la concentration moyenne en nickel est intermédiaire aux études citées avec 6.19 mg/kg ps (Rodrigues et al., 2022). Dans l'étude de Yap et al. (2011) les niveaux de nickels dans les tissus se distribuent plutôt majoritairement dans le byssus, suivi des tissus mous restant, du manteau+branchies puis dans le muscle (12.48 ; 1.17 ; 1.21 et 0.90 µg/kg ps en moyenne, respectivement). Les fortes concentrations dans le byssus pourraient s'expliquer par son rôle dans la détoxification (Yap et al., 2011).

Plomb

Le plomb est un élément naturel, présent dans la croûte terrestre et dans tous les compartiments de la biosphère, rarement sous forme libre, majoritairement sous forme inorganique, en trace dans des minéraux potassiques. Il est principalement utilisé dans les batteries automobiles, mais également dans les pigments, les munitions, les alliages, l'enrobage de câbles, la protection contre les rayonnements (feuille de plomb), la soudure... et anciennement dans les carburants et les peintures.

Les rejets atmosphériques sont principalement anthropiques, ils proviennent d'abord des industries d'extraction, de première et deuxième fusion du plomb.

Les composés du plomb sont généralement classés reprotoxiques, nocifs par inhalation et dangereux pour l'environnement (Règlement CE n° 1272/2008).

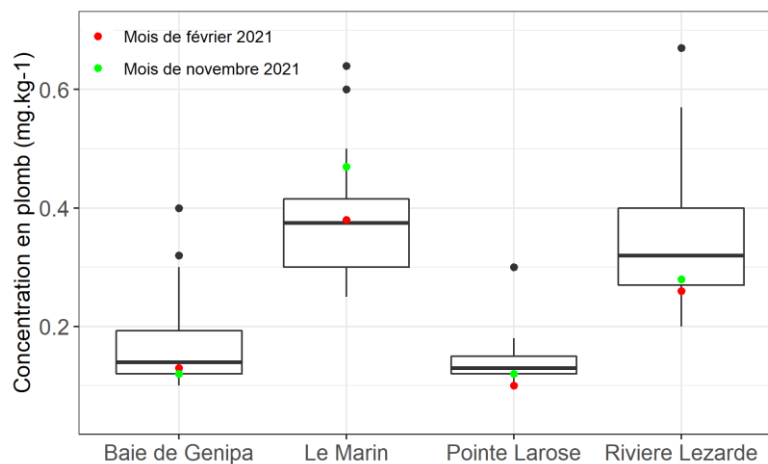


Figure 12: Teneurs en plomb (en mg/kg ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2021).

Les concentrations en plomb sont inférieures à 0.5 mg/kg ps à toutes les stations (figure 12), bien en deçà de la référence OSPAR (1.5 mg/kg p.h. soit environ 6 mg/kg ps). On observe les concentrations les plus basses dans les huîtres en baie de Genipa et à la Pointe Larose (<0.1 mg/kg ps), tandis qu'elles sont plus hautes à la rivière Lézarde (\approx 0.3 mg/kg ps) et en baie du Marin (\approx 0.4 mg/kg ps). D'après l'étude du BRGM (2017), il n'y a pas de risque de fond hydrogéochimique pour le plomb sur l'ensemble de l'île. Pour comparatif, les niveaux de plomb chez des huîtres de palétuvier prélevés dans une rivière exempt d'apport anthropique en Malaisie, sont de 0.3 à 0.5 mg/kg de ph, contre 1.4 à 6.4 mg/kg dans une rivière contaminée à côté. Dans cette même étude, le taux d'accumulation est estimé à 0.95 mg/kg/mois (Saed et al., 2002). Dans une étude complémentaire, il a été montré que le taux de dépuración du plomb chez les huîtres de palétuvier est assez lent les 4 premiers mois, puis une forte dépuración arrive le mois suivant (Saed et al., 2004). Dans les huîtres du Parc National de Morrocoy (Vénézuéla), les concentrations en plomb sont comprises entre 0.40 et 0.71 μ g/g (Jaffé et al., 1998). Dans les huîtres de Puerto Rico, la concentration moyenne en plomb est forte, avec 8.04 mg/kg ps (Rodrigues et al., 2022).

Vanadium

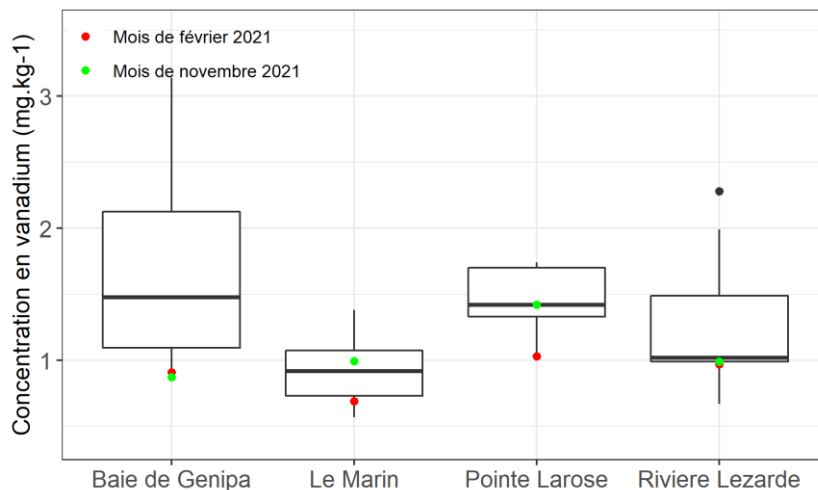


Figure 13: Teneurs en vanadium (en mg/kg ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2021).

Le vanadium a été mesuré sporadiquement avec 4-5 prélèvements par an entre 2003 à 2005, puis 2 prélèvements à différentes périodes en 2006 et 2007 avant d'être de nouveau analysé en novembre 2019. Depuis 2019, les concentrations mesurées en vanadium dans les huîtres sont <2 mg/kg ps (figure 13). Dans les huîtres de Puerto Rico, la concentration moyenne en vanadium est comparable avec 1.87 mg/kg ps (Rodrigues et al., 2022).

Zinc

Le zinc est présent dans l'écorce terrestre principalement sous forme de sulfure (blende), associé aux minéraux ferromagnésiens. Le zinc provient également des minerais de plomb dans lesquels il est toujours associé au cadmium.

Le zinc a des usages voisins de ceux du cadmium (protection des métaux contre la corrosion) et entre dans la composition de divers alliages (laiton, bronze ...) utilisés dans la construction. Il est utilisé également comme intermédiaire de fabrication ou réactif en chimie et dans l'industrie pharmaceutique. Il est peu toxique pour l'homme mais peut perturber la croissance des larves d'huîtres. Les sources de zinc dans les milieux aquatiques peuvent être industrielles, urbaines et domestiques, mais également agricoles car il est présent en quantités significatives comme impureté dans des produits phytosanitaires comme certains engrais phosphatés.

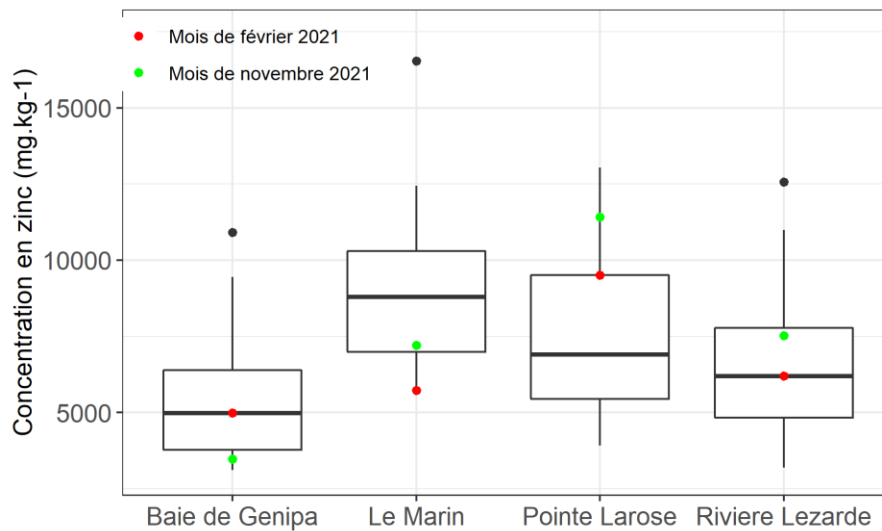


Figure 14: Teneurs en zinc (en mg/kg ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 4 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2021).

Les concentrations en zinc dans les tissus des huîtres sont, comprises entre 3 500 mg/kg ps en baie de Génipa et 11 500 mg/kg ps à la Pointe Larose (figure 14). Les concentrations en zinc dans les huîtres de palétuvier en République Dominicaine sont d'environ 4000 mg/kg ps (Sbriz et al., 1998). Dans les huîtres de Puerto Rico, la concentration moyenne en zinc est de 2835 mg/kg ps (Rodrigues et al., 2022). Dans les huîtres du Parc National de Morrocoy (Vénézuëla), les concentrations en zinc sont bien en deçà de ce qui est mesuré en Martinique et en République Dominicaine, avec des valeurs comprises entre 0.36 et 2.1 mg/kg ph (Jaffé et al., 1998). Pour autre comparaison, dans une rivière en Malaisie désignée comme polluée, les concentrations de zinc dans les huîtres de palétuviers sont comprises entre 30 et 113 mg/kg ps, bien en dessous des niveaux retrouvés en Martinique (Saed et al., 2002). D'après l'étude de Saed et al. (2002), le taux d'accumulation du zinc reporté sur le terrain est estimé à 42.7 mg/kg/mois, loin devant les taux d'accumulation du cuivre, un autre métal essentiel, ou bien du Cd et du Pb, deux métaux toxiques. Le zinc est un élément essentiel chez l'huître, ce qui expliquerait cette forte capacité et niveau d'accumulation (Amirad et al., 1987). Dans une étude complémentaire, il a été montré que le taux de dépuración du zinc chez les huîtres de palétuvier est lent, avec quasiment pas de dépuración les 2 premiers mois, puis une forte dépuración (environ 60 %) arrive le mois suivant (Saed et al., 2004). L'étude du BRGM (2017) précise qu'il y a un faible risque de fond hydrogéochimique en zinc sur l'ensemble de l'île, avec des concentrations souvent inférieures aux limites de quantifications (0.5 µg/L) et une valeur maximale retrouvée au Marin avec 59.3 µg/L.

Nouveaux contaminants métalliques suivi en 2021

Cette année, 10 composés métalliques supplémentaires ont été analysés par rapport aux années précédentes. Les résultats des concentrations (en mg/kg ps) dans les huîtres aux différentes stations sont présentées dans le tableau 4 pour l'aluminium, l'antimoine le baryum, l'étain, le fer, le lithium, le manganèse, le molybdène, le thallium et l'uranium.

Tableau 4 : Concentration des nouveaux contaminants métalliques mesurés dans les huîtres de palétuvier en 2021 (en mg/kg ps)

	Baie de Génipa		Baie du Marin		Pointe Larose		Rivière Lézarde	
	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre
Aluminium (Al)	395,7	313,44	80,6	153,05	56,5	42,09	319,2	256,35
Antimoine (Sb)	0,01	-	0,01	-	0,01	-	0,01	-
Baryum (Ba)	0,19	0,44	0,21	0,46	0,38	0,181	0,25	0,23
Etain (Sn)	<0,35	<0,35	0,38	0,52	<0,35	0,33	<0,35	<0,35
Fer (Fe)	458	461	258	372	291	372,4	439	470
Lithium (Li)	0,94	-	0,75	-	0,66	-	0,83	-
Manganèse (Mn)	70,84	71,71	21	31,9	14,36	12,48	32,33	30,16
Molybdène (Mo)	3,09	5,219	1,1	1,24	1,54	2,47	1,24	1,572
Thallium (Tl)	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001
Uranium (U)	0,45	0,42	0,46	0,75	0,63	1,06	0,34	0,57

Aluminium

La mesure des concentrations en aluminium dans les huîtres de palétuvier a débuté en novembre 2020. Les concentrations en 2021 sont comprises entre 49 et 400 mg/kg ps. Il y a une différence importante entre les stations en baie du Fort-de-France (autour de 300-400 mg/kg ps) et celles de la Pointe Larose et du Marin (autour de 50-150 mg/kg ps). L'étude de Lions et al. (2008) avait révélé un fond hydro-géochimique élevé sur l'ensemble de l'île pour l'aluminium. Pour comparaison, les concentrations en aluminium dans les huîtres de palétuvier en République Dominicaine sont de 26.0 et 59.5 mg/kg ps (Sbriz et al., 1998).

Antimoine

La mesure des concentrations en antimoine dans les tissus d'huîtres de palétuvier a débuté en novembre 2020. L'ensemble des concentrations à chaque station sur les 3 périodes d'échantillonnages sont aux niveaux de la LQ = 0.01 ou 0.02 mg/kg ps.

Baryum

La mesure des concentrations en baryum dans les tissus d'huîtres de palétuvier a débuté en novembre 2020. Les concentrations sont comprises entre 0.1 et 0.5 mg/kg ps sur l'ensemble des stations. Un faible risque de fond hydro-géochimique en baryum avait été identifié dans les eaux souterraines du sud de la Martinique et élevé (221 µg/L) à la presqu'île de Sainte-Anne (Lions, 2008) , avec des concentrations allant de 50 à 200 µg/L pour les formations hydrogéologiques (Miocène Sud, Pitault-Vauclin, Complexe de base) en amont des stations de suivi ROCCH (BRGM, 2017).

Etain

La mesure des concentrations en étain dans les tissus d'huîtres de palétuvier a débuté en novembre 2020. Les concentrations de ce composé sont, pour la majorité des lieux et périodes de prélèvements, inférieures à la LQ = 0.35 mg/kg ps.. En baie du Marin, les concentrations mesurées sont d'environ 0.5 mg/kg ps en 2021. En novembre 2021, l'étain est mesuré aussi à la Pointe Larose à 0.33 mg/kg ps.

Fer

La mesure des concentrations en fer dans les tissus d'huîtres de palétuvier a débuté en novembre 2020. En 2021, les concentrations sont comprises entre 200 et 500 mg/kg ps sur toutes les stations, avec les concentrations les plus fortes mesurées dans la baie de Fort-de-France. Les concentrations mesurées en novembre 2020 en Baie de Génipa avaient atteint 815 mg/kg ps. Il existe un risque élevé de fond hydrogéochimique des eaux souterraines et cours d'eau sur l'ensemble de la Martinique concernant cet élément. Les concentrations en fer dans les huîtres de palétuvier en République Dominicaine sont de 253 et 277 mg/kg ps (Sbriz et al., 1998), des niveaux assez comparables à ceux retrouvés aux stations hors de la baie de Fort-de-France. Enfin, l'étude de Yap et al. (2011) présente des concentrations en fer dans les différents tissus. La distribution de la contamination du fer est plus importante dans le byssus, suivi par la fraction manteau + branchies, puis le muscle et enfin les tissus mous restant (2823 ; 1000 ; 740 et 721 µg/kg ps respectivement) des huîtres de palétuvier (Yap et al., 2011).

Lithium

La mesure des concentrations en lithium dans les tissus d'huîtres de palétuvier a débuté en novembre 2020. L'ensemble des concentrations mesurées dans les huîtres de palétuvier sont autour d'1 mg/kg ps à toutes les stations. Pour comparatif, la médiane dans les cours d'eau des secteurs Vauclin-Pitault et Miocène sud, s'approche de 1 µg/l et d'environ 4 µg/l pour le Complexe de base (BRGM, 2017). Le lithium est un bon élément marqueur de l'hydrothermalisme de l'île.

Manganèse

La mesure des concentrations en manganèse dans les tissus d'huîtres de palétuvier a débuté en novembre 2020. Les concentrations mesurées dans les huîtres sont comprises entre 10 et 70 mg/kg ps. Ces niveaux peuvent s'expliquer par un bruit de fond hydrogéochimique présent dans les formations géologiques en amont de ces stations (BRGM, 2017). Les caractéristiques du Miocène Sud et de Vauclin-Pitault (Annexe 2) peuvent permettre d'expliquer ces niveaux de contamination en manganèse dans les huîtres (Pointe Larose à 10 mg/kg ps, baie du Marin à 25 mg/kg, rivière Lézarde à 30 mg/kg ps et baie de Génipa à 70 mg/kg ps).

Molybdène

La mesure des concentrations en molybdène dans les tissus d'huîtres de palétuvier a débuté en novembre 2020. Les concentrations mesurées sont d'environ 1 ou 2 mg/kg ps pour toutes les stations, sauf en baie du Génipa où les concentrations ont atteint 3 et 5 mg/kg ps.

Thallium

La mesure des concentrations en thallium dans les tissus d'huîtres de palétuvier a débuté en novembre 2020. L'ensemble des concentrations à chaque station sur les 3 périodes d'échantillonnages sont à 0.001 ou 0.002 mg/kg ps.

Uranium

La mesure des concentrations en uranium dans les tissus d'huîtres de palétuvier a débuté en novembre 2020. L'ensemble des concentrations sur chaque station est comprise entre 0.5 et 1 mg/kg ps.

Niveau global de la contamination métallique en Martinique

Les résultats de 2021 montrent une homogénéité entre les stations pour la majorité des métaux analysés.

Cette année et pour la première fois depuis le début du suivi ROCCH MV, l'argent mesuré en baie du Marin était dans le même ordre de grandeur que les autres stations. Il faudra surveiller cette tendance les prochaines années de suivi et s'assurer que cette évolution de la concentration ne soit pas liée au seul changement de lieu de prélèvement.

Cette année encore, les concentrations mesurées en arsenic semblent être liées aux arrivages des sargasses dans la baie du Marin et à la pointe Larose.

Parmi les nouveaux contaminants métalliques suivis en 2021, les concentrations en aluminium (40-400 mg/kg ps), fer (300-500 mg/kg ps) et manganèse (10-70 mg/kg ps) sont assez fortes. Pour comparaison, il y a d'important dépassement de la NQE_{fer} (fixée à 200 mg/L) dans les eaux souterraines et généralement des niveaux plus bas que la NQE pour les cours d'eau de la Martinique (Arnaud et al., 2013 ; BRGM, 2017). Ces deux systèmes hydrologiques présentent un risque élevé de fond hydro-géochimique sur l'ensemble de la Martinique pour le fer et le manganèse et faible pour l'aluminium (Arnaud et al., 2013 ; BRGM, 2017).

En métropole, les niveaux de contamination sont comparés aux valeurs médianes obtenues pour chaque espèce de mollusque analysée, sur une même période (2019-2021). Chaque espèce de mollusque peut présenter des facultés naturelles différentes de bioaccumulation vis-à-vis des différents polluants, d'où des différences de concentration parfois très fortes entre espèces pour un même contaminant qui peuvent masquer totalement les écarts éventuels entre les régions. Dans le contexte martiniquais, nous ne pouvons pas comparer les concentrations mesurées chez *Isognomon alatus* avec les concentrations mesurées dans les différentes espèces de France hexagonale : les comparaisons sont donc limitées aux résultats des années antérieures et aux seules stations suivies dans le contexte antillais.

Evolution des concentrations dans le temps

Les graphiques suivants présentent l'évolution des concentrations dans le temps de sept contaminants métalliques (Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, Ni, Ag), présentés par station (figure 15 pour rivière Lézarde, figure 16 pour Baie de Génipa, figure 17 pour le Marin et figure 18 pour pointe Larose). Les données en gris (•) correspondent aux valeurs du premier trimestre (février), elles ne sont pas prises en compte dans la régression. Les données des derniers trimestres (novembre), représentées en noir (•) sur les graphiques sont retenues pour une régression locale pondérée (lowess) 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.

Les résultats sont exprimés en mg/kg p.h. afin de comparer aux normes environnementales.

Résultats ROCCH
125-P-001 Martinique / Rivière Lézarde - Huître de palétuvier

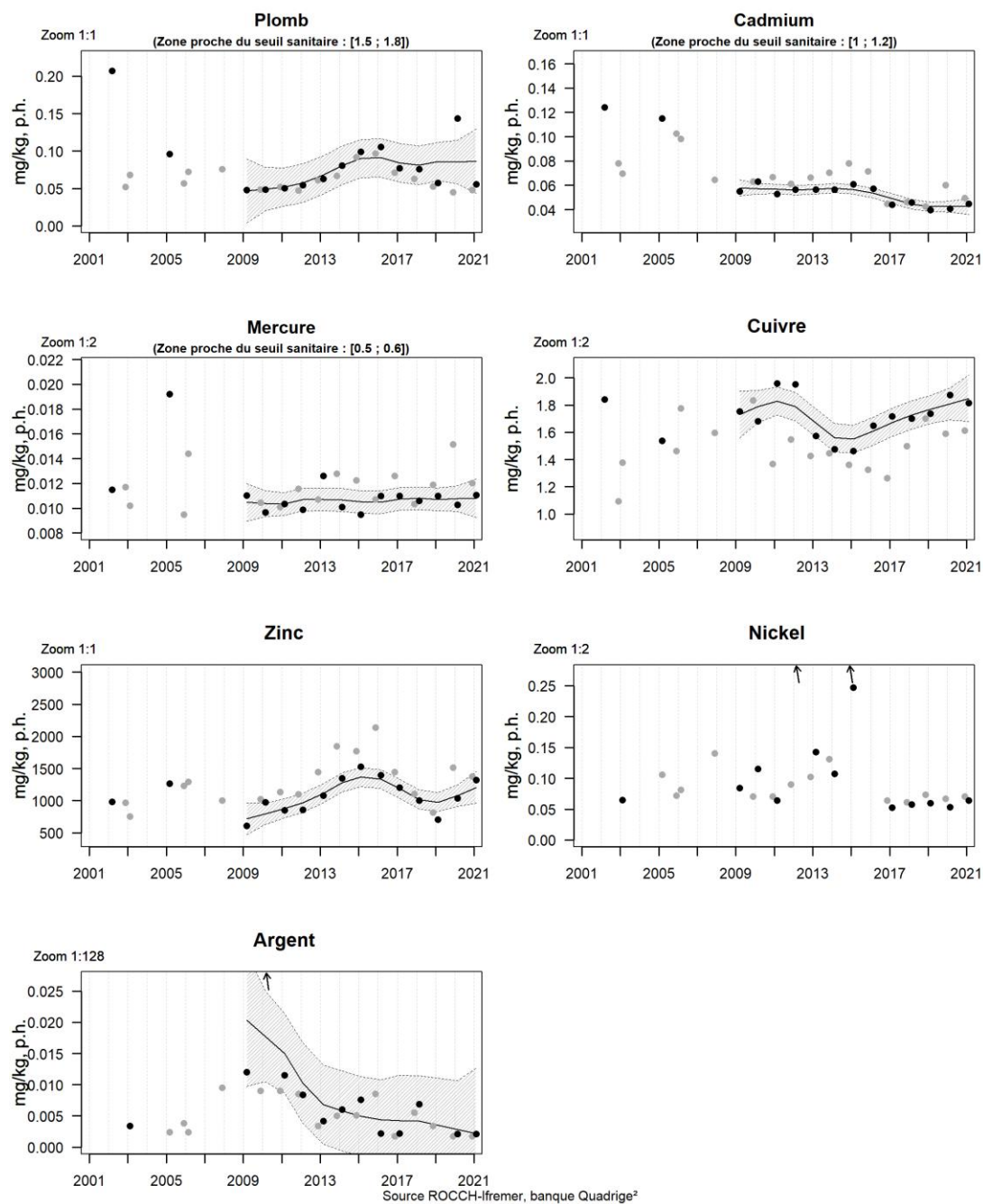


Figure 15 : Evolution temporelle des niveaux de contamination métallique dans les huîtres de palétuvier (mg/kg p.h.) à la Rivière Lézarde

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

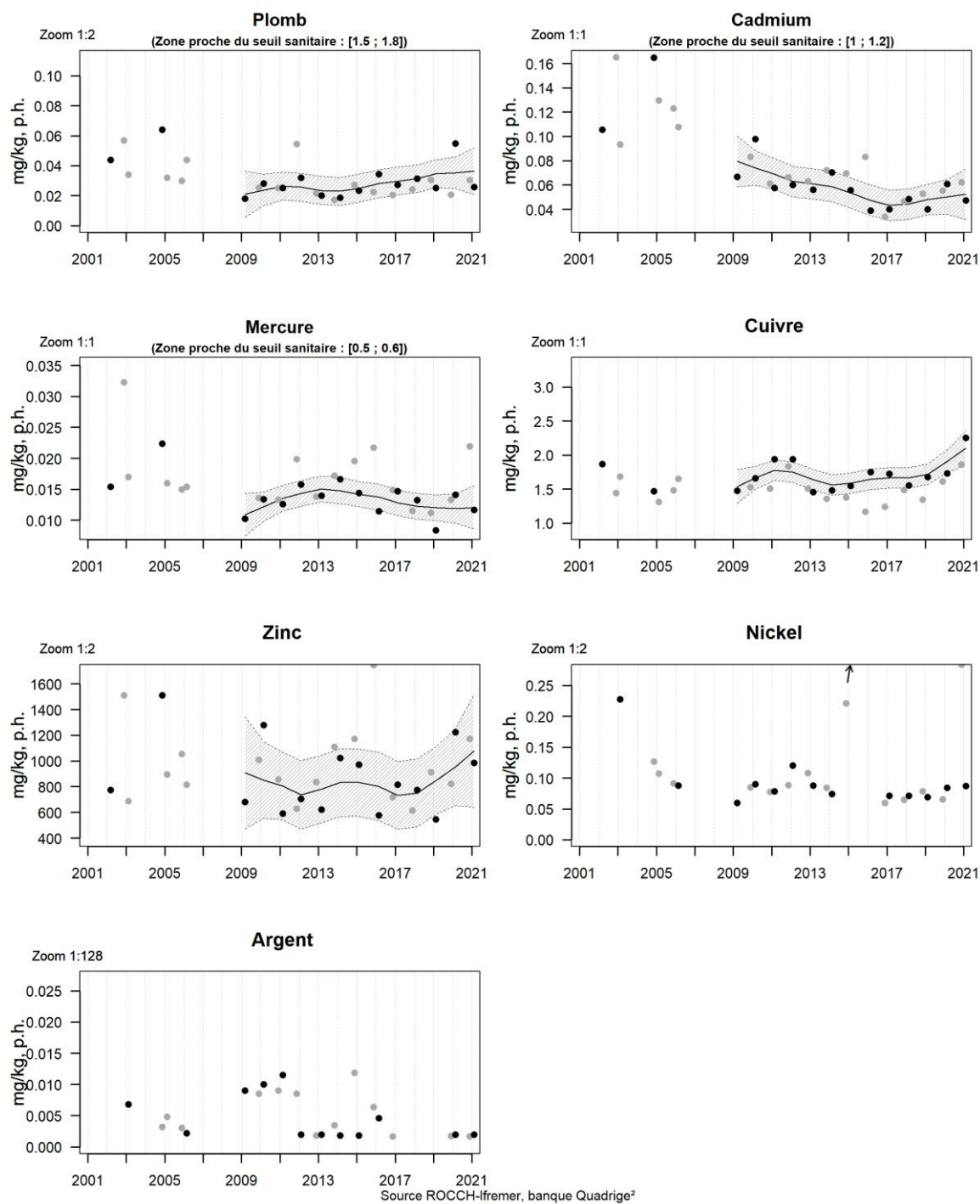


Figure 16: Evolution temporelle des niveaux de contamination métallique dans les huîtres de palétuvier (mg/kg p.h.) en baie de Génipa

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

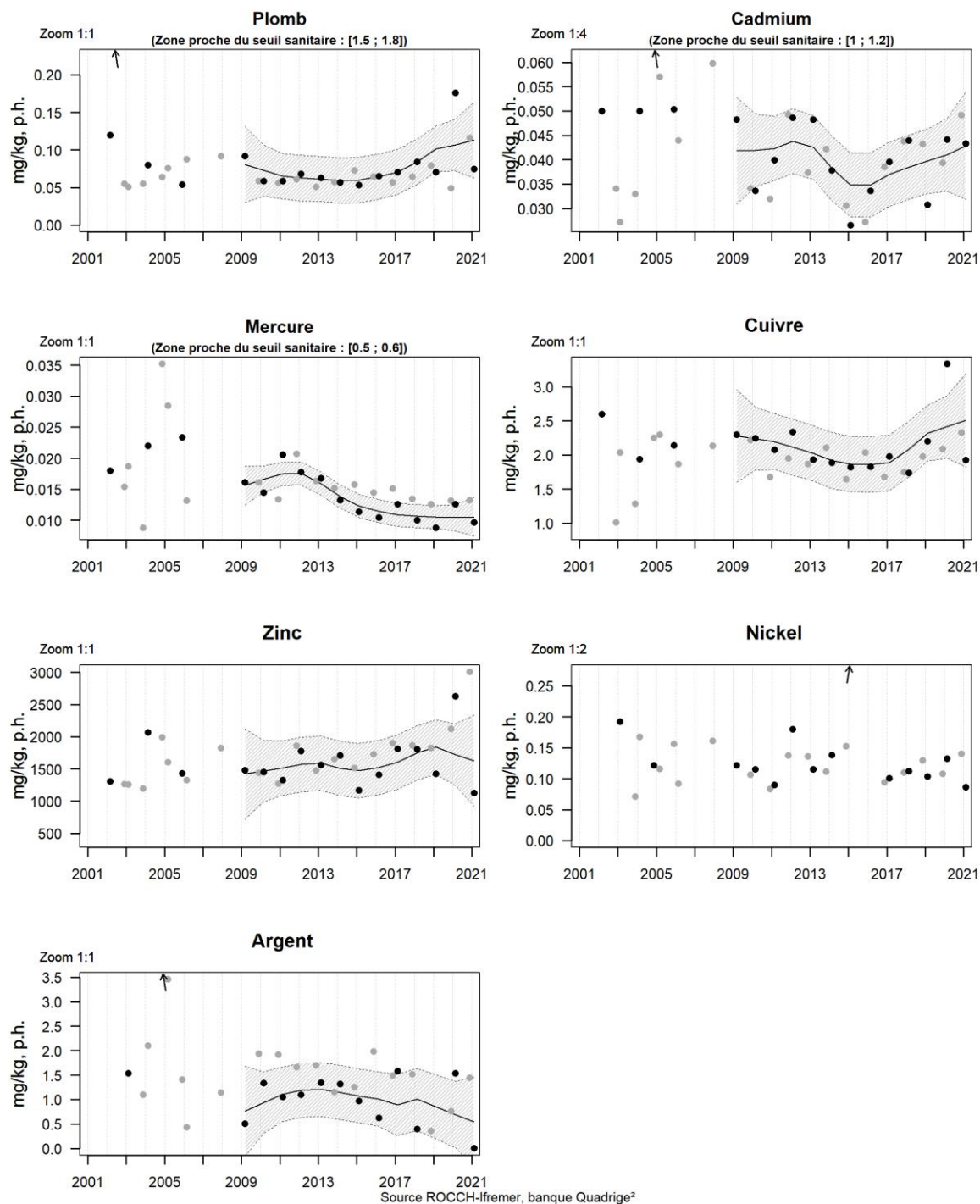


Figure 17: Evolution temporelle des niveaux de contamination métallique dans les huîtres de palétuvier (mg/kg p.h.) au Marin.

Résultats ROCCH
125-P-109 Martinique / Pointe Larose - Baie de Saintpée - Huître de palétuvier

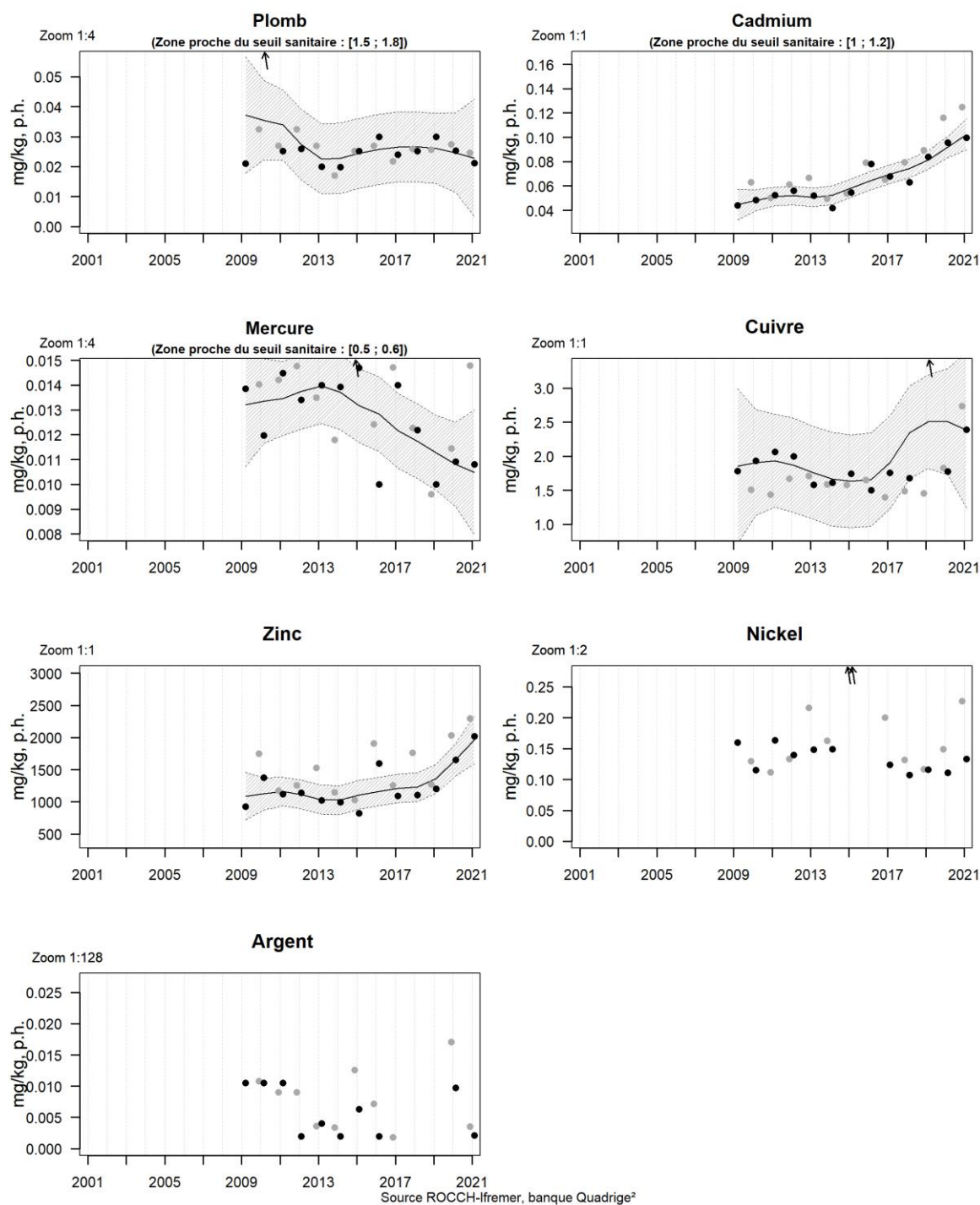


Figure 18 : Evolution temporelle des niveaux de contamination métallique dans les huîtres de palétuvier (mg/kg p.h.) à la Pointe Larose.

Rivière Lézarde

Les concentrations en plomb dans les huîtres en 2021 sont dans la partie basse de la régression, avec des valeurs inférieures à 0.1 mg/kg p.h.. **Ces valeurs sont largement en dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.5 mg/kg p.h.).**

Les concentrations en cadmium sont d'environ 0.5 mg/kg p.h. en 2021, ces valeurs restent faibles et **en dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.0 mg/kg p.h.)**

Les concentrations en mercure sont faibles (<0.02 mg/kg p.h.) et stables en 2021. Les valeurs restent bien **en dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (mercure 0.5 mg/kg p.h.)**

Les concentrations en cuivre sont en faible augmentation depuis 2016 et s'approchent des 2 mg/kg p.h.

Les concentrations en zinc sont en augmentation en 2021 avec des valeurs autour de 1250 mg/kg p.h., atteignant les niveaux de 2014-2016.

La concentration en nickel reste faible (<0.1 mg/kg p.h.) et stable depuis 2016.

Pour l'argent, la diminution des concentrations observée depuis 2015 se poursuit.

Baie de Génipa

Les concentrations en plomb en 2021 sont revenues aux valeurs de la tendance calculée et sont assez basses (<0.5 mg/kg p.h.). **Ces valeurs sont largement en dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.5 mg/kg p.h.).**

Les concentrations en cadmium restent faibles (<0.1 mg/kg p.h.), stables depuis 2015 et **en dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.0 mg/kg p.h.).**

Les concentrations en mercure restent très faibles (<0.02 mg/kg p.h.) et sont bien **en dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (mercure 0.5 mg/kg p.h.).**

Les concentrations en cuivre sont en faible augmentation depuis 2016 et s'approchent des 2.5 mg/kg p.h..

Les concentrations en zinc sont stables avec des valeurs autour de 1250 mg/kg p.h..

La concentration en nickel reste faible (<0.1 mg/kg p.h.) et stable depuis 2016.

Pour l'argent, la faible concentration observée depuis 2015 se poursuit.

Baie du Marin – pointe Marin

Comme expliqué plus tôt dans le paragraphe 2.1, la zone de prélèvement au Marin pour les campagnes de 2021 se trouve à 600 m de la zone originelle (plus éloignée d'un exutoire). Les résultats sont présentés sur la figure 17, mais ne sont pas commentés dans la continuité chronologique.

Les concentrations en plomb en 2021 sont assez basses (entre 0.5 et 1.0 mg/kg p.h.) et sont comparables aux valeurs mesurées sur le point historique. **Ces valeurs sont largement en**

dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.5 mg/kg p.h.).

Les concentrations en cadmium restent faibles (autour de 0.05 mg/kg p.h.), sont comparables aux valeurs mesurées sur le point historique et sont **en dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.0 mg/kg p.h.)**

Les concentrations en mercure sont comparables aux valeurs mesurées sur le point historique, sont faibles (<0.01 mg/kg p.h.) et sont bien **en dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (mercure 0.5 mg/kg p.h.)**

Les concentrations en cuivre sont comparables aux valeurs mesurées sur le point historique et restent dans la tendance des années passées et avoisinent les 2.0 mg/kg p.h..

Les concentrations en zinc en février 2021 sont fortes, atteignant 3000 mg/kg p.h., tandis qu'en novembre 2021 les niveaux sont comparables aux valeurs de la tendance historique, autour de 1000 mg/kg p.h..

La concentration en nickel reste faible (autour de 0.1 mg/kg p.h.).

Pour l'argent, les concentrations sont très faibles sur ce nouveau point, avec des valeurs à 0.0039 et 0.0036 mg/kg p.h. en février et novembre 2021. Pour comparaison, les valeurs de février et novembre 2020 sont aux alentours de 1.5 mg/kg p.h. poursuit.

Pointe Larose – Baie de Saintpée

Les concentrations en plomb en 2021 sont encore en diminution (<0.5 mg/kg p.h.). **Ces valeurs sont largement en dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.5 mg/kg p.h.)**

Les concentrations en cadmium augmentent encore en 2021, et cela depuis le début du suivi ROCCH, passant d'environ 0.05 à 0.12 mg/kg p.h.. Cependant les concentrations restent faibles (<0.2 mg/kg p.h.) et **bien en dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.0 mg/kg p.h.)**.

Les concentrations en mercure restent très faibles (<0.02 mg/kg p.h.) et sont bien **en dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (mercure 0.5 mg/kg p.h.)**.

Les concentrations en cuivre étaient stables, voire en légère diminution autour d'1.5 mg/kg p.h. depuis le début du suivi ROCCH, mais les concentrations en 2021 sont plus fortes et ont quasiment doublées (proche des 3 mg/kg p.h.).

Les concentrations en zinc sont en augmentation depuis 2015 avec des valeurs autour de 2000 mg/kg p.h., soit deux fois plus qu'au début du suivi ROCCH.

La concentration en nickel reste faible (<0.1 mg/kg p.h.) et stable depuis 2016.

Pour l'argent, la faible concentration (<0.02 mg/kg p.h.) observée depuis 2015 se poursuit.

3.3. Résultats des contaminants organiques

Les résultats bruts sont présentés dans les différents tableaux. La liste des contaminants organiques analysés en 2021 a été étendue avec l'analyse de nouveaux PCB et avec l'ajout des PBDE, PCDD, PCDF et des organostanniques pour se rapprocher de la liste DCE. Le nombre de contaminants organiques analysés en 2021 s'élève à 68.

Les concentrations des pesticides sont rarement quantifiées du fait des limites de quantification et de détection des laboratoires.

Les résultats pour les contaminants organiques sont exprimés en µg/kg ou pg/g de poids humide et sont précisés pour chaque type de composés.

Les seuils OSPAR ont été convertis dans ces tableaux en poids humide pour faciliter les comparaisons de seuils : $[\text{substance}]_{\text{p.h.}} = [\text{substance}]_{\text{p.s.}} \times \% \text{ matière sèche}$, en µg/kg. Les seuils DCE sont exprimés en µg/kg p.h..

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dont le fluoranthène pris comme représentatif de l'ensemble des HAP

Les HAP entrent pour 15 à 30% dans la composition des pétroles bruts. Moins biodégradables que les autres hydrocarbures, ils restent plus longtemps dans le milieu. S'ils existent à l'état naturel dans l'océan, leur principale source est anthropique et provient de la combustion des produits pétroliers, sans oublier les déversements accidentels. Les principaux HAP sont cancérogènes à des degrés divers, le plus néfaste étant le benzo(a)pyrène. Le groupe des HAP est représenté ici par le fluoranthène.

Le fluoranthène fait partie des principaux constituants des goudrons lourds issus du charbon ; il est obtenu par distillation à haute température (353 à 385 °C) d'huile d'anthracène ou de brai. Il est également formé lors de la combustion incomplète du bois et du fioul. Il fait partie des HAP prédominants dans les émissions des incinérateurs d'ordures ménagères. Le fluoranthène est utilisé en revêtement de protection pour l'intérieur des cuves et des tuyaux en acier servant au stockage et à la distribution d'eau potable. Il est utilisé comme intermédiaire dans la fabrication de teintures, notamment de teintures fluorescentes. Il est également employé dans la fabrication des huiles diélectriques et comme stabilisant pour les colles époxy. En pharmacie, il sert à synthétiser des agents antiviraux.

Tableau 5 : Concentrations en HAP - exprimés en µg/kg p.h. dans les huîtres pour l'année 2021

Paramètre		Seuils		Baie de Génipa		Le Marin		Baie de Saintpée		Rivière Lézarde	
		OSPAR (µg/kg p.h.)	DCE (µg/kg p.h.)	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre
Acénaphène	HAP			0.04	<0,1	0.05	<0,1	0.03	<0,1	0.06	<0,1
Acénaphthylène	HAP			<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Anthracène	HAP	55,1	173,8	0.18	0.05	0.33	0.04	0.15	<0.2	0.18	0.19
Benzo(a)anthracène	HAP	15,2		0.02	0.03	0.01	<0.5	0.007	<0.5	0.02	0.24
Benzo(a)pyrène	HAP	114	5	0.02	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.01	0.05
Benzo(b)fluoranthène	HAP		5	0.08	0.19	0.03	0.02	0.02	0.01	0.06	0.11
Benzo(c)fluorène	HAP			0.008	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.01	0.04
Benzo(g,h,i)peryène	HAP	21	5	0.06	0.07	0.02	<0.04	0.02	<0.04	0.07	0.06
Benzo(j)fluoranthène	HAP			0.02	0.02	0.007	<0.002	0.005	<0.002	0.02	0.05
Benzo(k)fluoranthène	HAP		5	0.06	0.10	0.02	<0.2	0.01	<0.2	0.03	0.08
Chrysène	HAP			0.03	0.05	0.03	0.03	0.02	<0.5	0.08	0.33
5 Methylchrysène	HAP			<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Cyclopenta(c,d)pyrène	HAP			0.05	0.04	0.05	<0.005	0.03	<0.005	0.14	0.17
Dibenzo(a,h)anthracène	HAP			<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Fluoranthène	HAP	21	30	0.15	0.19	0.22	0.19	0.09	0.28	0.27	1.32
Fluorène	HAP			0.06	<0,1	0.15	<0,1	0.09	<0,1	0.07	<0,1
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	HAP		5	0.03	0.04	0.02	<0.2	0.02	<0.2	0.02	0.03
Naphtalène	HAP	65	214,00	0.13	<0,1	0.13	<0,1	0.18	<0,1	0.25	<0,1
Phénanthrène	HAP	323		0.52	0.71	0.75	0.84	0.49	1.34	0.77	2.13
Pyrène	HAP	19		0.34	0.25	0.76	0.19	0.29	0.29	0.8	1.67

D'après le tableau 5, il y a peu d'HAP quantifiés sur les 4 stations de suivi, et les niveaux de concentration des composés quantifiables sont faibles et bien en deçà des seuils environnementaux.

Les HAP retrouvés en plus fortes concentrations dans les huîtres sont le phénanthrène, le pyrène et le fluoranthène avec des concentrations mesurées jusqu'à 2.1, 1.7 et 1.3 µg/kg de p.h. en novembre à la rivière Lézarde respectivement. Les concentrations mesurées en février pour l'anthracène sont autour de 0.2 µg/kg de p.h., tout comme les concentrations du naphtalène qui sont autour de 0.3 µg/kg de p.h.. Les concentrations des autres HAP sont proches des LQ.

Dans les huîtres du Parc National de Morrocoy (Vénézuéla), les concentrations en HAP sont plus fortes que celles mesurées en Martinique (Jaffé et al., 1998). Les concentrations en naphtalène sont comprises entre 10 et 28 µg/kg ph, en fluorène entre 0.80 et 1.80 µg/kg ph, en phénanthrène entre 1.3 et 2.5 µg/kg ph, en anthracène entre 0.22 et 0.50 µg/kg ph, en fluoranthène 0.87 et 2.6 µg/kg ph, en pyrène entre 0.95 et 7.5 µg/kg ph, en benzo(a)anthracène entre 0.15 et 0.83 µg/kg ph, en benzo(a)pyrene entre 0.19 et 1.1 µg/kg ph, en indeno(c-d)pyrène 0.19 et 2.7 µg/kg ph et en benzo(ghi)peryène entre 1.5 et 11 µg/kg ph. Les concentrations dans les huîtres (*Crassostrea rizhophorae*) échantillonnées en Guadeloupe sont plus fortes que dans les huîtres de palétuvier de la Martinique (Ramdine et al., 2012).

Polychlorobiphényles (PCB) dont le congénère CB 153 pris comme représentatif de l'ensemble des PCB.

Les PCB sont des composés organochlorés comprenant plus de 200 congénères différents, dont certains sont dits de type dioxine (PCB dl). Sept PCB (PCB indicateurs) parmi les 209 congénères ont été sélectionnés par le Bureau Communautaire de Référence de la Commission Européenne du fait de leur persistance et de leur abondance dans l'environnement ainsi que de leurs propriétés toxicologiques. Les « PCB indicateurs » (congénères 118, 138, 153, 180, 28, 52 et 101) représentent près de 80 % des PCB totaux.

Ils ont été largement utilisés comme fluide isolant ou ignifugeant dans l'industrie électrique, et comme fluidifiant dans les peintures. Leur rémanence, leur toxicité et leur aptitude à être bioaccumulés ont conduit à restreindre leur usage en France à partir de 1987. Depuis lors, ils ne subsistent plus que dans des équipements électriques anciens, transformateurs et gros condensateurs. Un arrêté de février 2003 (en application d'une directive européenne de 1996) planifie l'élimination de tous les appareils contenant des PCB d'ici fin 2010. La convention de Stockholm prévoit leur éradication totale pour 2025.

Tableau 6 : Concentrations en PCB - **exprimés en $\mu\text{g/kg p.h.}$ pour les congénères indicateurs non dioxin-like (en gras ; sauf le congénère dioxin-Like 118 exprimé en ng/kg p.h.) et en ng/kg p.h. pour les congénères dioxin-Like** - dans les huîtres pour l'année 2021 – en bleu : concentrations maximales.

Paramètre		Seuils environnementaux		Baie de Génipa		Le Marin		Baie de Saintpée		Rivière Lézarde	
		OSPAR ($\mu\text{g/kg p.h.}$)	DCE ($\mu\text{g/kg p.h.}$)	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre
Congénère de PCB 101	PCB-NDL	23		0.031	0.038	0.134	0.028	0.007	0.017	0.163	0.115
Congénère de PCB 105	PCB-DL			5.344	8.8	49.375	11.8	2.971	2.8	18.772	15.8
Congénère de PCB 114	PCB-DL			0.202	0.3	1.329	<0.001	0.196	<0.001	1.261	0.7
Congénère de PCB 118	PCB-DL	5		15.424	23.5	134.084	32.6	8.387	9.0	71.897	57.6
Congénère de PCB 123	PCB-DL			0.816	1.4	3.329	0.7	0.132	0.2	3.210	1.9
Congénère de PCB 126	PCB-DL			0.143	0.22	0.592	0.22	0.117	0.06	0.848	0.57
Congénère de PCB 138	PCB-NDL	60		0.084	0.096	0.241	0.075	0.034	0.022	0.890	0.713
Congénère de PCB 153	PCB-NDL	301		0.223	0.252	0.303	0.127	0.071	0.058	1.830	1.433
Congénère de PCB 156	PCB-DL			5.917	6.4	22.961	7.5	4.409	2.0	52.251	31.7
Congénère de PCB 157	PCB-DL			2.638	3.6	5.601	2.4	1.512	0.2	15.548	6.4
Congénère de PCB 167	PCB-DL			3.287	4.3	12.176	4.5	2.237	1.3	37.954	20.8
Congénère de PCB 169	PCB-DL			0.057	0.09	0.138	0.16	0.230	0.10	0.287	0.21
Congénère de PCB 180	PCB-NDL	89		0.073	0.080	0.097	0.043	0.058	0.036	0.679	0.527
Congénère de PCB 189	PCB-DL			1.498	1.7	1.515	0.9	<0.001	<0.001	13.703	9.1
Congénère de PCB 28	PCB-NDL	13		0.008	0.010	0.014	0.010	0.006	0.009	0.018	0.011
Congénère de PCB 52	PCB-NDL	21		0.009	0.022	0.029	0.014	0.006	0.020	0.021	0.024
Congénère de PCB 77	PCB-DL			0.651	1.27	3.449	1.18	0.331	0.46	1.719	1.28
Congénère de PCB 81	PCB-DL			0.078	0.10	0.158	0.09	0.028	0.03	0.245	0.14

Les différents congénères de PCB sont quasiment tous quantifiés dans les huîtres des 4 stations (tableau 6). Les concentrations maximales sont souvent enregistrées sur la station Rivière Lézarde. Les congénères retrouvés en plus grandes concentrations sont les PCB indicateurs (par ordre décroissant) : 153, 138, 180, 101, 118, 52 et 28. Les concentrations de ces derniers CB sont comprises entre 0.018 et 1.830 $\mu\text{g/kg p.h.}$, et restent bien inférieures aux seuils environnementaux proposés par la convention OSPAR. Les autres CB ont des concentrations comprises entre le dixième et la dizaine de ng/kg p.h. .

Pour comparatif, Sbriz et al. (1998) ont mesuré les concentrations de différents congénères sur des huîtres de palétuviers le long de la côte de la République Dominicaine. Les concentrations sont de 0.37 et 1.26 $\mu\text{g/kg ps}$ pour le CB28, 2.86 et 1.15 $\mu\text{g/kg}$ pour le CB52, 1.89 $\mu\text{g/kg}$ pour le CB105, 0.42 et 3.74 $\mu\text{g/kg}$ pour le CB118 et 5.54 pour le CB180. Dans les huîtres du Parc National de Morrocoy (Vénézuéla), les concentrations des CB indicateurs 138, 153 et 180 sont comprises entre 0.40 et 2.50 $\mu\text{g/kg}$ (Jaffé et al., 1998).

Retardateurs de flammes bromés – polybromodiphényléthers (PBDE)

Les PBDE sont des retardateurs de flamme bromés utilisés dans les plastiques, les textiles, l'électronique, les équipements domestiques. La famille comprend un ensemble de 209 congénères théoriques en fonction du nombre d'atomes de brome (1 à 10). On les trouve sous formes de mélanges techniques penta-, octa- et déca-bromés selon le degré de bromation des différents congénères constituant le mélange. Il existe trois principaux PBDE commerciaux :

- le pentabromodiphényléther (PeBDE) commercial qui contient principalement des PBDE à 4, 5, ou 6 atomes de brome,
- l'octabromodiphényléther commercial qui contient des PBDE à 7 et 8 atomes de brome,
- et le décabromodiphényléther commercial (qui contient des PBDE à 9 et 10 atomes de brome).

Ces substances, détectées dans l'environnement dès la fin des années 70, présentent un caractère lipophile et une faible dégradabilité qui font d'eux des Polluants Organiques Persistants (POP), toxiques pour l'homme et l'environnement. Les PBDE sont présents dans l'air, dans les matières en suspension et les sédiments plus que dans l'eau du fait de leur faible solubilité. De nombreuses études ont mis en évidence la présence de PBDE dans le biote et chez les mammifères terrestres avec une contamination due à la fois à l'exposition directe et à la bioaccumulation.

La production mondiale des PBDE a augmenté de façon exponentielle depuis les années 80. Depuis août 2004, les mélanges techniques penta-bromés et octa-bromés sont interdits d'utilisation en Europe puis interdits par la Convention de Stockholm en mai 2009. Aujourd'hui les PBDE ne sont plus produits en France et en Europe. Le PeBDE (BDE-28, BDE-47, BDE-99, BDE-100, BDE-153, et BDE-154) est classé en tant que substance dangereuse prioritaire et les PBDE ont été intégrés à la liste de composés à analyser dans la DCE.

Tableau 7 : Concentrations en PBDE - exprimés en $\mu\text{g/kg p.h.}$ dans les huîtres pour l'année 2021

Paramètre	Seuils environnementaux			Baie de Génipa		Le Marin		Baie de Saintpée		Rivière Lézarde	
	OSPAR ($\mu\text{g/kg p.h.}$)	DCE ($\mu\text{g/kg p.h.}$)	Autre seuil ($\mu\text{g/kg p.h.}$)	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre
PBDE-100			20	0.0006	0.0024	0.0019	0.0012	0.0014	0.0010	0.0029	0.0022
PBDE-153			80	0.0003	0.0009	0.0011	0.0006	0.0016	0.0005	0.0015	0.0013
PBDE-154			80	0.0005	0.0011	0.0010	0.0005	0.0007	0.0004	0.0023	0.0012
PBDE-183				<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	0.0004	<0.0008	0.0003
PBDE-209				-	0.0831	-	0.0704	-	0.3616	-	0.0534
PBDE-28			2400	0.0008	0.0002	0.0009	0.0003	0.0009	0.0002	0.0013	0.0001
PBDE-47			880	0.0188	0.0105	0.0226	0.0080	0.0252	0.0086	<0.01	0.0081
PBDE-49				0.0005	0.0010	0.0017	0.0007	0.0020	0.0010	0.0021	0.0016
PBDE-66				0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	<0.0008	0.0004	0.0003
PBDE-85				<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	0.0004	<0.0008	<0.0008	<0.0008
PBDE-99			20	0.0042	0.0049	0.0100	0.0051	0.0130	0.0048	0.0084	0.0036

Les concentrations en PBDE dans les huîtres sur les 4 stations sont très faibles ($<0.1 \mu\text{g/kg p.h.}$) et bien en dessous des seuils environnementaux. Le congénère retrouvé en de plus grande concentrations dans les huîtres est le PBDE 209 (entre 0.05 et $0.36 \mu\text{g/kg p.h.}$ sur les 4 stations en novembre. Les congénères PBDE 183 et 85 sont en dessous des limites de quantification= $0.0008 \mu\text{g/kg p.h.}$ (tableau 7).

Retardateurs de flammes bromés - hexabromocyclododécane (HBCDD)

Tableau 9 : Concentrations en HBCDD - exprimés en µg/kg p.h. dans les huîtres pour l'année 2021

Paramètre		Seuils environnementaux		Baie de Génipa		Le Marin		Baie de Saintpée		Rivière Lézarde	
		OSPAR (µg/kg p.h.)	DCE (µg/kg p.h.)	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre
Alpha-HBCDD	PBB		0,28	0.007	0.0120	0.008	0.0130	<0.001	0.0040	0.015	0.0200
Beta-HBCDD	PBB		0,28	<0,005	0.0020	<0,005	0.0010	<0,005	0.0005	<0,005	0.0030
Gamma-HBCDD	PBB		0,28	<0,005	0.0020	<0,005	0.0007	<0,005	0.0070	0.003	0.0010

Les concentrations en PBB dans les huîtres sur les 4 stations sont très faibles, de l'ordre de quelques dixièmes de µg/kg p.h. à toutes les stations pour les 2 saisons (tableau 9). Les concentrations mesurées en février sont sous les limites de quantification (0.001 et 0.005 µg/kg p.h.). Les concentrations mesurées sont bien en dessous du seuil fixé par la DCE de 0.28 µg/kg p.h..

Dioxines (PCDD) et furanes (PCDF)

Tableau 8 : Concentrations en PCDD et PCDF - exprimés en ng/kg p.h. dans les huîtres pour l'année 2021

Paramètre	Baie de Génipa		Le Marin		Baie de Saintpée		Rivière Lézarde	
	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre
PCDD-4	0.003	0.007	<0.008	0.007	0.004	0.004	0.008	0.003
PCDD-5	0.004	0.007	0.014	0.015	0.008	0.007	0.007	0.006
PCDD-6-1	0.005	0.007	0.013	0.015	0.009	0.008	0.015	0.020
PCDD-6-2	0.022	0.038	0.040	0.039	0.019	0.011	0.019	0.033
PCDD-6-3	0.018	0.013	0.016	0.027	0.013	0.015	0.011	0.011
PCDD-7	0.098	0.109	0.175	0.205	0.095	0.042	0.112	0.134
PCDD-8	0.350	0.288	0.674	0.726	0.362	0.172	0.351	0.437
PCDF-4	0.017	0.017	0.076	0.021	0.006	0.009	0.055	0.033
PCDF-5-1	0.015	0.010	0.044	0.034	0.013	<0.008	0.028	0.014
PCDF-5-2	0.006	0.012	0.018	0.035	0.014	<0.008	0.042	0.038
PCDF-6-1	0.009	0.011	0.010	0.016	0.013	0.013	0.027	0.023
PCDF-6-2	0.012	0.012	0.010	0.019	0.018	0.018	0.021	0.022
PCDF-6-3	0.009	0.009	0.008	0.013	0.007	0.009	0.005	0.008
PCDF-6-4	0.011	0.009	0.012	0.013	0.013	0.008	0.023	0.007
PCDF-7-1	0.033	0.049	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	0.046	0.031
PCDF-7-2	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
PCDF-8	0.034	0.021	0.030	<0.01	0.017	<0.01	0.040	0.020

Les concentrations en PCDD et PCDF dans les huîtres sur les 4 stations sont très faibles, de l'ordre de quelques dixièmes de ng/kg p.h. à toutes les stations pour les 2 saisons (tableau 8). Le PCDD-7 et le PCDD-8 sont les deux composés pour lesquels les concentrations mesurées sont les plus fortes, entre 0.1 et 0.8 ng/kg p.h., et particulièrement au Marin. Les résultats de certains composés (PCDF-7-1, PCDF-7-2) sont en dessous des limites de quantification=0.008 ng/kg p.h..

Les substances organostanniques

Le TBT appartient à la famille des organostanniques. Il se dégrade dans l'environnement en DBT (dibutylétain), puis MBT (monobutylétain) et substances moins toxiques que le TBT. C'est un composé biocide à large spectre d'activité qui a été utilisé dans les produits anti-salissures et les produits de traitement du bois. Sa grande toxicité sur les espèces non-cible a entraîné une limitation de son usage en France dès 1981 puis son interdiction dans les peintures marines anti-salissures depuis le 1er janvier 2003 avec obligation d'éliminer ce produit des coques de navire à partir du 1er janvier 2008. Il en reste un usage résiduel comme biocide dans l'industrie du papier, du textile et du cuir et dans les circuits de refroidissement. Le MBT et DBT sont utilisés comme additifs dans le PVC. On retrouve le TBT dans l'eau de mer essentiellement sous forme dissoute, alors qu'il est signalé fortement adsorbé sur les matières en suspension en eau douce.

Les atteintes toxiques touchent plusieurs fonctions biologiques chez les mollusques même à faibles concentrations : reproduction, survie du stade larvaire, croissance, respiration, alimentation, calcification, immunité.

Tableau 10 : Concentrations en cation d'étain issu de TBT et ses métabolites - exprimés en $\mu\text{g/kg p.h.}$ dans les huîtres pour l'année 2021

Paramètre	Seuils environnementaux		Baie de Génipa		Le Marin		Baie de Saintpée		Rivière Lézarde	
	OSPAR ($\mu\text{g/kg p.h.}$)	DCE ($\mu\text{g/kg p.h.}$)	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre
TBT cation	2.28 TBT	0,013	0.15	0.06	7.4	10.82	10.9	4.34	1.39	0.87
MBT cation			<0.01	0.18	3.25	14.94	2.22	6.31	0.96	1.88
DBT cation			0.07	0.18	4.8	6.96	3.23	2.17	1.45	0.6

L'étain est un élément constitutif du TBT, qui le rend toxique ainsi que ses métabolites MBT et DBT. Les concentrations en étain sous forme organique sont faibles et proches de la LQ en baie de Génipa ($<0.2 \mu\text{g/kg p.h.}$). Les huîtres de la rivière Lézarde présentent des concentrations en étain plus fortes qu'en baie de Génipa, mais restent en dessous du seuil OSPAR fixé à $2.28 \mu\text{g TBT/kg p.h.}$. Les concentrations mesurées au Marin et à la Pointe Larose sont plus fortes et varient de 3.3 et 2.2 à 14.9 et $10.9 \mu\text{g TBT/kg p.h.}$ respectivement (tableau 10). Ces valeurs dépassent fortement le seuil OSPAR. Ces résultats nécessiteraient une investigation pour vérifier si cette contamination est ancienne ou alimentée par de mauvaises pratiques qui perdurent, malgré l'interdiction mondiale en 2008 par l'Organisation Maritime Internationale du TBT. Dans l'étude de Strand et al. (2009), les concentrations en cation d'étain issu du TBT, DBT et MBT des huîtres de palétuvier de l'île de St Croix (îles Vierges des USA) présentent plusieurs niveaux en fonction des zones de pression. Les concentrations sont significativement plus fortes dans les huîtres prélevées dans la marina Salt River Bay (135, 104, $80 \mu\text{g Sn/kg ps}$, respectivement) par rapport aux huîtres prélevées dans les zones de référence au nord (1.3, 1.4, $1.1 \mu\text{g Sn/kg ps}$ respectivement) et au sud de l'île (4.1, 4.4, $5.0 \mu\text{g Sn/kg ps}$ respectivement) (Strand et al., 2009). Ces dernières zones de références sont tout de même avec des niveaux de contamination qui dépassent le seuil OSPAR fixé à $0.93 \mu\text{g Sn/kg}$.

Composés perfluorés - PFOA dont PFOS

Tableau 12 : Concentrations en composés perfluorés - exprimés en $\mu\text{g/kg p.h.}$ - dans les huîtres pour l'année 2021 (LQ = 0.02 $\mu\text{g/kg p.h.}$)

Paramètres	Baie de Génipa		Le Marin		Baie de Saintpée		Rivière Lézarde	
	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre
Acide perfluorobutanoïque - PFBA	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	-	<0.02	<0.02
Perfluorobutane sulfonate - PFBS	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	-	<0.02	<0.02
Acide perfluorodécanoïque - PFDA	0.04	0.007	<0.02	0.006	<0.02	-	<0.02	0.008
Perfluorodécane sulfonate - PFDS	<0.010	<0.01	<0.015	<0.01	<0.012	-	<0.013	<0.01
Acide perfluorododécanoïque - PFDoA	0.154	0.01	0.084	0.03	0.078	-	0.142	0.05
Acide perfluoroheptanoïque - PFHpA	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	-	<0.02	<0.02
Perfluoroheptane sulfonate - PFHpS	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	-	<0.02	<0.02
Acide perfluorohexanoïque - PFHxA	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	-	<0.02	<0.02
Perfluorohexane sulfonate - PFHxS	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	-	<0.02	<0.02
Acide perfluorononanoïque - PFNA	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	-	<0.02	<0.02
Acide perfluorooctanoïque - PFOA	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	-	<0.02	<0.02
Perfluorooctane sulfonate - PFOS	0.176	0.01	0.211	0.009	0.11	-	0.197	0.02
Acide perfluoropentanoïque - PFPeA	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	-	<0.02	<0.02
Acide perfluorotétradécanoïque - PFTeA	0.022	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	-	<0.02	<0.02
Acide perfluorotridécanoïque - PFTrA	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	-	0.064	<0.02
Acide perfluoroundécanoïque - PFUnA	0.036	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	-	<0.02	<0.02

La majorité des composés perfluorés analysés dans les huîtres en 2021 sont en concentrations très faibles, sous la limite de quantification (LQ=0.02 $\mu\text{g/kg p.h.}$ - tableau 12). Les quelques composés dépassant la LQ sont (par ordre décroissant) : le perfluorooctane sulfonate (PFOS) et l'acide perfluorododécanoïque (PFDoA) à toutes les stations et aux deux saisons, l'acide perfluorodécanoïque (PFDA) à 3 stations, le PFTrA (acide perfluorotridécanoïque) en février à la rivière Lézarde, et les acide perfluoroundécanoïque (PFUnA) et perfluorotétradécanoïque (PFTeA) en baie de Génipa. Les concentrations sont comprises entre 0.02 et 0.2 $\mu\text{g/kg p.h.}$.

En novembre, il n'y avait pas assez de matrice biologique pour faire l'analyse de ces composés pour la station baie de Saintpée.

Il n'y a pas de seuil OSPAR ou DCE pour ces composés récemment pris en compte dans les différentes réglementations.

Autres composés

Tableau 13 : Concentrations en chloro alcane et en phtalates (en $\mu\text{g/kg p.h.}$) - dans les huîtres pour l'année 2021

Paramètres	Seuils environnementaux			Baie de Génipa		Le Marin		Baie de Saintpée		Rivière Lézarde	
	OSPAR	DCE	Autre seuil	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre
	($\mu\text{g/kg p.h.}$)	($\mu\text{g/kg p.h.}$)	($\mu\text{g/kg p.h.}$)								
Chloro alcane - C10C13		382		0.65	1.02	0.56	1.08	0.97	-	0.44	0.81
Phtalate - DEHP			2920	17.1	15.5	13.7	28.6	7.1	30.2	7.2	8.2

Les concentrations en chloroalcanes sont proches des 1 µg/kg p.h. (tableau 13). Cette année, il n'y avait pas assez de matrice biologique pour faire l'analyse de ce composé pour la station Baie de Saintpée.

Les concentrations en phtalates dans les huîtres sont comprises entre 7 et 30 µg/kg p.h.. Toutes ces valeurs sont en dessous des seuils environnementaux (tableau 13).

Chlordécone et ses métabolites

Le chlordécone et ses métabolites (chlordécone 5b-hydro et chlordécol) font l'objet d'un suivi plus récent, démarré en 2009 pour le chlordécone, et 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, depuis le changement de laboratoire (LABOCEA à Plouzané).

Le chlordécone est l'organochloré le plus fréquemment détecté et celui qui présente les concentrations les plus élevées. Ce composé, de par sa forte utilisation dans les années 70-90 et ses effets cancérigènes, mutagènes et reprotoxique est particulièrement suivi.

Le chlordécone est le seul polluant spécifique retenu par l'arrêté surveillance du 26 avril 2022 pour l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau côtières au sens de la directive cadre européenne sur l'eau. L'arrêté du 27 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 fixe la **Norme de Qualité Environnementale** (NQE : concentration d'un polluant ou d'un groupe de polluants dans l'eau, les sédiments ou le biote qui ne doit pas être dépassée, afin de protéger la santé humaine et l'environnement) en moyenne annuelle **dans le biote à 3 µg/kg**. Cette concentration est toujours largement dépassée aux deux stations de la baie de Fort-de-France (157.1 µg/kg p.h. à la rivière Lézarde et 19.6 µg/kg p.h. en Baie de Génipa en février) ainsi qu'au Marin (6.6 µg/kg p.h. en novembre). Cette année les concentrations dans les huîtres de la Pointe Larose ne dépassent pas ce seuil (2 et 0,3 µg/kg p.h. en février et novembre, figure 19).

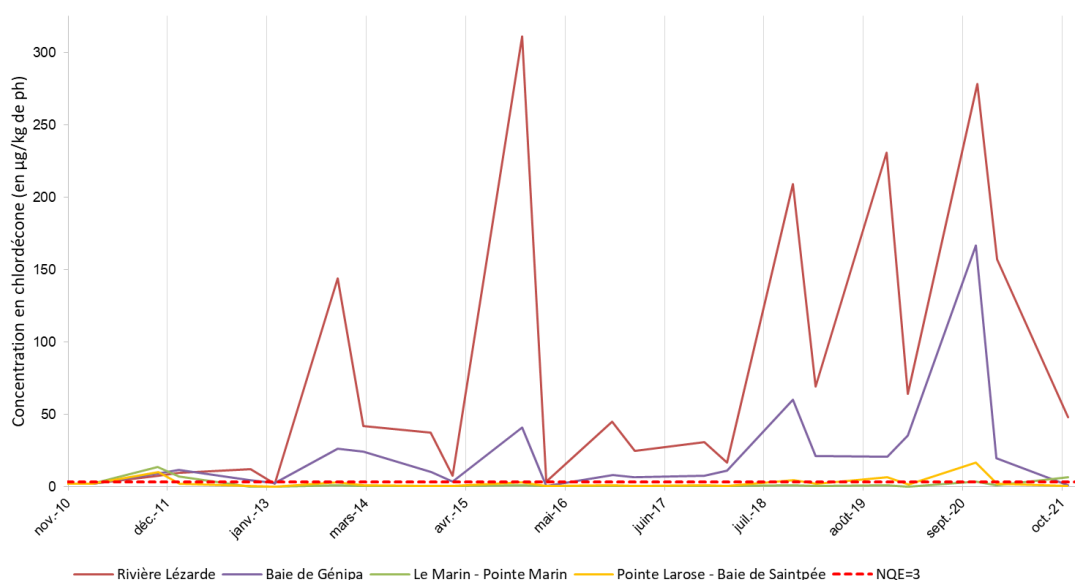


Figure 19: Evolution dans le temps des concentrations en chlordécone (en µg/kg p.h.) sur les 4 stations ROCCH.

Le métabolite chlordécol a été détecté une fois en 2015 (à une concentration tout juste supérieure à la limite de quantification de 20 µg/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 0.10 et 5.6 µg/kg p.h.. Cette année, les concentrations en chlordécol sont proches des LQ à toutes les stations, sauf pour la rivière Lézarde où les concentrations ont atteint 5.6 µg/kg p.h. en février (tableau 14).

Depuis novembre 2018, le 5b-hydro chlordécone a été mesuré et détecté par le LABERCA-ONIRIS (indétectable depuis 2012). En 2021, les concentrations du 5b-hydro chlordécone s'échelonnent de 0.3 (Le Marin et Pointe Larose) à 15.1 µg/kg p.h. (Rivière Lézarde). Globalement, les niveaux sont les plus bas au Marin et à la Pointe Larose, suivi des concentrations en Baie de Génipa mais sont nettement plus forts au niveau de la rivière Lézarde.

Les fortes concentrations en chlordécone au niveau de la rivière de la Lézarde sont confirmées par les concentrations des deux métabolites sur ce même point.

Tableau 14 : Concentrations en chlordécone et ses métabolites (en µg/kg p.h.) - dans les huîtres pour l'année 2021

Paramètre		Seuils environnementaux		Baie de Génipa		Le Marin		Baie de Saintpée		Rivière Lézarde	
		OSPAR (µg/kg p.h.)	DCE (µg/kg p.h.)	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre	Février	Novembre
Chlordécol	PSEE			0.7	<0.015	<0.04	0.1	0.1	<0.015	5.6	0.4
Chlordécone	PSEE		3	19.6	0.7	0.8	6.6	2	0.3	157.1	47.7
Chlordécone 5b hydro	PSEE			1.2	<0.01	<0.04	0.3	0.3	0.04	15.1	3.5

3.3.2 Evolution des concentrations dans le temps

Les graphiques suivants présentent l'évolution des concentrations dans le temps de quelques molécules représentatives (fluoranthène et PCB 153) par station (figures 20, 21, 22 et 23). 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 du fluoranthène et du CB153 sont cités à titre d'information car ils concernent les eaux marines de l'Atlantique Nord Est :

- Les EAC (Critère d'Evaluation Environnementale) sont des outils d'évaluation destinés à représenter la teneur d'un contaminant dans 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 sont indiqués à titre indicatif pour la Martinique.

Résultats ROCCH
125-P-001 Martinique / Rivière Lézarde - Huître de palétuvier

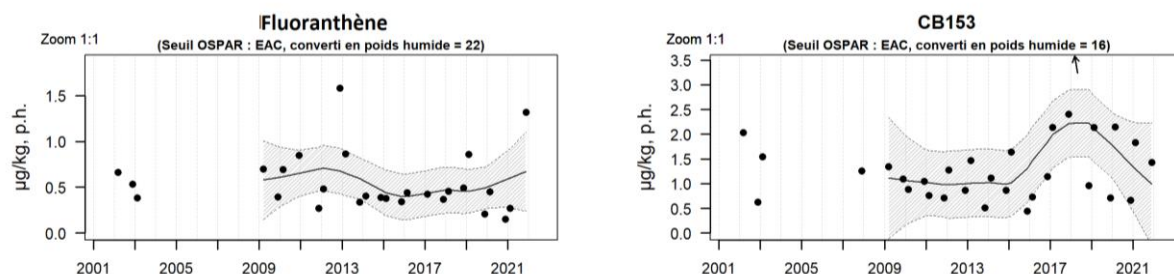


Figure 20 : Evolution temporelle des niveaux de contamination organique dans les huîtres de palétuvier (mg/kg p.h.) à la Rivière Lézarde.

125-P-002 Martinique / Baie de Génipa - Huître de palétuvier

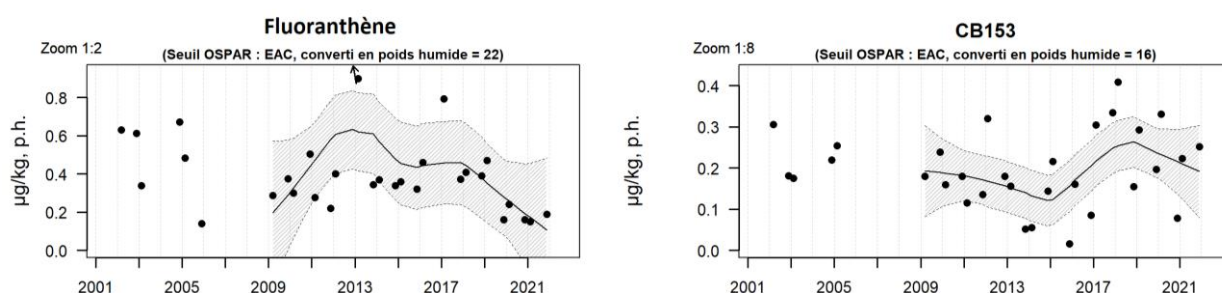


Figure 21: Evolution temporelle des niveaux de contamination organique dans les huîtres de palétuvier (mg/kg p.h.) en Baie de Génipa.

125-P-031 Martinique / Le Marin - Pointe Marin - Huître de palétuvier

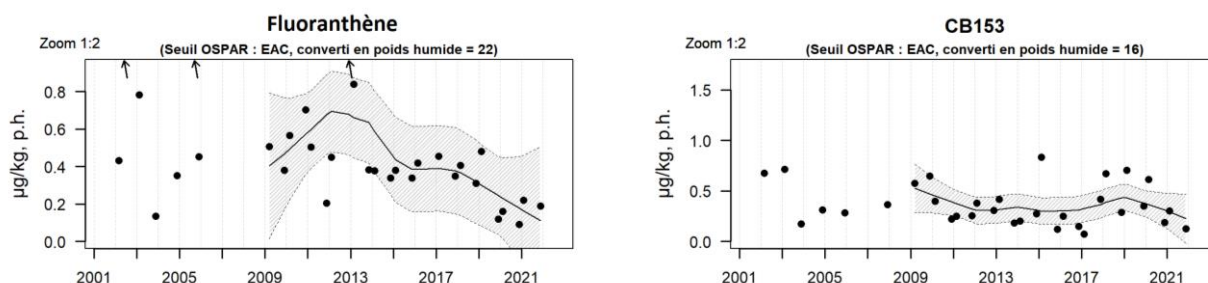


Figure 22: Evolution temporelle des niveaux de contamination organique dans les huîtres de palétuvier (mg/kg p.h.) à la Pointe Marin.

125-P-109 Martinique / Pointe Larose - Baie de Saintpée - Huître de palétuvier

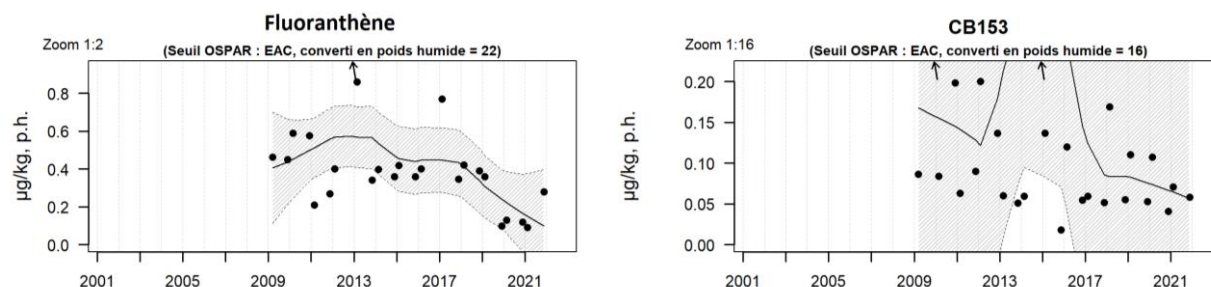


Figure 23: Evolution temporelle des niveaux de contamination organique dans les huîtres de palétuvier (mg/kg p.h.) à la Pointe Larose – Baie de Saintpée.

Les concentrations en fluoranthène restent faible cette année, autour de 0.3 µg/kg p.h., sauf au niveau de la rivière Lézarde où un pic de concentration a été mesuré à 1.32 µg/kg p.h.. Même avec ce pic, les valeurs restent bien en dessous du seuil OSPAR à 22 µg/kg p.h.

Les concentrations en CB153 restent dans la même tendance que les années passées. Les niveaux sont très faibles à Pointe Larose (<0.1 µg/kg p.h.), assez faibles au Marin et en baie de Génipa (entre 0.1 et 0.3 µg/kg p.h.) et sont plus fort à la rivière Lézarde (autour d'1.5 µg/kg p.h.).

4. Conclusions et recommandations

A l'initiative de l'Ifremer et avec le soutien de la DEAL et de l'ODE, le suivi de la qualité chimique des eaux côtières de la Martinique a été réalisé depuis 2009 sur 4 points de mangrove, à l'interface terre-mer, sur les huîtres de palétuvier.

L'organisation opérationnelle a mobilisé en 2021 :

- le bureau d'étude Impact-Mer pour les prélèvements, en lien avec la station Ifremer du Robert,
- l'unité Contamination Chimique des Ecosystèmes Marins de l'Ifremer à Nantes pour la préparation du matériel d'échantillonnage et 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 Quadrigé,

La stratégie ROCCH a évolué en 2016 en métropole avec la concentration des échantillonnages sur une seule campagne, celle de février. **Pour la Martinique, le suivi ROCCH se fera uniquement en novembre à compter de 2022, période où les niveaux semblent les plus hauts pour la majorité des composés. Les prélèvements seront analysés avec les échantillonnages sur le littoral de l'hexagone de février de l'année 2023.**

Cette année, la liste des composés analysés a été grandement complétée, avec plus de métaux et plus de familles de composés organiques (PBDE, PCDD, PCDF, RFB, organostanniques, perfluorés...)

Les résultats concernant les métaux confirment :

- les concentrations en zinc apparaissent encore cette année élevées dans les huîtres de palétuvier. Ces niveaux peuvent s'expliquer par la faculté naturelle de l'organisme *Isognomon alatus* à bio-accumuler cet élément dans sa chair. D'après l'étude de Saed et al. (2002), le taux d'accumulation du zinc reporté sur le terrain est estimé à 42.7 mg/kg/mois, bien supérieur au taux d'accumulation du cuivre. De plus, l'étude de Rodrigues et al. (2022) a calculé un facteur de bioaccumulation (sédiment-biotte) de 61 pour l'élément zinc chez *I.alatus*. Le facteur de bioaccumulation pourrait-être un élément important à mesurer, à partir de mesures de métaux ou de composés organiques dans la matrice sédiment ou bien dans la matrice eau *via* la méthode des échantillonneurs passifs (DGT, POCIS, SBSE).
- Les concentrations en cuivre étaient plutôt hautes cette année. A l'inverse, les concentrations mesurées en mercure étaient plutôt basses. Il faudra surveiller l'évolution des concentrations de ces composés dans les années qui viennent.
- Les nouveaux contaminants métalliques analysés en 2021 (Al, Sb, Ba, Sn, Fe, Li, Mn, Mo, Th, U) ont montré quelques résultats : les niveaux d'aluminium, de fer et

de manganèse sont de l'ordre de dizaines-centaines de mg par kg ; les concentrations en étain sont présentes au Marin et la Pointe Larose en de faibles quantités. Cela pourrait s'expliquer par le risque élevé de fond hydro-géochimique en fer et manganèse sur l'ensemble des eaux souterraines et des cours d'eau de la Martinique (Arnaud et al., 2013 ; BRGM, 2017).

- Cette année, c'est la première fois que l'on retrouve des concentrations en argent dans la baie du Marin aux mêmes niveaux que les autres stations à la fois en février et en novembre 2021. Il faudra surveiller cette tendance pour vérifier si cette évolution n'est pas simplement due au changement de lieu de prélèvement.
- Concernant les concentrations mesurées en arsenic, elles semblent être liées aux arrivages des sargasses dans la baie du Marin et à la pointe Larose. Des échantillons de sargasses vont être envoyés au laboratoire Ifremer de Nantes pour doser l'arsenic.
- Les valeurs médianes pour le mercure, le plomb et le cadmium en Martinique sont largement inférieures aux seuils de contamination dans le biote.
- Les études d'Arnaud et al. (2013) et du BRGM (2017), s'intéressant au fond hydrogéochimique naturel (*i.e.* : la concentration d'un élément majeur ou trace, issu d'un matériau naturellement présent dans un milieu et résultant uniquement de son histoire géologique) des eaux souterraines et des cours d'eau de surface de la Martinique permettent d'apporter des données fiables et représentatives des niveaux de concentrations d'origine naturelle de divers éléments majeurs et traces sous forme dissous. Cela pourrait expliquer en partie les niveaux de certains éléments retrouvés dans les huîtres de palétuviers, considérant les formations géologiques suivantes : Complexe de base (Baie du Marin), Miocène Sud (Baie de Génipa), Vauclin-Pitault (Pointe Larose, baie de Génipa et Rivière Lézarde) et Morne Jacobe (rivière Lézarde). L'ensemble de la Martinique présente des niveaux élevés en fer et en manganèse. Le complexe de base et ses systèmes hydriques (baie du Marin) ont une signature géochimique particulièrement enrichis en éléments majeurs (calcium, magnésium chlorure de sodium et sulfates élevés, baryum et mercure moyen). Le strontium, qui n'est pas mesuré ici, est présent sur l'ensemble de cours d'eau de l'île.

Les résultats concernant les composés organiques confirment :

- Il y a peu d'HAP quantifiés, et les niveaux de concentration des composés quantifiables (phénanthrène, pyrène et fluoranthène) sont faibles et bien en deçà des seuils environnementaux.
- Les différents congénères de PCB sont quasiment tous quantifiés dans les huîtres des 4 stations. Toutes les concentrations quantifiables concernent les PCB indicateurs (153, 138, 180, 101, 118, 52 et 28) et sont bien inférieures aux seuils environnementaux.
- Les concentrations mesurées pour les nouveaux composés organiques (PCDD, PCDF, RFB, perfluorés) sont assez proche des LQ dans la majorité des cas.
- Les résultats mesurés en 2021 pour les HAP et les PCB restent dans la tendance des évolutions temporelles déjà observées. Les concentrations en TBT (utilisé

historiquement dans les peintures antisalissure des bateaux) et ses métabolites sont très hautes au Marin et à la Pointe Larose et représentent les 2^{ème} et 3^{ème} valeurs nationales les plus fortes pour le ROCCH en 2021. Les valeurs mesurées en baie du Fort-de-France dépassent également les seuils environnementaux. Le port de plaisance du Marin est la plus grande base nautique de la Caraïbe. La Marina du Marin a une capacité d'accueil de 830 postes à quai ainsi que de 100 bouées, à laquelle s'additionne les mouillages forain. La baie du Marin est aussi soumise à des rejets d'une STEP de 12 500 eqh dans une ravine, à sec hors des périodes pluvieuses.

- Les concentrations en chlordécone et en métabolites sont toujours très élevées en Baie de Fort de France particulièrement sur la station rivière Lézarde, dépassant la NQE de 3 µg/kg p.h., tandis que les concentrations aux deux stations du Marin et de la Pointe Larose sont très faibles, et assez faibles en Baie de Génipa.

Références

- Arnaud L., Senergues M., Devau N. (2013) - Étude détaillée du fond géochimique des eaux souterraines de Martinique. Rapport BRGM/RP-62886-FR
- 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.
- Amiard, J. C., Amiard-Triquet, C., Berthet, B., & Metayer, C. (1987). Comparative study of the patterns of bioaccumulation of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) trace metals in various estuarine and coastal organisms. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 106(1), 73-89.
- 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., Chiffoleau 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.
- Chiffoleau 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.
- Devault, D. A., Massat, F., Baylet, A., Dolique, F., & Lopez, P. J. (2022). Arsenic and chlordecone contamination and decontamination toxicokinetics in *Sargassum* sp. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(1), 6-16.)
- Grouhel A., Chiffoleau 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
- Lions J., Allier D., Pinson S., Vittecoq B. (2008) - Identification des zones à risque de fond géochimique élevé dans les cours d'eau et les eaux souterraines en Martinique. Rapport BRGM RP-56748-FR
- Ramdine, G., Fichet, D., Louis, M., & Lemoine, S. (2012). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediment and oysters (*Crassostrea rhizophorae*) from mangrove of Guadeloupe: levels, bioavailability, and effects. *Ecotoxicology and environmental safety*, 79, 80-89.

Rodrigues, L. J., Blemker, S. R., Frangos, S. C., De Jesus, B., Soler, I. R., Ríos, R. V., & Goldsmith, S. T. (2022). Bioaccumulation of trace metals in two oyster species from southwest Puerto Rico. *Marine Pollution Bulletin*, 178, 113581.

Saed, K., Ismail, A., Omar, H., & Kusnan, M. (2002). Accumulation of heavy metals (Zn, Cu, Pb, Cd) in flat-tree oysters *Isognomon alatus* exposed to pig farm effluent. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 82(1-2), 45-58.

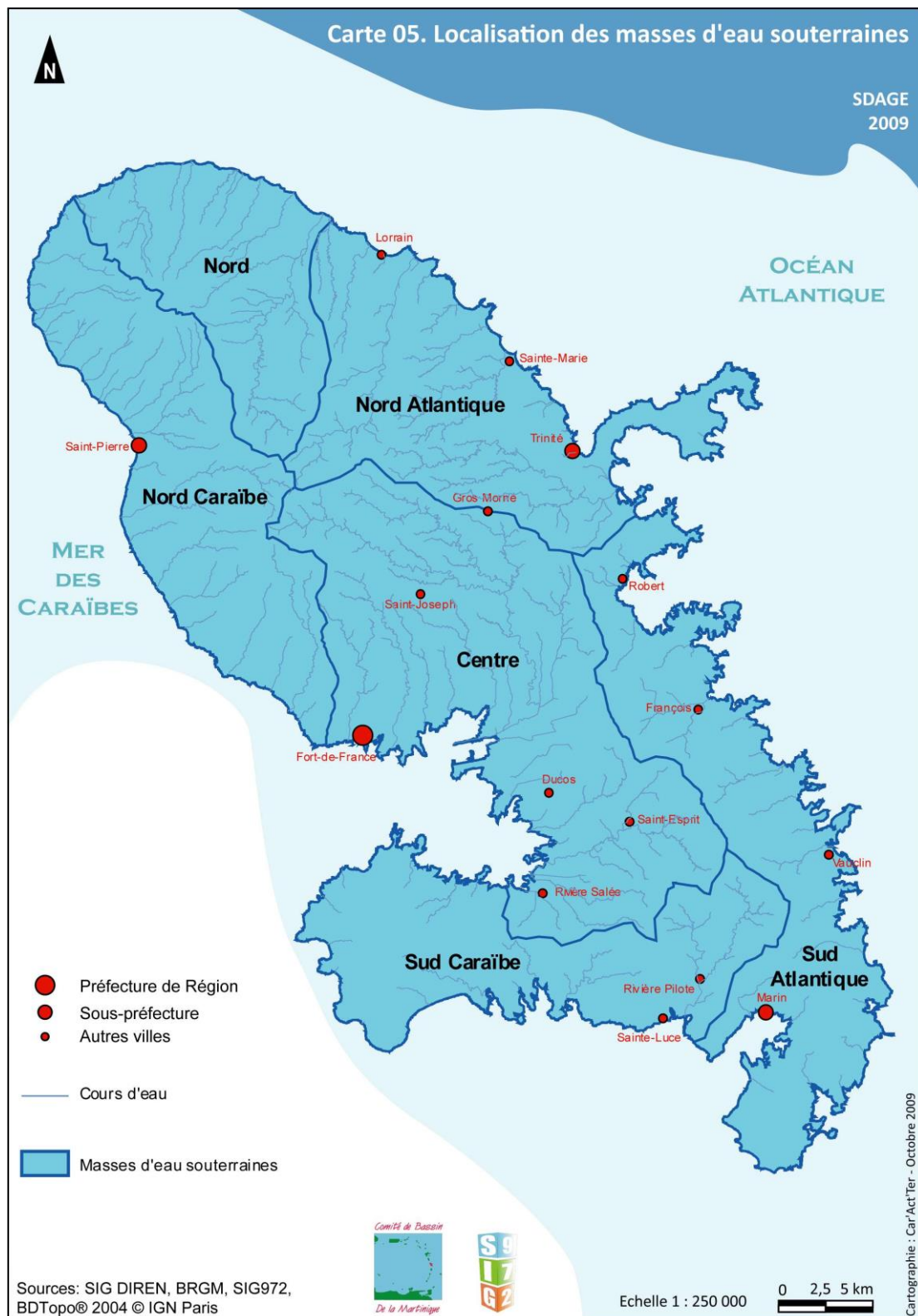
Saed, K., Ismail, A., Omar, H., & Kusnan, M. (2004). Heavy metal depuration in flat tree oysters *Isognomon alatus* under field and laboratory conditions. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 86(3), 171-179.

Strand, J., Jørgensen, A., & Tairova, Z. (2009). TBT pollution and effects in molluscs at US Virgin Islands, Caribbean Sea. *Environment International*, 35(4), 707-711

Taïlamé A.-L. et Lions J. (2017) – Étude du fond hydro-géochimique des cours d'eau de Martinique – Phase 2. Rapport final. BRGM/RP-65257-FR, 53 p., 23 ill., 12 ann.

Yap, C. K., Azmizan, A. R., & Hanif, M. S. (2011). Biomonitoring of trace metals (Fe, Cu, and Ni) in the mangrove area of Peninsular Malaysia using different soft tissues of flat tree oyster *Isognomon alatus*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 218, 19-36.

Annexe 1 : Localisation des masses d'eau souterraines de la Martinique (Observatoire de l'Eau Martinique)



Annexe 2 : Complexe de formation géologiques, réseau hydrologique et stations de suivi dans l'étude du fond hydro-géochimique des cours d'eau de la Martinique (BRGM, 2017)

Les stations de suivi ROCCH sont associées aux complexes hydro-géologiques suivants :

- Pointe Larose : Vauclin-Pitault
- Baie du Marin : complexe de base, Vauclin-Pitault, Miocène sud
- Baie de Génipa : Miocène sud, Vauclin-Pitault
- Rivière Lézarde : Morne Jacob, Vauclin-Pitault

