



RESEAU D'OBSERVATION DE LA CONTAMINATION CHIMIQUE (ROCCH)

SURVEILLANCE 2022 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 2022 dans le biote en Martinique	
Référence interne : RBE/BIODIENV/23-01	Date de publication : 2025/05/23 Version : 1.0.0
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	Référence de l'illustration de couverture Huîtres <i>Isognomon alatus</i> sur des racines de palétuvier. ©Nicolas Cimiterra Langue(s) : Français
Résumé/ Abstract : <p>Le suivi ROCCH a démarré en 2002 en Martinique et a connu une interruption de deux ans en 2007 et 2008. Depuis 2009 le suivi ROCCH en Martinique s'appuie sur deux échantillonnages par an, en février et en novembre et sur quatre stations. L'huître de palétuvier <i>Isognomon alatus</i> a été choisie comme espèce indicatrice pour le suivi sur le biote en Martinique.</p> <p>La liste des contaminants recherchés a évolué au fil des années, elle se compose de 21 composés métalliques et de 69 molécules organiques en 2022 issus de nombreuses familles (HAP, PCB, PCDD, PCDF, PBB, PBDE, organostannique, organochlorés, perfluorés...)</p> <p>Les résultats de 2022 semblent confirmer une décroissance de certains contaminants métalliques, mais montrent de fortes concentrations dans les huîtres en zinc, cuivre, aluminium, fer, et manganèse.</p> <p>Les concentrations des composés organiques sont globalement très faibles et souvent proche des LQ. Les concentrations en PCB sont souvent 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 de $3 \mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ p.h..</p>	
Mots-clés/ Key words : Contamination chimique – Martinique – ROCCH – HAP – PCB – Contaminants métalliques – Organochlorés - Chlordécone	
Comment citer ce document : Fatras L. (2024). RBE/BIODIENV/23-01. Réseau d'observation de la contamination chimique (ROCCH) - Surveillance 2022 dans le biote en Martinique, 34 p. Rapport ODE 972.	
Disponibilité des données de la recherche : SO	

Commanditaire du rapport : ODE Martinique

Nom / référence du contrat : Convention d'application n°7 de la convention cadre de partenariat 2019-2024 pour une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) pour la mise en œuvre en 2022 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
Lucas Fatras / lucas.fatras@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	En Martinique.....	10
2.3.2	En métropole	10
3.	Résultats 2021	11
3.1.	Paramètres généraux.....	11
3.2.	Résultats métaux.....	12
3.3.	Résultats des contaminants organiques	31
4.	Conclusions et recommandations	44
	Références	47

1. Préambule

Ce rapport présente les actions menées et les résultats acquis en 2022 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 2022 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 métropolitaine, 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 ont 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 car les taux de bioaccumulation sont propres à chaque espèce et les résultats entre espèces différentes sont difficilement comparables.

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

2.1. Points de prélèvement

Le suivi des contaminants dans le bivalve indicateur *Isognomon alatus* suit le protocole national (document de prescription RNO - version B du 5/12/2006; document interne). Il portait en 2021 sur 4 points échantillonnés chaque année, retenue en tenant compte des pressions identifiées sur l'environnement marin, et de la faisabilité du suivi (présence et accessibilité de la ressource). Depuis 2022 la station « Etang du Galion – Mangrove » est le 5^e point analysé dans le cadre de la surveillance chimique du ROCCH.

La période d'échantillonnage est calée sur les deux saisons principales aux Antilles : saison sèche de décembre à mai et saison humide de juin à novembre. Pour des raisons d'organisation (analyses conjointes avec celles de la métropole), la période de prélèvement a été restreinte chaque saison à un mois, avec une tolérance d'une semaine avant et après pour tenir compte d'aléas météorologiques: février et novembre. Depuis 2022, un seul prélèvement est réalisé par an, en novembre.

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



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

Au cours de l'année 2020, une forte mortalité des huîtres avait eu lieu sur la station du Marin, laissant que peu d'individus supérieurs à 6 cm 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 avait 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 trouvait à 600 m de la zone originelle et présentait des grappes d'individus âgés ainsi que de nombreuses recrues. Ce prélèvement s'est effectué sur le même point en 2022 pour le site du Marin, le stock d'huîtres ne s'étant pas reconstitué sur le point de prélèvement initial.

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

Code SANDRE	Mnemo Quadrige	Libellé	Longitude WGS84	Latitude WGS84
49130102		Rivière Lézarde	-61.02095145	14.60080776
49130103		Baie de Génipa	-60.99345140	14.55047592
49131104		Le Marin - Pointe Marin	-60.87387441	14.44854068
60012859		Pointe Larose - Baie de Saintpéé	-60.894642	14.660156
60013995		Etang du Galion - Mangrove	-60.936257	14.716076

2.2. Contaminants recherchés

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

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

Contaminants métalliques (21)	Molécules historiques : Argent (Ag), arsenic (As), cadmium (Cd), chrome total (Cr), cobalt (Co), cuivre (Cu), mercure (Hg), nickel (Ni), plomb (Pb), vanadium (V), zinc (Zn) Nouvelles molécules : aluminium (Al), antimoine (Sb), molybdène (Mo), manganèse (Mn), thallium (Tl), uranium (U), étain (Sn), fer (Fe), lithium (Li), baryum (Ba)
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (16 HAP)	Acénaphtène, acénaphtylène, 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	pp' DDT, pp' DDD, pp' DDE, op' DDT lindane (γ -HCH), α -HCH, β -HCH, δ -HCH, 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 (phthalates), PFOA dont PFOS

Pour l'ensemble du ROCCH, les analyses des tissus de mollusques sont réalisées sous la responsabilité de l'Ifremer. Les échantillons du mois de novembre de l'année n sont analysés en même temps que les échantillons de février de l'année n+1 pour coller au calendrier de métropole. L'Ifremer reçoit donc les résultats d'une même année en deux parties. Les dosages des contaminants métalliques sont faits au Laboratoire de Biogéochimie des Contaminants Métalliques (LBCM) de l'Ifremer à Nantes. Ils sont mesurés dans les tissus broyés et lyophilisés, par ICP-MS après minéralisation totale dans un mélange HCl + HNO₃. En 2020, le laboratoire Ifremer LBCM a changé d'équipement analytique et rend désormais des résultats pour un plus grand nombre de contaminants métalliques dont l'argent, l'arsenic, 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. Les HAP et pesticides organochlorés sont toujours mesurés par chromatographie gaz – spectrométrie de masse en tandem mais les PCB sont maintenant mesurés par chromatographie gaz – spectrométrie de masse haute résolution. Les pesticides organochlorés suivants (pp' DDT, pp' DDD, pp' DDE, op' DDT, lindane (γ -HCH), α -HCH, β -HCH, δ -HCH) sont sous-traités au Laboratoire de l'Environnement et de l'Alimentation de la Vendée. Tous les résultats sont archivés dans la base de données Quadrige² de l'Ifremer et accessibles sur simple demande.

2.3. Déroulement des opérations

2.3.1 En Martinique

La campagne de prélèvements étant désormais annuelle, celle-ci s'est déroulée du 9 au 17 novembre 2022. Les prélèvements, le décoquillage et la préparation des échantillons ont été réalisés par le bureau d'études "Impact-Mer" en application du cahier des charges élaboré par l'Ifremer. La station Ifremer du Robert a mis à sa disposition du matériel et un local pour les travaux de paillasse. Le flaconnage traité nécessaire ainsi que les étiquettes (champs pré-identifiés) a été fourni par Ifremer Nantes avant chaque campagne d'échantillonnage.

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

En 2022 le calendrier des prélèvements est fourni en tableau 3.

Tableau 3 : Bilan des prélèvements de mollusques en Martinique pour le ROCCH en 2022.

Points de prélèvement	Dates de prélèvement
Baie de Génipa	15/11/2022
Rivière Lézarde	16/11/2022
Le Marin - Pointe Marin	14/11/2022
Pointe Larose - Baie de Saintpée	17/11/2022
Etang du Galion - Mangrove	09/11/2022

2.3.2 En métropole

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.

Les résultats ont été saisis et validés dans la base de données Quadrige² 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 2022

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 2022 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 2022 sur les 5 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 la rivière Lézarde et Pointe Larose en 2022. Les pourcentages en matière sèche qui caractérisent l'état physiologique des huîtres sont autour de 20% à ces deux périodes de l'année (figure 3).

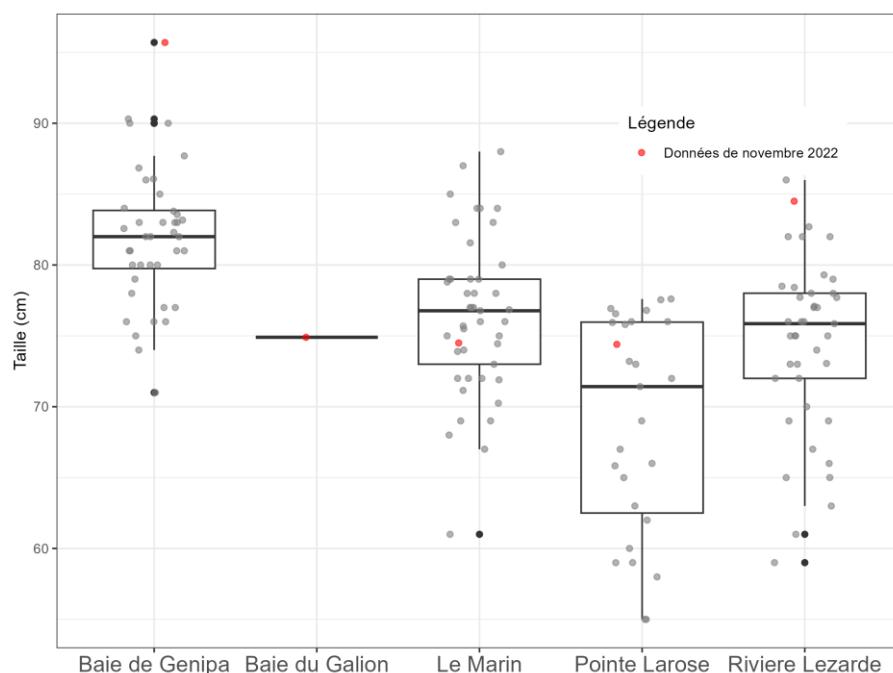


Figure 2: Tailles moyennes des individus prélevés en 2022 sur les 5 stations.

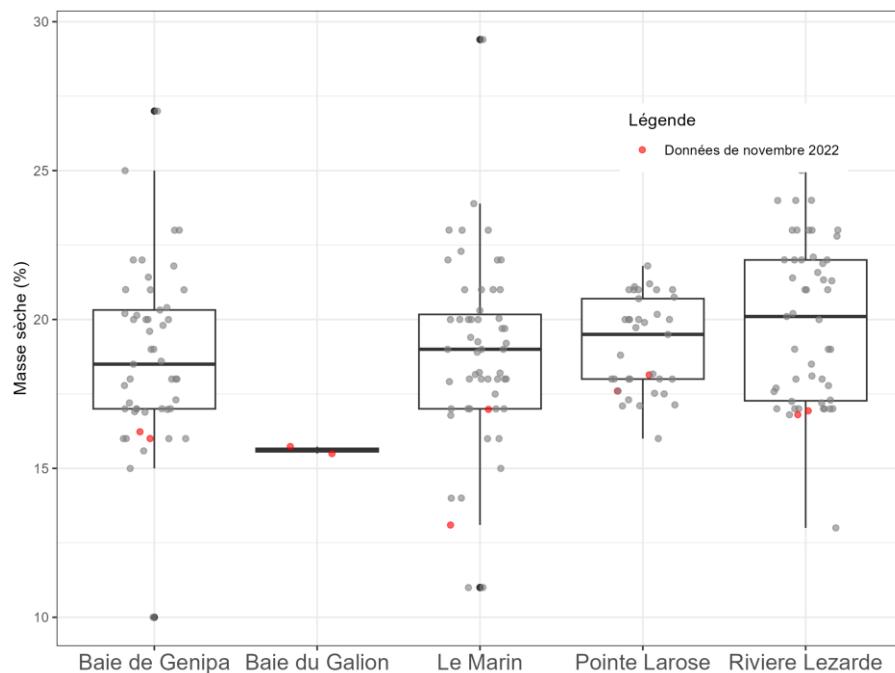


Figure 3: Répartition des pourcentages en matières sèches sur les 5 stations.

3.2. Résultats métaux

Les résultats 2022 sont présentés sur des graphiques « boîte à moustache » qui permettent de les situer par rapport à la dispersion des valeurs sur la période 2002-2022.

Les concentrations sont toutes exprimées en mg.kg⁻¹ de poids sec.

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 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.

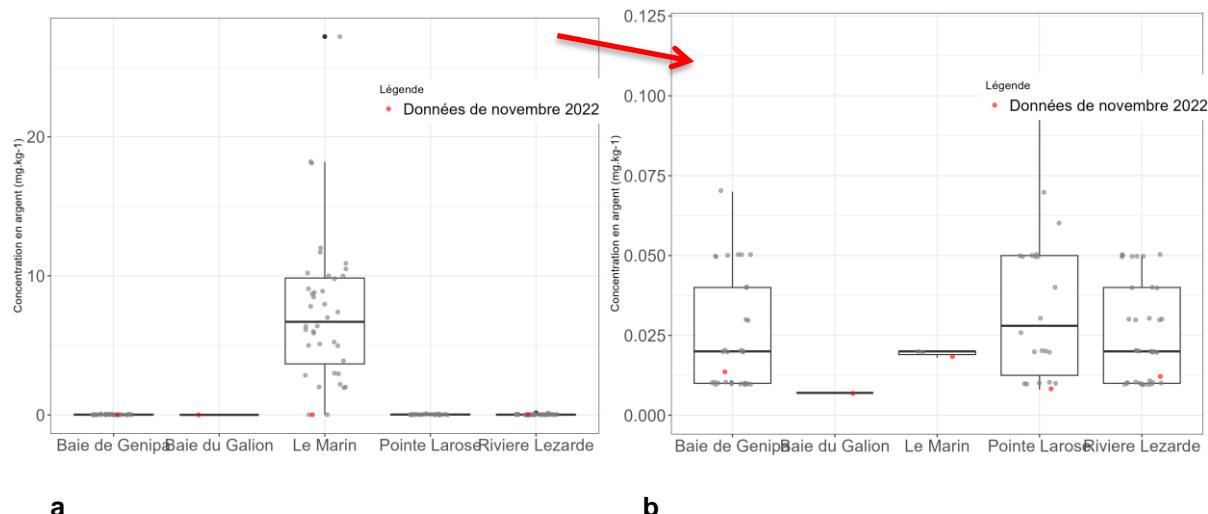


Figure 4 (a) et (b) : Teneurs en argent (en $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ poids sec) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 5 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2022).
4(a) échelle 0 à $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ – 4(b) échelle 0 à $0.125 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

En 2022, les teneurs en argent dans les tissus d'*Isognomon alatus* sont basses dans toutes les stations ($<0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps) et sont comprises entre 0.01 et $0.03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps (figure 4b).

Les années précédant 2021, les concentrations en argent dans la baie du Marin sont toujours largement supérieures (autour de $5\text{-}10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps) aux teneurs enregistrées dans les autres secteurs de Martinique (Figure 4a). 2022 marque la seconde année consécutive où l'on retrouve des concentrations en argent dans la baie du Marin aux mêmes niveaux que les autres stations.

Cette diminution de concentration dans les tissus des huîtres peut s'expliquer par 2 théories : (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 accumulé depuis plusieurs années dans leurs tissus, auquel cas il faudra surveiller cette tendance dans les prochaines années, (2) soit le changement de point de prélèvement des huîtres (à 600 m du point initial en 2021) est exempt de cette pollution.

Arsenic

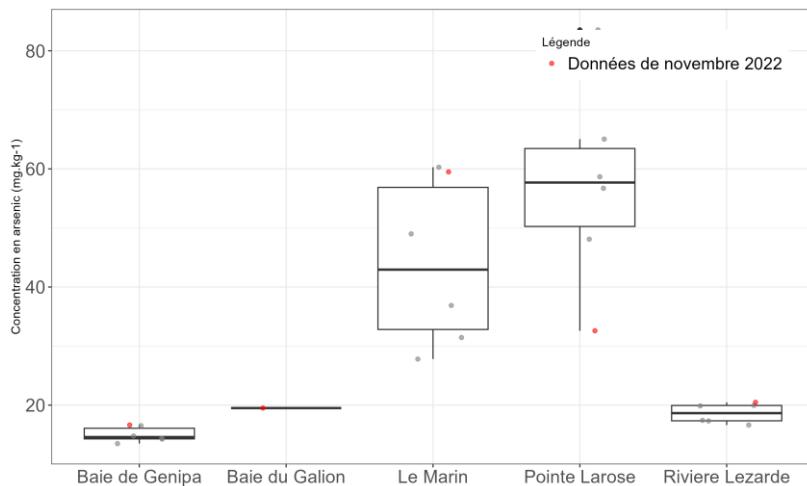


Figure 5: Teneurs en arsenic (en $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 5 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (nov. 2019 - 2022).

L'arsenic a été mesuré pour la première fois en novembre 2019. Les concentrations dans les tissus d'*Isognomon alatus* varient entre $13.48 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps en baie de Génipa et $83.53 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps à Pointe Larose (figure 5).

Ces résultats préliminaires sur les concentrations en arsenic sont très intéressants dans le contexte des échouements de sargasses. En effet, les sargasses sont connues pour se charger en arsenic au large avec potentiellement du relargage au moment de la décomposition après échouages (Devault et al., 2022). Grace 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 plutôt bien protégé des arrivages de sargasses. La station du Galion n'étant suivie que depuis cette année dans le cadre du réseau ROCCH, il n'est encore pas possible d'établir une tendance concernant les données de cette dernière. Il s'agit cependant d'une station située en baie sur la côte Atlantique et donc sujette aux échouages de *Sargassum muticum*. Il sera donc intéressant d'évaluer la tendance prise par les concentrations d'arsenic.

Cadmium

Le cadmium est un élément relativement rare qui n'existe pas naturellement à l'état natif. Il 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.

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 notamment polluantes se sont traduits par une baisse générale des niveaux de présence observés dans l'environnement.

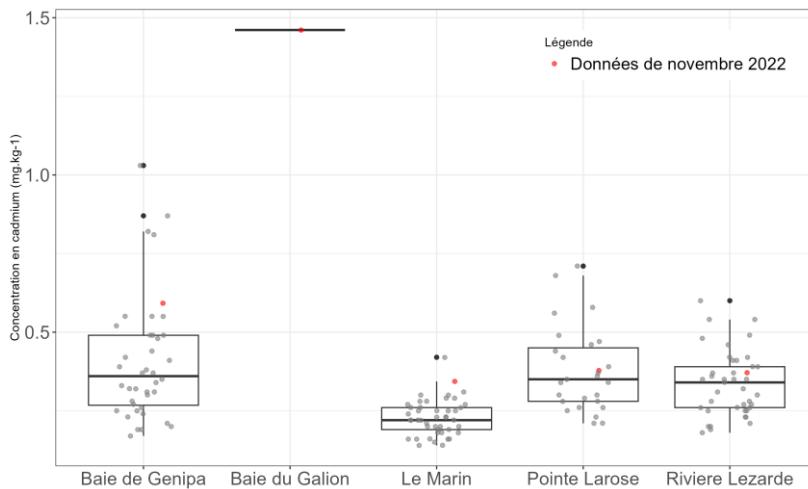


Figure 6: Teneurs en cadmium (en $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 5 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2022).

En 2022, les concentrations en cadmium dans les huîtres sont assez faibles (figure 6). Elles sont inférieures aux seuils de référence internationaux de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (cadmium $1.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ p.h.). Le facteur de bioaccumulation du cadmium est de 21 d'après Rodrigues et. al. (2022), soit le troisième métal le plus bioaccumulable après l'argent et le zinc.

Chrome total

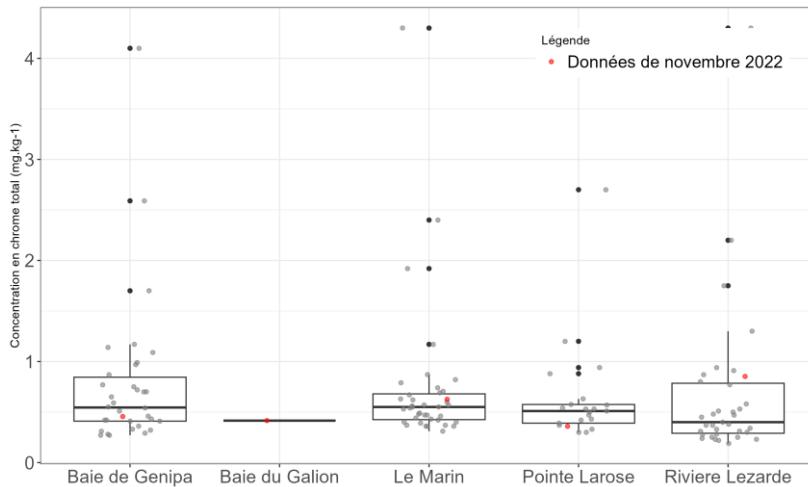


Figure 7: Teneurs en chrome total (en $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 5 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2022).

Les concentrations en chrome mesurées dans les huîtres en 2022 sont faibles et restent dans la tendance des années précédentes (comprises entre 0.25 et $0.70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps) pour quatre des cinq stations étudiées. La concentration mesurée à Pointe Larose est plus élevée qu'à l'accoutumée en 2022 ($0.853 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps) et devra être surveillée les prochaines années.

Cobalt

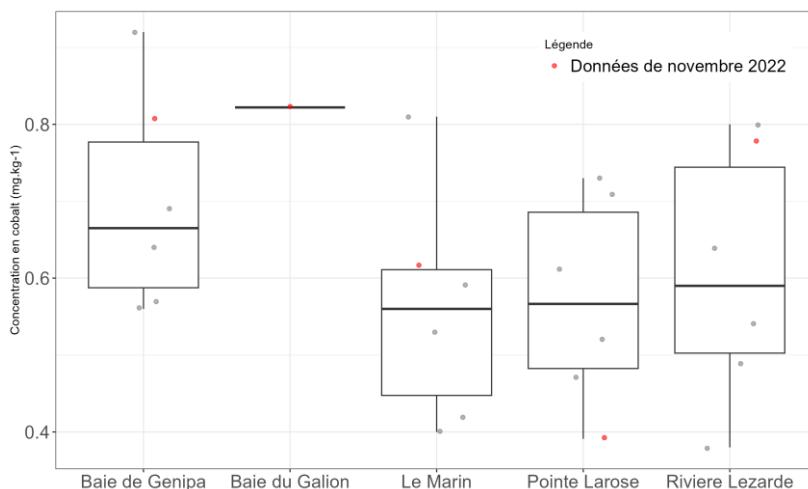


Figure 8: Teneurs en cobalt (en $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 5 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (nov. 2019 - 2022).

Tout comme l'arsenic, le cobalt a été mesuré pour la première fois en 2019. L'ensemble des concentrations reste assez faible sur toutes les stations, en dessous d' $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps (figure 8). Pour sa première année de surveillance, le Galion affiche la concentration en cobalt la plus élevée de toutes les stations ($0.822 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps).

Cuivre

Le cuivre existe à l'état natif. Il se rencontre surtout sous forme de sulfures. 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 la fabrication de fertilisants (phosphate).

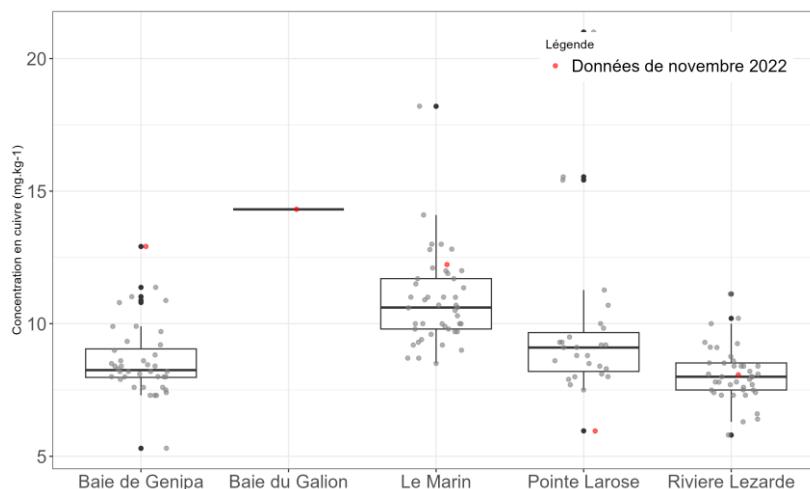


Figure 9: Teneurs en cuivre (en $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 5 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2022).

La concentration en cuivre mesurée dans les huîtres de la rivière Lézarde est de $8.069 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps (figure 9). La concentration mesurée à Pointe Larose est particulièrement faible en 2022 ($5.958 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps). Les concentrations mesurées dans les huîtres de la baie de Génipa et de la baie du Marin sont particulièrement plus fortes, avec une valeur de 12.912 et $12.228 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps respectivement. Cependant la concentration en cuivre la plus élevée en 2022 est celle des huîtres de la baie du Galion pour sa première année d'étude ($14.313 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps). Il faudra surveiller l'évolution des concentrations les années suivantes.

Mercure

Le mercure élémentaire est un métal liquide à température ambiante. La principale source dans l'environnement provient du dégazage de l'écorce terrestre. 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.

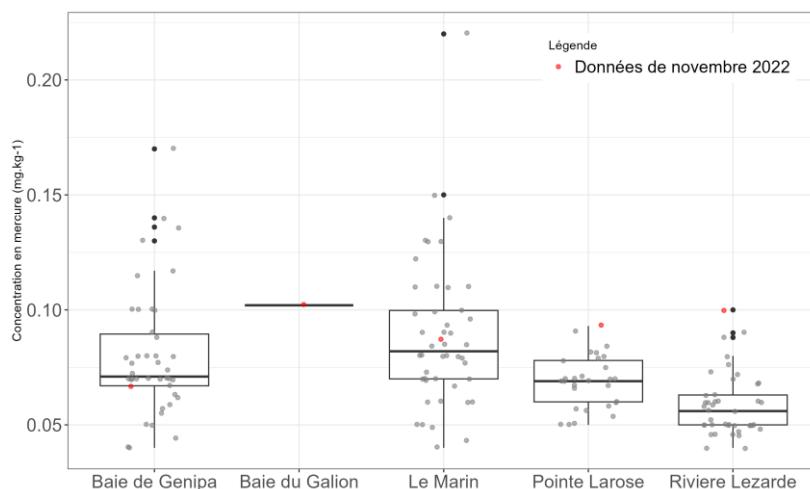


Figure 10: Teneurs en mercure (en $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 5 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2022).

En 2022 seule la baie de Génipa affiche une concentration en mercure comparable aux années précédentes ($0.067 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps). Depuis 2019, les concentrations semblaient être à la baisse (1^{er} quartile des données) par rapport aux valeurs suivies plus anciennement, et inférieures à $0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps. L'année 2022 marque donc une rupture dans cette tendance car les concentrations de mercure mesurées dans les huîtres sont supérieures à la moyenne pour la station du Marin ($0.087 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps), et au troisième quartile pour la Pointe Larose et la rivière Lézarde (0.093 et $0.100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps respectivement).

Pour sa première année de surveillance la station de la baie du Galion affiche la concentration en mercure la plus élevée ($0.102 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps). Les valeurs médianes pour le mercure en Martinique sont inférieures aux seuils de référence internationaux de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (mercure 0.5 mg/kg p.h.).

Nickel

Le nickel est issu de minéraux de nickel sulfurés dans lesquels sont également présents le fer et le cuivre. La présence de nickel dans l'environnement est naturelle (croûte terrestre) et anthropique.

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.

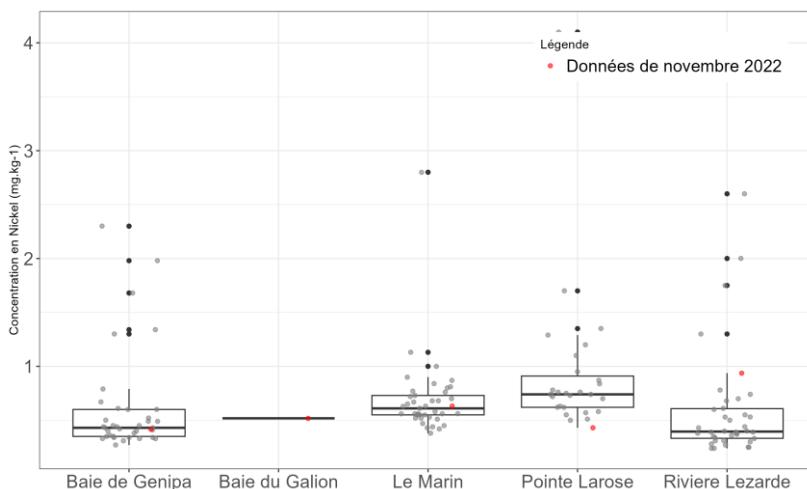


Figure 11: Teneurs en nickel (en $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 5 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2022).

Les concentrations en nickel dans les huîtres sont assez faibles et comprises entre 0.417 et $0.937 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps (figure 11). Les concentrations restent dans le même ordre de grandeur que les valeurs du jeu de données passé.

Plomb

Le plomb est un élément naturel, présent dans la croûte terrestre et dans tous les compartiments de la biosphère, rarement sous forme libre. Il existe majoritairement sous forme inorganique. 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).

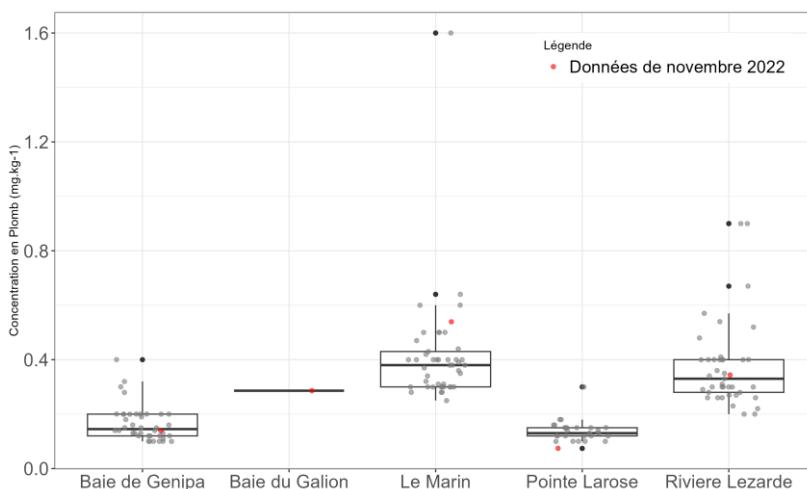


Figure 12: Teneurs en plomb (en $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 5 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2022).

Les concentrations en plomb sont faibles à toutes les stations (figure 12). On observe les concentrations les plus basses chez les huîtres en baie de Genipa et à la Pointe Larose ($<0.15 \text{ mg.kg}^{-1}$ ps), tandis qu'elles sont plus élevées à la rivière Lézarde (0.344 mg.kg^{-1} ps) et en baie du Marin (0.539 mg.kg^{-1} ps). La baie du Galion présente une concentration de 0.286 mg.kg^{-1} ps pour sa première année de surveillance. Les valeurs médianes concernant le plomb en Martinique sont également largement inférieures aux seuils de référence internationaux de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.5 mg.kg^{-1} p.h.).

Vanadium

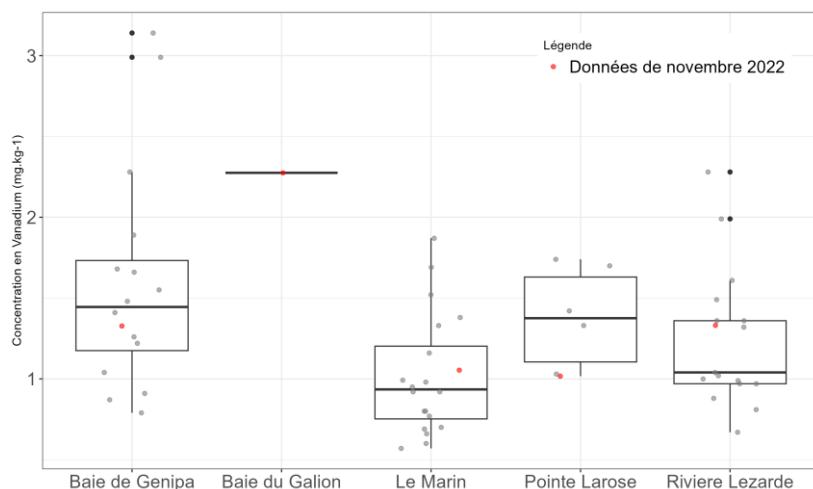


Figure 13: Teneurs en vanadium (en mg.kg^{-1} ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 5 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2022).

Le vanadium a été mesuré sporadiquement sur la période d'étude avec 4-5 prélèvements répartis tout au long de l'année de 2003 à 2005, puis 2 prélèvements à différentes périodes en 2006 et 2007 avant d'être de nouveau analysé en novembre 2019. Depuis 2019, les concentrations mesurées en vanadium dans les huîtres sont faibles ($<2 \text{ mg.kg}^{-1}$ ps, figure 13) pour les quatre stations d'origine du ROCCH. Cependant la baie du Galion affiche une concentration de vanadium de 2.275 mg.kg^{-1} ps pour sa première année de surveillance, et sera à surveiller les prochaines années de l'étude.

Zinc

Le zinc est présent dans l'écorce terrestre principalement sous forme de sulfure (blende). Le zinc provient également des minéraux 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毒ique 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 certains engrains phosphatés.

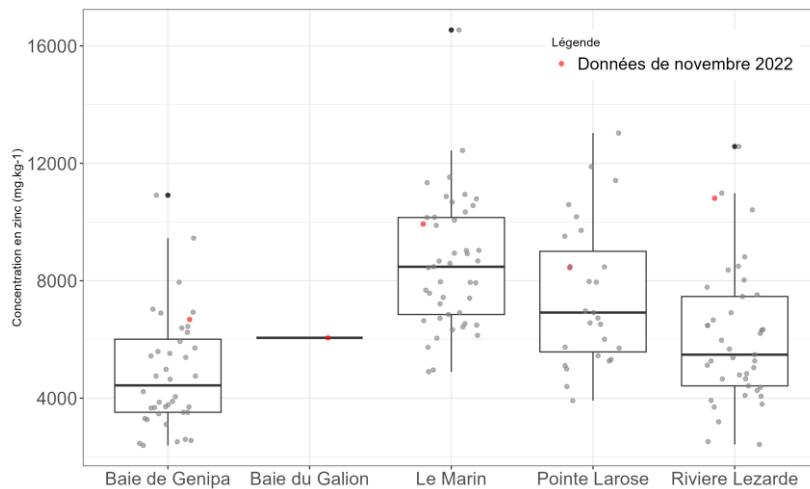


Figure 14: Teneurs en zinc (en $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps) dans les tissus d'*Isognomon alatus* mesurées sur les 5 points ROCCH de Martinique au cours de la période de suivi (2002 - 2022).

Les concentrations en zinc dans les tissus des huîtres sont fortes en 2022, comprises entre 6057.577 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps pour la baie du Galion à 10810.087 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps à la rivière Lézarde. Ces concentrations sont plus élevées que l'année passée et démontrent une tendance à l'augmentation générale des concentrations. 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 $\mu\text{g/L}$) et une valeur maximal retrouvée au Marin avec 59.3 $\mu\text{g.L}^{-1}$ ps.

Contaminants métalliques suivis en 2022

En 2021, 10 composés métalliques avaient été analysés en plus par rapport aux années précédentes. Ceux-ci sont analysés à nouveau en 2022 et les résultats des concentrations 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 2022 (en $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps), NC : non conforme ; LQ : limite de quantification.

	Baie de Génipa	Le Marin	Pointe Larose	Rivière Lézarde	Le Galion
Aluminium (Al)	494.394	153.196	53.742	436.805	923.467
Antimoine (Sb)	0.012	0.013	0.009	0.016	0.017
Baryum (Ba)	0.323	0.632	5.837	0.412	0.983
Etain (Sn)	NC	NC	NC	NC	NC
Fer (Fe)	655.828	392.954	242.592	667.266	749.625
Lithium (Li)	NC	NC	NC	NC	NC
Manganèse (Mn)	61.691	22.642	6.218	30.914	31.983
Molybdène (Mo)	1.640	1.179	2.999	1.058	0.919
Thallium (Tl)	0.002	0.002	0.001	0.002	0.003
Uranium (U)	0.813	0.873	0.687	0.797	0.628

Aluminium

La mesure des concentrations en aluminium dans les tissus d'huîtres de palétuvier a débuté en novembre 2020. Les concentrations en 2022 sont comprises entre 53.742 et 923.467 mg.kg⁻¹ ps. Il y a une différence de proportion entre les stations en baie du Fort-de-France (autour de 400-500 mg.kg⁻¹ ps) et celles de la Pointe Larose et du Marin (autour de 50-150 mg.kg⁻¹ ps). Le Galion a la concentration en aluminium la plus élevée approchant les 1000 mg.kg⁻¹ ps.

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 4 périodes d'échantillonnages sont à 0.01 ou 0.02 mg.kg⁻¹ 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 0.323 et 0.983 mg.kg⁻¹ ps sur quatre stations, cependant que la pointe Larose affiche une concentration de 5.837 mg.kg⁻¹ ps.

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 assez faibles car pour la majorité des prélèvements, les concentrations sont inférieures à la LD ou la LQ. En baie du Marin, les concentrations mesurées sont d'environ 0.5 mg.kg⁻¹ ps en 2021. En novembre 2021, l'étain est mesuré aussi à la Pointe Larose à 0.33 mg.kg⁻¹ ps. Ces résultats laissent présager qu'il y a eu un usage de peinture antalisser à base de TBT dans les années passées et que cette contamination est encore mesurable aujourd'hui dans les huîtres de palétuvier de la baie du Marin. Il n'y a pas eu de mesure d'étain en 2022.

Fer

La mesure des concentrations en fer dans les tissus d'huîtres de palétuvier a débuté en novembre 2020. En 2022, les concentrations sont comprises entre 242.592 et 749.625 mg.kg⁻¹ ps sur toutes les stations. On peut noter une augmentation générale des concentrations par rapport à 2021.

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 étaient autour d'1 mg.kg⁻¹ ps à toutes les stations en 2021. Aucune mesure de lithium n'a été effectuée en 2022.

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 les plus faibles à la Pointe Larose (6.218 mg.kg⁻¹ ps).

$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps), suivi par les stations de la baie du Marin (22.642 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps), de la rivière Lézarde (30.914 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps), et de la baie du Galion (31.983 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps). Enfin, la baie du Génipa affiche largement la concentration de manganèse la plus importante (61.691 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 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 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps pour toutes les stations, sauf à pointe Larose où la concentration atteint 2.999 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 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 comprises entre 0.001 et 0.003 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 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 sont comprises entre 0.5 et 1 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ps.

Niveau global de la contamination métallique en Martinique

Les résultats de 2022 montrent une homogénéité entre les stations pour la majorité des métaux analysés.

Il s'agit de la seconde année consécutive pour laquelle la concentration en argent dans la baie du Marin est aux mêmes ordres de grandeurs que celles des autres stations. Il faut donc envisager l'hypothèse selon laquelle ce changement est principalement dû au changement de localisation de la station (pointe Marin est).

Cette année encore, les concentrations mesurées en arsenic semblent être liés aux arrivages des sargasses dans la baie du Marin et à la pointe Larose. Des échantillons de sargasses vont être envoyés à Nantes pour doser l'arsenic. Les années suivantes permettront d'évaluer les liens entre l'arsenic et les échouages de sargasses dans la baie du Galion.

La concentration en cuivre est particulièrement élevée dans la baie du Galion, tout comme le mercure et le vanadium. Pour sa première année de surveillance, cette station affiche plusieurs composés en concentrations importantes, ce qui justifie son inscription au programme ROCCH et demande une étude sur la durée.

Cette année encore, les concentrations en zinc sont toujours aussi fortes pour les 5 stations de suivi ROCCH en Martinique.

Enfin, parmi contaminants chimiques suivis depuis 2021, on note que l'aluminium et le fer sont présents en de fortes concentrations, et particulièrement en baie de Fort-de-France pour l'aluminium. Enfin, le baryum affiche une concentration très importante à pointe Larose, ce qui demandera une surveillance accrue pour les prochaines années.

En métropole, les niveaux de contamination sont comparés aux valeurs médianes obtenues avec l'huître creuse, sur une même période (2019-2022). Mais les espèces présentent 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.

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, 16 pour Baie de Génipa, 17 pour le Marin et 18 pour pointe Larose). Ces graphiques n'ont pas été appliqués à la baie du Galion en raison du trop faible nombre de données, la station étant surveillée dans le cadre du ROCCH pour la première fois en 2022. Une régression locale pondérée (lowess) ajustée, permettant de résumer l'information contenue dans la série par une tendance est effectuée sur chaque jeu de données. 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⁻¹ p.h. afin de comparer aux normes environnementales.

Résultats ROCCH
12-P-001 Martinique / Rivière Lézarde
Isognomon alatus

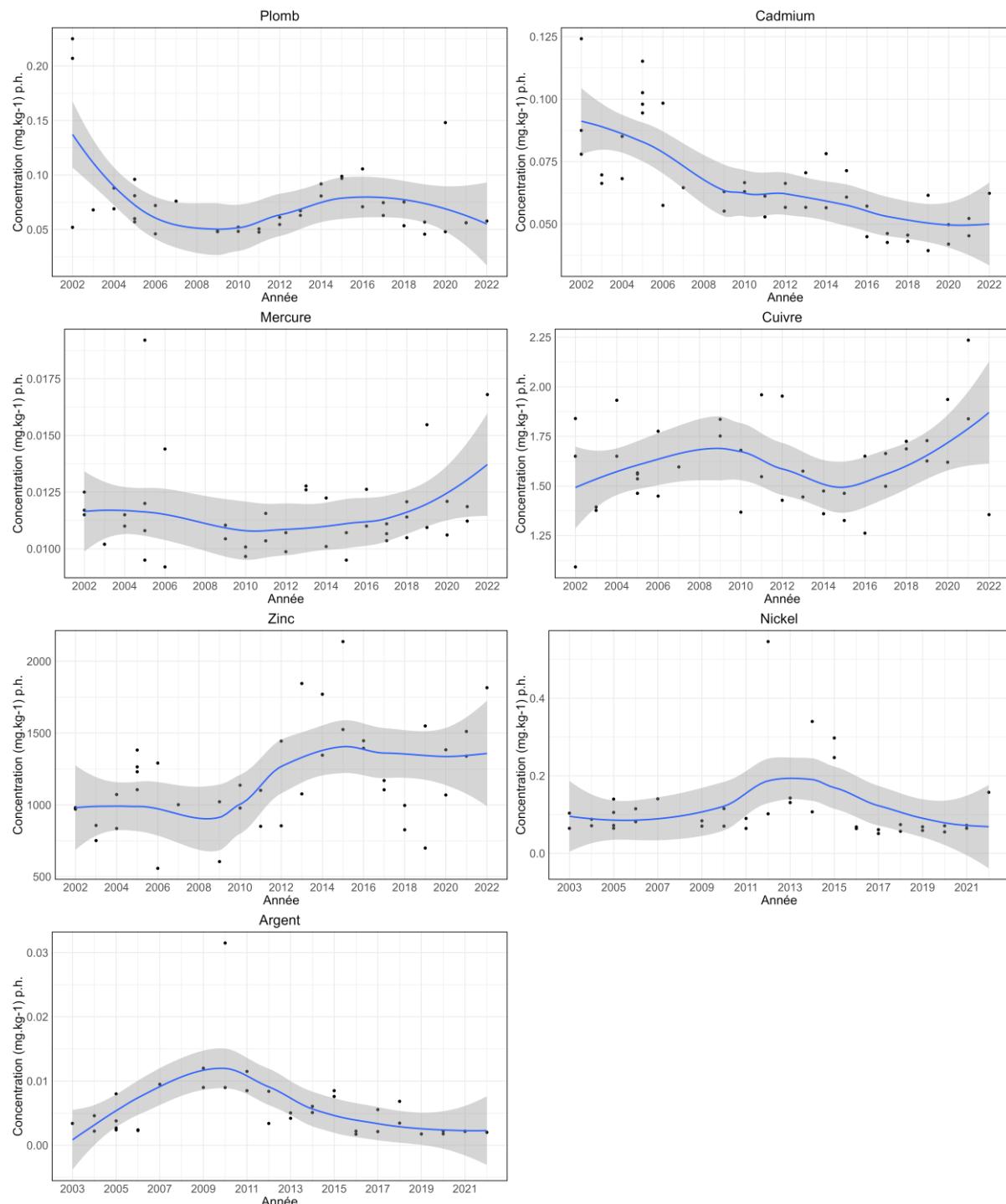


Figure 15 : Evolution temporelle des contaminants métalliques dans les huîtres (mg.kg⁻¹ p.h.) à la Rivière Lézarde en jusqu'à 2022.

Résultats ROCCH
12-P-002 Martinique / Baie de Génipa
Isognomon alatus

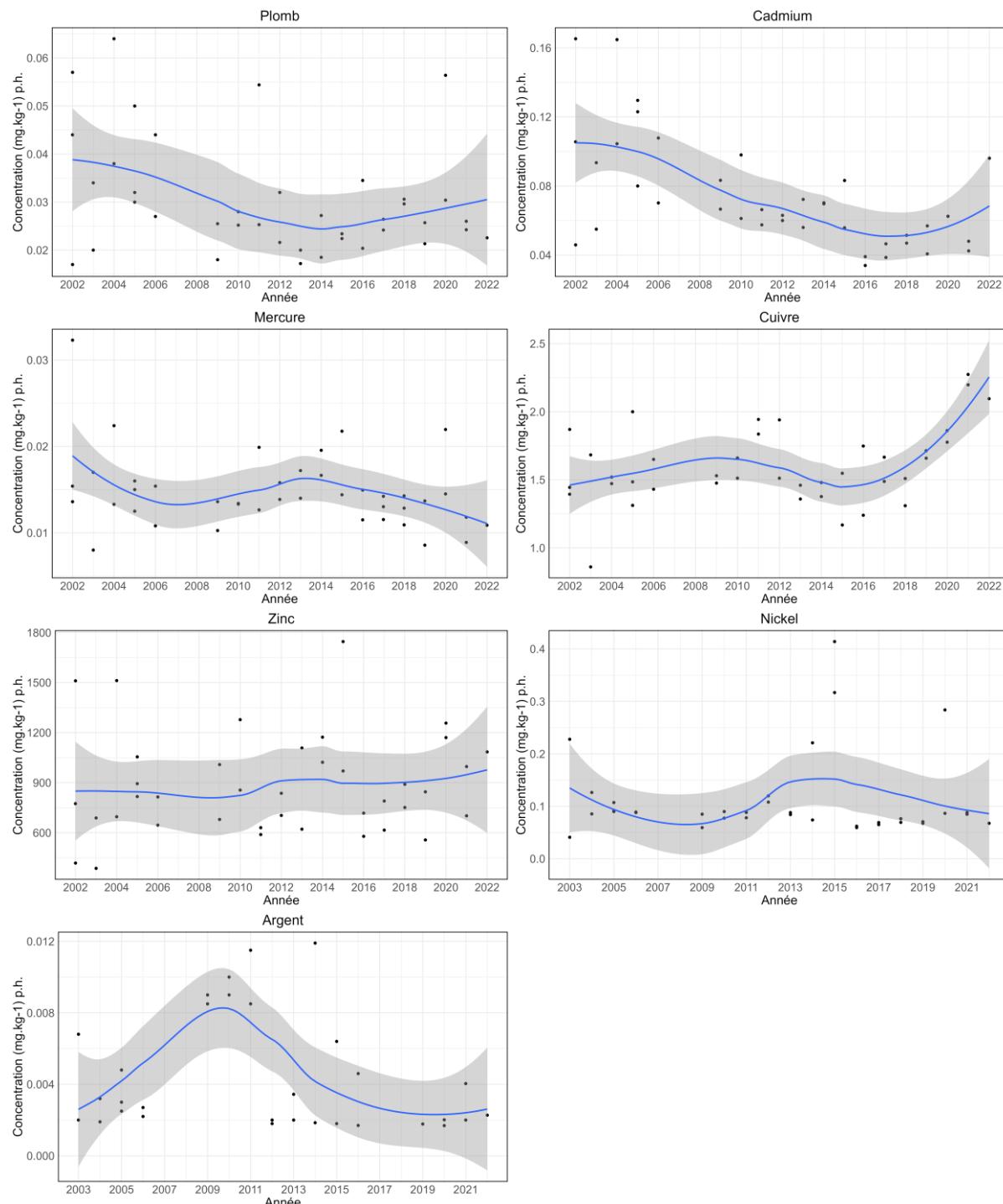


Figure 16 : Evolution temporelle des contaminants métalliques mesurés dans les huîtres (mg.kg⁻¹ p.h.) en baie de Génipa jusqu'à 2022.

Résultats ROCCH
12-P-031 Martinique / Le Marin – Pointe Marin
Isognomon alatus

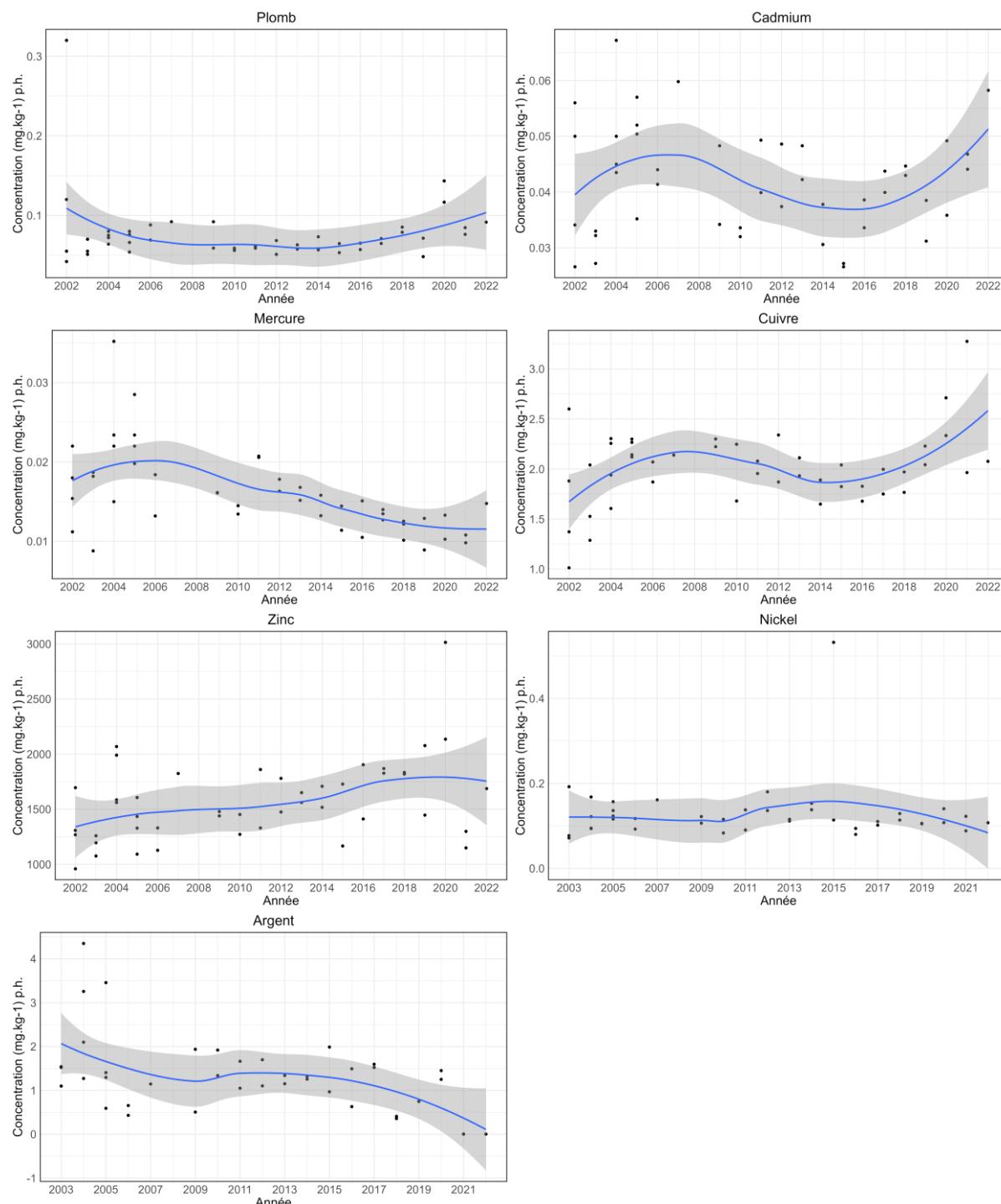


Figure 17 : Evolution temporelle des contaminants métalliques (mg.kg⁻¹ p.h.) mesurés au Marin jusqu'à 2022.

Résultats ROCCH
12-P-109 Martinique / Pointe Larose – Baie de Saintpée
Isognomon alatus

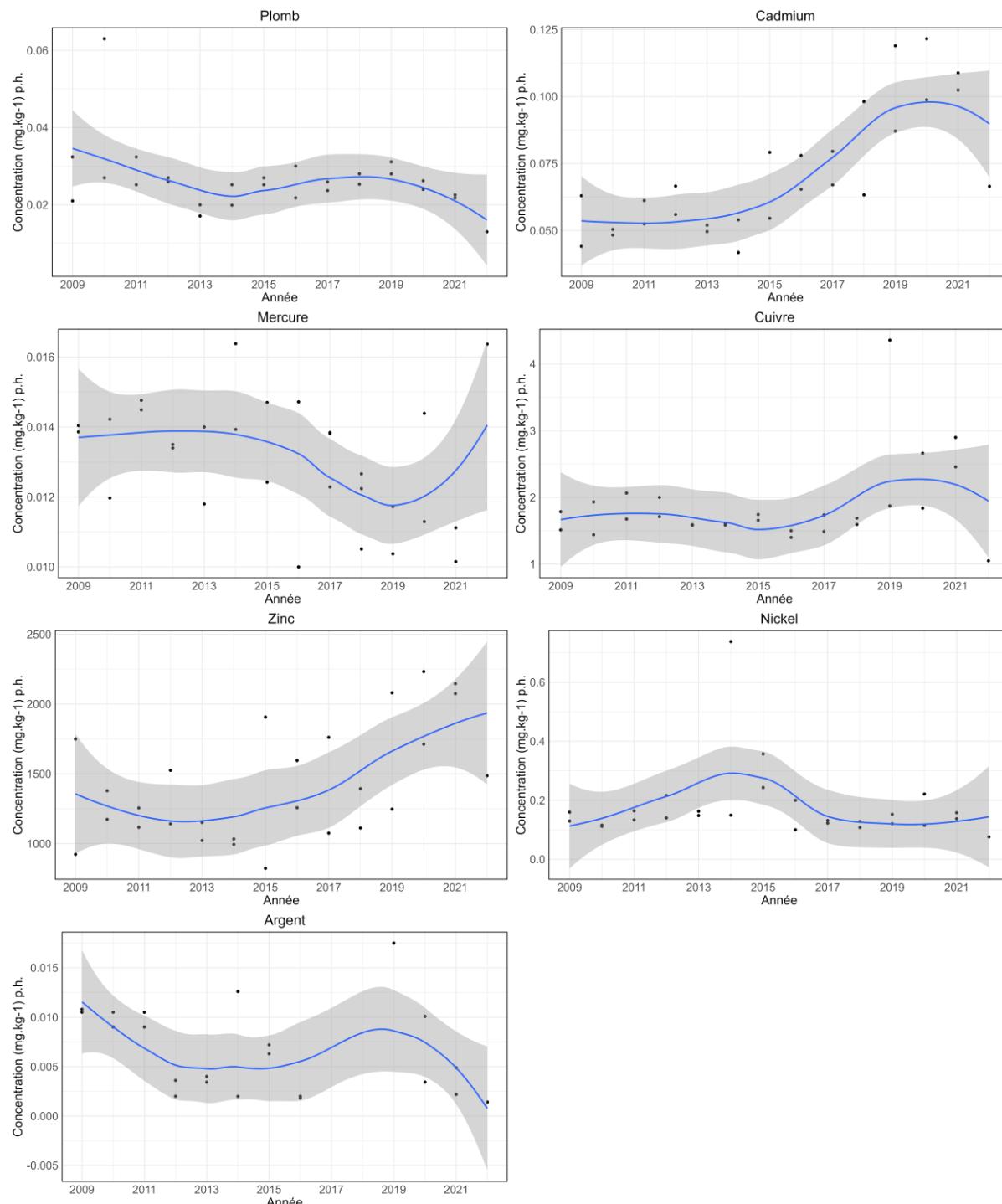


Figure 18 : Evolution temporelle des contaminants métalliques ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ p.h.) mesurés à Pointe Larose jusqu'à 2022.

Rivière Lézarde

Les concentrations en plomb dans les huîtres en 2022 sont dans la partie haute de la régression, avec des valeurs majoritairement inférieures à 1 mg.kg^{-1} p.h.. Ces valeurs sont inférieures au seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.5 mg.kg^{-1} p.h.).

La concentration en cadmium est de $0.062328 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h. en 2022, dans la partie haute de la régression effectuée sur les données mesurées depuis le début du suivi, mais inférieure au seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.0 mg.kg^{-1} p.h.).

La concentration en mercure est de $0.0168 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h. en 2022. Cela est en dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (mercure 0.5 mg.kg^{-1} p.h.).

Les concentrations en cuivre sont en augmentation depuis 2016. En 2022, la concentration en cuivre s'élève à $1.355592 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h. et continue de s'approcher des 2 mg.kg^{-1} p.h..

La concentration en zinc est en augmentation en 2022 avec une valeur de $1816.094616 \text{ mg.kg}^{-1}$ MS.

La concentration en nickel est anormale et nettement supérieure aux années précédentes ($0.157416 \text{ mg.kg}^{-1}$ MS).

Enfin, pour l'argent, la diminution des concentrations observée depuis 2015 se poursuit (concentration de $0.002016 \text{ mg.kg}^{-1}$ MS en 2022).

Baie de Génipa

La concentration en plomb en 2022 reste dans la tendance calculée inférieure à 0.5 mg.kg^{-1} p.h. ($0.0225597 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h. en 2022). 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^{-1} p.h.).

La concentration en cadmium augmente considérablement en 2022 ($0.0960816 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h.), mais reste sous le seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.0 mg.kg^{-1} p.h.).

La concentration en mercure reste très faible et inférieure à 0.02 mg.kg^{-1} p.h. ($0.0108741 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h.) et bien en dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (mercure 0.5 mg.kg^{-1} p.h.).

La concentration en cuivre est en augmentation depuis 2016 ($2.0956176 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h. en 2022).

La concentration en zinc augmente depuis 2020 avec une valeur de $1084.4874639 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h. en 2022).

La concentration en nickel reste faible ($0.0676791 \text{ mg.kg}^{-1}$ MS) et stable depuis 2016.

Enfin, pour l'argent, la faible concentration observée depuis 2015 se poursuit ($0.0022722 \text{ mg.kg}^{-1}$ MS en 2022).

Baie du Marin – pointe Marin

La concentration en plomb en 2022 est de $0.0915222 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h., sous le seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.5 mg.kg^{-1} p.h.).

La concentration en cadmium est de $0.0582414 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h., en augmentation depuis deux ans mais sous le seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.0 mg.kg^{-1} p.h.).

La concentration en mercure diminue 2012 ($0.0147726 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h. en 2022) et est bien en dessous du seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (mercure 0.5 mg.kg^{-1} p.h.).

La concentration en cuivre est dans la régression en 2022 ($2.0763144 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h.).

En 2022, la concentration en zinc est de $1686.8482152 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h., ce qui est dans la régression effectuée sur des valeurs extrêmement élevées.

La concentration en nickel reste faible ($0.1073136 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h.) et stable depuis 2016.

Enfin, pour l'argent, la faible concentration observée depuis 2015 se poursuit ($0.0030564 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h.).

Pointe Larose – Baie de Saintpée

La concentration en plomb en 2022 est encore en diminution ($0.013024 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h.), sous le seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.5 mg.kg^{-1} p.h.).

La concentration en cadmium diminue pour la première fois en 2022 depuis le début du suivi ROCCH. Celle-ci est de $0.066528 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h., sous le seuil de référence international de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (plomb 1.0 mg.kg^{-1} p.h.).

La concentration en mercure reste très faible ($0.016368 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h.), sous le seuil de référence internationale de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR (mercure 0.5 mg.kg^{-1} p.h.).

La concentration en cuivre est de $1.048608 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h. en 2022.

La concentration en zinc augmente depuis 2015 ($1486.280928 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h.).

La concentration en nickel reste faible ($0.07568 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h.) et stable depuis 2016.

Enfin, pour l'argent, la faible concentration observée depuis 2015 se poursuit (concentration de $0.001408 \text{ mg.kg}^{-1}$ p.h. en 2022).

3.3. Résultats des contaminants organiques

Les résultats bruts sont présentés dans les différents tableaux. La liste des contaminants organiques analysés en 2022 suit celle de 2021, qui avait 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 2022 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 soit en $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ ou $\text{ng}.\text{g}^{-1}$ ou $\text{pg}.\text{g}^{-1}$ 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 : [substance]p.h. = [substance]p.s. $\times 0,19$, en $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$. Les seuils DCE sont exprimés en $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ 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 $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ p.h. dans les huîtres pour l'année 2022.

Paramètre	HAP	Seuils environnementaux		Baie de Génipa	Le Marin	Pointe Larose	Rivière Lézarde	Le Galion
		OSPAR ($\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ p.h.)	DCE ($\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ p.h.)					
Acénaphthène	HAP			0,003	0,003	0,004	0,003	0,003
Acénaphtylène	HAP			0,003	0,002	0,007	0,003	0,003
Anthracène	HAP	55,1	173,8	0,005	0,008	0,014	0,008	0,006
Benzo(a)anthracène	HAP	15,2		0,002	0,002	0,002	0,003	0,011
Benzo(a)pyrène	HAP	114	5	0,002	0,000	0,002	0,002	0,016
Benzo(b)fluoranthène	HAP		5	0,010	0,003	0,004	0,007	0,019
Benzo(b)fluorène	HAP			0,005	0,005	0,007	0,010	0,005
Benzo(g,h,i)pérylène	HAP	21	5	0,006	0,003	0,005	0,012	0,020
Benzo(j)fluoranthène	HAP			0,002	0,000	0,002	0,002	0,008
Benzo(k)fluoranthène	HAP		5	0,008	0,002	0,002	0,003	0,009
Chrysène	HAP			0,005	0,009	0,020	0,010	0,031
5 Methylchrysène	HAP			0,002	0,003	0,004	0,003	0,002
Cyclopenta(c,d)pyrène	HAP			0,002	0,003	0,004	0,017	0,014
Dibenzo(a,h)anthracène	HAP			0,002	0,002	0,002	0,003	0,003
Fluoranthène	HAP	21	30	0,024	0,018	0,036	0,059	0,062
Fluorène	HAP			0,005	0,005	0,007	0,007	0,003
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	HAP		5	0,005	0,002	0,005	0,003	0,012
Naphtalène	HAP	65	214	0,055	0,056	0,073	0,101	0,053
Phénanthrène	HAP	323		0,079	0,057	0,102	0,072	0,047
Pyrène	HAP	19		0,050	0,023	0,041	0,155	0,250

D'après le tableau 5, il y a peu d'HAP quantifiés sur ces 5 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 naphtalène, le pyrène et le fluoranthène avec des concentrations mesurées respectivement jusqu'à 0.102, 0.101, 0.250 et 0.062 $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ de p.h..

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 ng.g^{-1} p.h. (pour les PCB 101, 138, 153, 180, 28 et 52) et en pg.g^{-1} p.h. dans les huîtres pour l'année 2022.

Paramètre		Seuils environnementaux		Baie de Génipa	Le Marin	Pointe Larose	Rivière Lézarde	Le Galion
		OSPAR ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.h.)	DCE ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.h.)					
Congénère de PCB 101	PCB-NDL	23		0,008	0,008	0,003	0,009	0,017
Congénère de PCB 105*	PCB-DL			0,971	2,158	0,452	1,111	4,844
Congénère de PCB 114	PCB-DL			0,034	0,068	0,023	0,078	0,242
Congénère de PCB 118	PCB-NDL	5		3,012	5,612	1,280	3,683	14,521
Congénère de PCB 123	PCB-DL			0,095	0,166	0,046	0,158	0,425
Congénère de PCB 126	PCB-DL			0,016	0,032	0,009	0,041	0,054
Congénère de PCB 138	PCB-NDL	60		0,008	0,012	0,003	0,045	0,027
Congénère de PCB 153	PCB-NDL	301		0,023	0,021	0,006	0,082	0,042
Congénère de PCB 156*	PCB-DL			0,522	1,181	0,258	1,869	2,339
Congénère de PCB 157	PCB-DL			0,208	0,384	0,125	0,629	0,709
Congénère de PCB 167	PCB-DL			0,363	0,614	0,120	1,445	1,372
Congénère de PCB 169	PCB-DL			0,005	0,010	0,009	0,011	0,017
Congénère de PCB 180	PCB-NDL	89		0,005	0,006	0,004	0,029	0,007
Congénère de PCB 189	PCB-DL			0,130	0,135	0,064	0,612	0,131
Congénère de PCB 28	PCB-NDL	13		0,002	0,001	0,002	0,001	0,002
Congénère de PCB 52	PCB-NDL	21		0,005	0,004	0,003	0,003	0,008
Congénère de PCB 77	PCB-DL			0,146	0,186	0,107	0,119	0,340
Congénère de PCB 81	PCB-DL			0,008	0,014	0,003	0,011	0,014

Les différents congénères de PCB sont quasiment tous quantifiés dans les huîtres des 5 stations (tableau 6). Les concentrations maximales sont souvent enregistrées sur la station Rivière Lézarde et au Galion. Les congénères les plus mesurées sont (par ordre décroissant) : PCB118, PCB105, PCB156 et PCB167. Les concentrations de ces derniers PCB sont comprises entre 0.120 et 14.521 ng.g^{-1} p.h.. Les autres CB ont majoritairement des concentrations inférieures à 1 ng.g^{-1} p.h.. Même avec les 4 PCB mesurés aux plus fortes concentrations, toutes les concentrations en PCB sont bien loin des seuils environnementaux proposés par la convention OSPAR.

PBDE - polybromodiphényléthers

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 l’annexe X de la DCE.

Tableau 7 : Concentrations en PBDE - exprimés en ng.g⁻¹ p.h. dans les huîtres pour l’année 2022.

Paramètre	Seuils environnementaux			Baie de Génipa	Le Marin	Pointe Larose	Rivière Lézarde	Le Galion
	OSPAR (µg.kg ⁻¹ p.h.)	DCE (µg.kg ⁻¹ p.h.)	Autre seuil (µg.kg ⁻¹ p.h.)					
PBDE-100			20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PBDE-153			80	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PBDE-154			80	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PBDE-183				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PBDE-209				0,000	0,000	0,011	0,000	0,000
PBDE-28		2400		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PBDE-47		880		0,001	0,001	0,000	0,001	0,001
PBDE-49				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PBDE-66				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PBDE-85				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PBDE-99		20		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Les concentrations en PBDE dans les huîtres sur les 4 stations sont très faibles (<0.1 ng.g⁻¹ p.h.). Certains PBDE sont en dessous des limites de quantification (tableau 7). L’ensemble des concentrations en PBDE sont bien en dessous des seuils environnementaux.

Dioxines (PCDD) et furanes (PCDF)

Tableau 8 : Concentrations en PCDD et PCDF - exprimés en pg.g⁻¹ p.h. dans les huîtres pour l’année 2022.

Paramètre	Seuils environnementaux		Baie de Génipa	Le Marin	Pointe Larose	Rivière Lézarde	Le Galion
	OSPAR (µg.kg ⁻¹ p.h.)	DCE (µg.kg ⁻¹ p.h.)					
PCDD-4			0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
PCDD-5			0,000	0,002	0,001	0,001	0,003
PCDD-6-1			0,001	0,001	0,001	0,001	0,003
PCDD-6-2			0,003	0,005	0,002	0,003	0,010
PCDD-6-3			0,001	0,002	0,001	0,001	0,006
PCDD-7			0,014	0,029	0,012	0,023	0,075
PCDD-8		0,057	0,082	0,035	0,035	0,077	0,213
PCDF-4		0,001	0,003	0,001	0,003	0,003	0,010
PCDF-5-1		0,001	0,003	0,001	0,003	0,003	0,006
PCDF-5-2		0,001	0,005	0,002	0,004	0,004	0,005
PCDF-6-1		0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,008
PCDF-6-2		0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,005
PCDF-6-3		0,001	0,001	0,003	0,003	0,001	0,000
PCDF-6-4		0,001	0,002	0,011	0,002	0,002	0,005
PCDF-7-1		0,003	0,003	0,002	0,002	0,008	0,023
PCDF-7-2		0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
PCDF-8		0,003	0,002	0,001	0,001	0,008	0,013

Les concentrations en PCDD et PCDF dans les huîtres sur les 5 stations sont très faibles, de l’ordre de quelques dixièmes de pg.g⁻¹ p.h. à toutes les stations (tableau 8). Le PCDD-7 et le PCDD-8 sont les deux composés pour lesquels les concentrations mesurées sont les plus fortes, entre 0.213 et 0.075 pg.g⁻¹ p.h., et particulièrement au Galion. Certains composés sont en dessous des limites de quantification. Nous n’avons aucun seuil environnemental concernant ces composés.

PBB - polybromobiphényles

Tableau 9 : Concentrations en PBB - exprimés en ng.g⁻¹ p.h. dans les huîtres pour l'année 2022.

Paramètre		Seuils environnementaux		Baie de Génipa	Le Marin	Pointe Larose	Rivière Lézarde	Le Galion
		OSPAR (µg.kg ⁻¹ p.h.)	DCE (µg.kg ⁻¹ p.h.)					
Alpha-HBCDD	PBB			0,001	0,000	0,000	0,001	0,000
Beta-HBCDD	PBB			0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Gamma-HBCDD	PBB			0,000	0,000	0,001	0,001	0,000

Les concentrations en PBB dans les huîtres sur les 5 stations sont très faibles, de l'ordre de quelques dixièmes de ng.g⁻¹ p.h. à toutes les stations. Une bonne partie des concentrations sont sous la limite de quantification. Les concentrations mesurées sont bien en dessous du seuil fixé pour la DCE de 0.28 µg.kg⁻¹ p.h..

Les substances organostanniques

Le TBT appartient à la famille des organostanniques. Il se dégrade dans l'environnement en MBT (monobutylétain) et DBT (dibutylétain), 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 µg.kg⁻¹ p.h. dans les huîtres pour l'année 2022.

Paramètre	Seuils environnementaux		Baie de Génipa	Le Marin	Pointe Larose	Rivière Lézarde	Le Galion
	OSPAR (µg.kg ⁻¹ p.h.)	DCE (µg.kg ⁻¹ p.h.)					
DBT cation			0,090216	0,697856	0,693356	0,006744	0,034342
MBT cation			0,043497	3,922432	1,568986	0,030348	0,28098
TBT cation	2,28 TBT 0,93 Sn	0,013	0,095049	1,245312	0,1787	0,15174	0,018732

L'étain est un élément constitutif du TBT, qui le rend毒ique ainsi que ses métabolites MBT et DBT. Les concentrations en étain sont relativement faibles en baie de Génipa (<0.6 µg.kg⁻¹ p.h.) et en dessous du seuil de la convention OSPAR fixé à 0.93 µg d'étain/kg de chair fraîche. Les huîtres de la rivière Lézarde présentent une faible contamination, n'atteignant pas le seuil OSPAR en 2022. Les concentrations mesurées au Marin et à la Pointe Larose sont plus fortes et s'étalement de 0.698 et 0.1787 à 3.92 et 1.57 µg.kg⁻¹ p.h. respectivement (tableau 10). Ces valeurs sont bien au-dessus du seuil OSPAR. Pour sa première année d'étude, le Galion affiche des concentrations faibles.

Pesticides organochlorés (sauf chlordécone)

Le lindane (γ -HCH) est l'un des isomères de l'hexachlorocyclohexane synthétisé à partir de benzène et de chlore. Il est utilisé comme insecticide depuis 1938 dans des applications agricoles et pour la protection de bois d'œuvre, comme antiparasitaire en médecine vétérinaire et humaine.

Il est interdit (production comme utilisation) par le règlement européen 850/2004 depuis le 31 décembre 2007 mais encore homologué dans une cinquantaine de pays.

Le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) est un insecticide de la famille des organochlorés utilisé depuis 1939, dont le DDE et le DDD sont des impuretés et des produits de dégradation. Il est interdit pour usage agricole depuis les années 1970 et aujourd'hui uniquement toléré pour la lutte contre le paludisme.

Tableau 11 : Concentrations en composés organochlorés - exprimés en $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ p.h. dans les huîtres pour l'année 2022.

Paramètre	Seuils environnementaux		Baie de Génipa	Le Marin	Pointe Larose	Rivière Lézarde	Le Galion
	OSPAR ($\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ p.h.)	DCE ($\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ p.h.)					
Alpha-HCH (Hexachlorocyclohexane)	Pesticide		0,026	0,026	0,032	0,030	0,028
Beta-HCH (Hexachlorocyclohexane)	Pesticide		0,004	0,002	0,002	0,002	0,019
Delta-HCH (Hexachlorocyclohexane)	Pesticide		0,006	0,005	0,007	0,007	0,006
Gamma-HCH-Lindane	Pesticide	0,27	0,047	0,045	0,059	0,054	0,050
Dichlorodiphényl dichloroéthane	Pesticide		0,001	0,000	0,001	0,001	0,003
Dichlorodiphényl dichloroéthylène	Pesticide		0,011	0,004	0,001	0,006	0,006
Dichlorodiphényl trichloroéthane	Pesticide	1285,5	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Dichlorodiphényl trichloroéthylène	Pesticide		0,001	0,001	0,002	0,002	0,001

Composés perfluorés - PFOA dont PFOS

Tableau 12 : Concentrations en composés perfluorés exprimés en $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ p.h. dans les huîtres pour l'année 2022.

Paramètre	Seuils environnementaux		Baie de Génipa	Le Marin	Pointe Larose	Rivière Lézarde	Le Galion
	OSPAR ($\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ p.h.)	DCE ($\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}$ p.h.)					
Acide perfluorobutanoïque	PFBA		0,015	0,018	0,038	0,044	0,017
Perfluorobutane sulfonate	PFBS		0,004	0,004	0,005	0,004	0,004
Acide perfluorodecanoïque	PFDA		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Perfluorodecane sulfonate	PFDS		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Acide perfluorododecanoïque	PFDoA		0,002	0,003	0,004	0,004	0,002
Acide perfluoroheptanoïque	PFHpA		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Perfluoroheptane sulfonate	PFHpS		0,004	0,004	0,005	0,004	0,004
Acide perfluorohexanoïque	PFHxA		0,012	0,013	0,017	0,013	0,013
Perfluorohexane sulfonate	PFHxS		0,014	0,017	0,021	0,016	0,017
Acide perfluorononanoïque	PFNA		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Acide perfluorooctanoïque	PFOA		0,002	0,003	0,003	0,003	0,003
Perfluorooctane sulfonate	PFOS		0,001	0,004	0,002	0,003	0,003
Perfluoropentanoate	PPPeA		0,015	0,018	0,023	0,017	0,017
Perfluorotetradecanoate	PFTeA		0,004	0,006	0,008	0,004	0,004
Perfluorotridecanoate	PFTrA		0,002	0,003	0,004	0,003	0,003
Acide perfluoroundecanoïque	PFUnA		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002

La majorité des composés perfluorés analysés dans les huîtres en 2022 sont en concentrations très faibles, sous les limites de quantification (tableau 12).

Autres composés

Tableau 13 : Concentrations en chloro alcane (en ng.g^{-1} p.h.) et phtalates (en $\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.h.) - dans les huîtres pour l'année 2022.

Paramètre	Seuils environnementaux			Baie de Génipa	Le Marin	Pointe Larose	Rivière Lézarde	Le Galion
	OSPAR ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.h.)	DCE ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.h.)	Autre seuil ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.h.)					
Chloro alcane - C10C13		382		0,15	0,15	0,15	0,57	0,15
DIEthHexPHTALATE - DEHP			2920	2,14	2,05	3,99	1,64	1,34

Les concentrations en chloroalcanes sont toutes à 0.15 ng.g^{-1} , sauf pour la rivière Lézarde à 0.57 ng.g^{-1} . Les concentrations en phtalates dans les huîtres sont comprises entre 1.34 et $3.99 \mu\text{g.kg}^{-1}$ 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, en 2012 pour le chlordécone 5b hydro, et en 2013 pour le chlordécol. Des doutes sur les premiers résultats conduisent à ne les prendre en compte qu'à partir de novembre 2012, depuis le changement de laboratoire au LABOCEA à Plouzané.

Le chlordécone est parmi les organochlorés recherchés celui qui est le plus fréquemment détecté et celui qui présente les concentrations les plus élevées. Ce composé est particulièrement suivi du à sa forte utilisation dans les années 70-90 et à ses effets cancérogènes, mutagènes et reprotoxique.

Le chlordécone est par ailleurs le seul polluant spécifique retenu par l'arrêté surveillance du 7 août 2015 pour l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau côtières au sens de la directive cadre européenne sur l'eau. L'arrêté du 27 juillet 2015 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 $3 \mu\text{g.kg}^{-1}$** .

Cette concentration est toujours largement dépassée aux deux stations de la baie de Fort-de-France (511.01 ng.g^{-1} p.h. à la rivière Lézarde et 36.52 ng.g^{-1} p.h. en Baie de Génipa). En 2022, la concentration de chlordécone au Marin est de 2.72 ng.g^{-1} , sous la norme de qualité environnementale. Cette année les concentrations dans les huîtres de la Pointe Larose dépassent également le seuil (6.71 ng.g^{-1} p.h., figure 19). Pour sa première année d'étude, le Galion affiche une concentration en chlordécone de 87.93 ng.g^{-1} p.h., bien supérieure à la NQE.

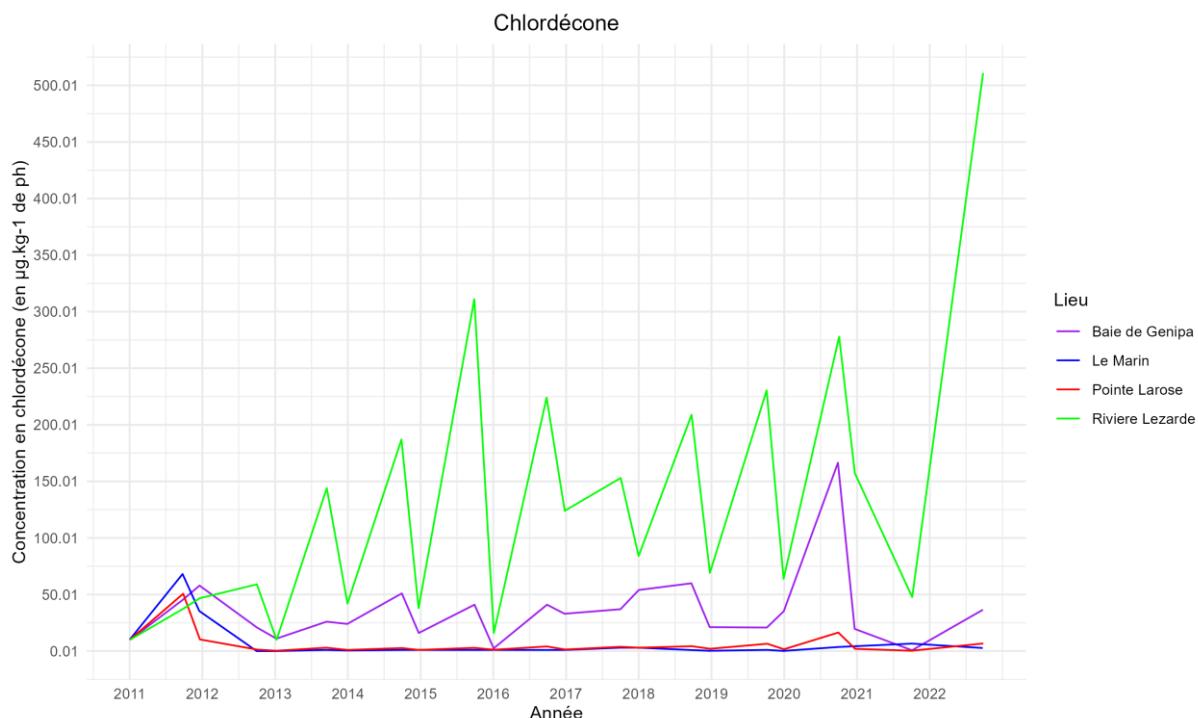


Figure 19 : Evolution dans le temps des concentrations en chlordécone sur 4 des 5 stations ROCCH.

Le métabolite chlordécol a été détecté une fois en 2015 (à une concentration tout juste supérieure à la limite de quantification de $20 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$). 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 $5.6 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ p.h.. Cette année, les concentrations en chlordécol sont proches des LQ à toutes les stations, sauf pour la rivière Lézarde et le Galion où les concentrations ont respectivement atteint 3.22 et $3.62 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ p.h. (tableau 14).

Le 5b-hydro chlordécone est resté indétectable par le LABOCEA depuis novembre 2012 à cause du niveau de quantification mais a été mesuré et détecté par le LABERCA-ONIRIS depuis novembre 2018. En 2022, les concentrations du 5b-hydro chlordécone s'échelonnent de 0.03 (Le Marin et Le Galion) à $15.41 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ p.h. (Rivière Lézarde). Globalement, les niveaux sont très faibles au Marin et à la Pointe Larose ($0.04 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ p.h.), ils sont assez faibles aussi en Baie de Génipa ($0.76 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ p.h.) mais sont particulièrement 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 ng.g⁻¹ p.h.) - dans les huîtres pour l'année 2022.

Paramètre	PSEE	Seuils environnementaux		Baie de Génipa	Le Marin	Pointe Larose	Rivière Lézarde	Le Galion
		OSPAR (µg.kg ⁻¹ p.h.)	DCE (µg.kg ⁻¹ p.h.)					
Chlordécol	PSEE			0,03	0,03	0,04	3,22	3,62
Chlordécone	PSEE		3	36,52	2,72	6,71	511,01	87,93
Chlordécone 5b hydro	PSEE			0,76	0,03	0,04	15,41	0,03

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, PCB 153, lindane et somme DDT+DDD+DDE) 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, CB153 et du lindane 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 les sédiments et le milieu vivant au-dessous de laquelle on ne s'attend à aucun effet chronique sur les espèces marines, notamment les espèces les plus sensibles. Ces seuils peuvent donc s'appliquer pour la Martinique.

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

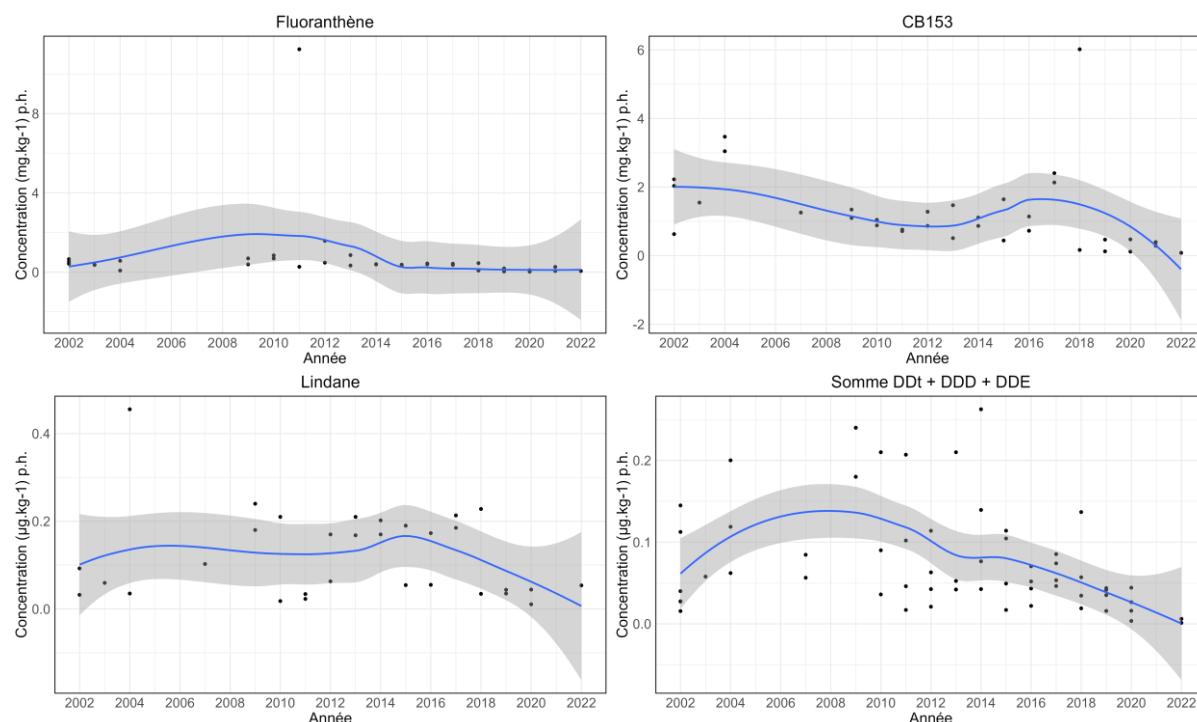
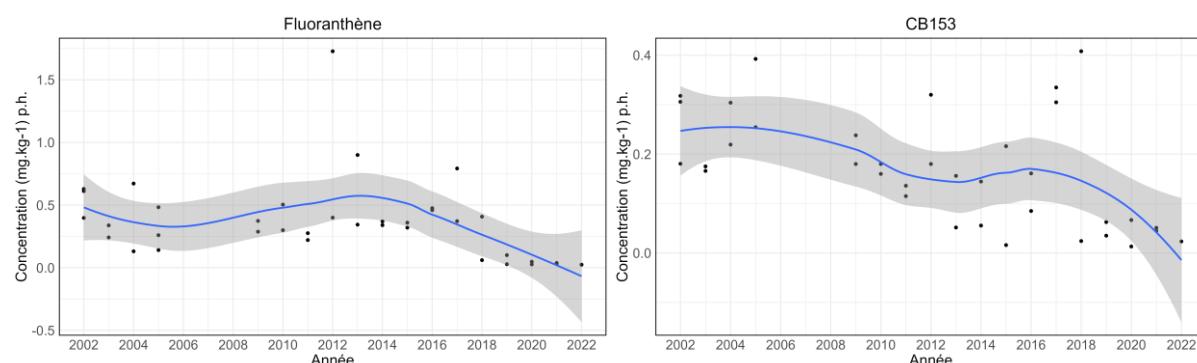


Figure 20 : Evolution temporelle des concentrations de fluoranthène, CB153, lindane et somme (DDt + DDD + DDe) à la rivière Lézarde.

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



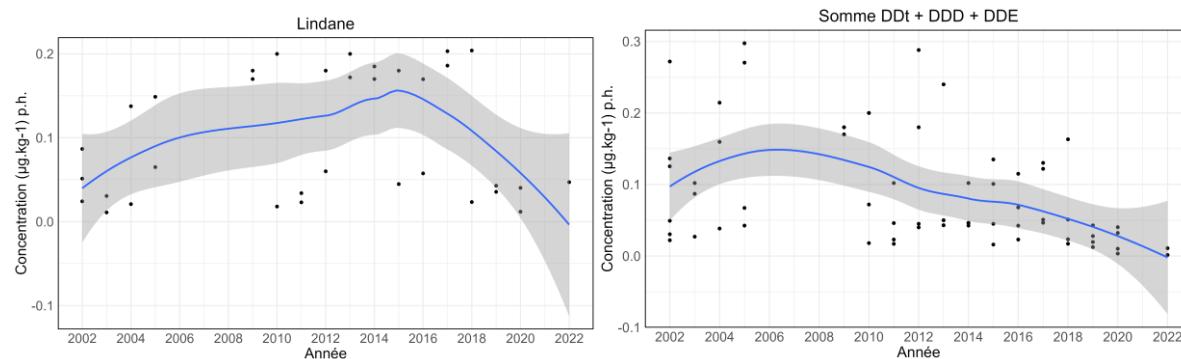


Figure 20 : Evolution temporelle des concentrations de fluoranthène, CB153, lindane et somme (DDt + DDD + DDe) à la baie de Génipa.

Résultats ROCCH

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

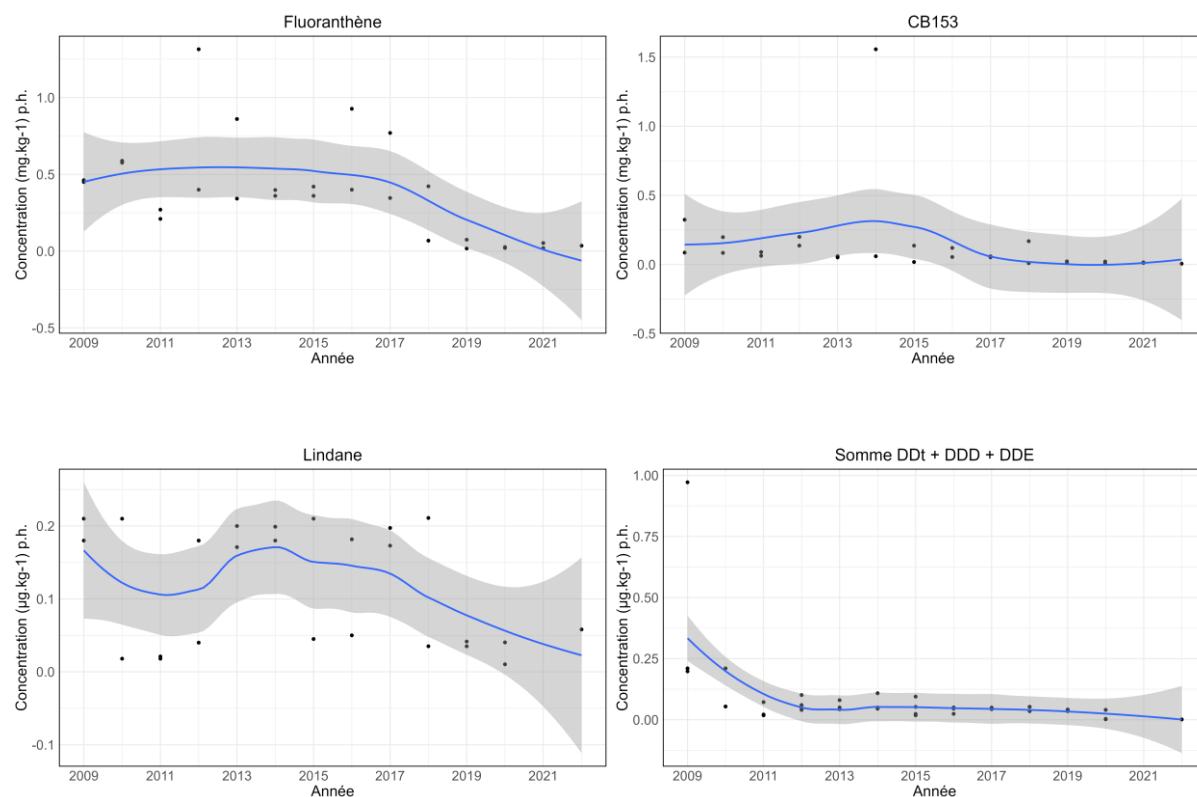


Figure 20 : Evolution temporelle des concentrations de fluoranthène, CB153, lindane et somme (DDt + DDD + DDe) à la pointe Larose / baie de Saintpée.

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

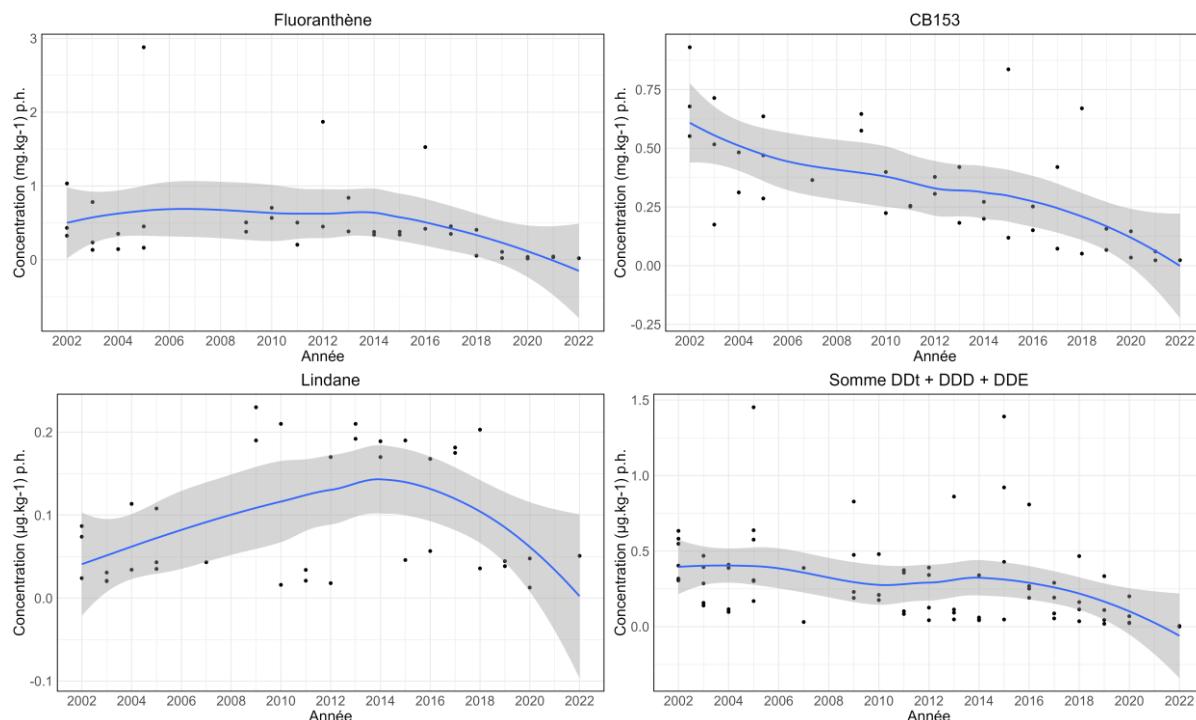


Figure 20 : Evolution temporelle des concentrations de fluoranthène, CB153, lindane et somme (DDt + DDD + DDE) au Marin.

Au cours du temps, les méthodes et les seuils de quantification ont évolué rendant difficile l'étude des évolutions temporelles de la contamination de certains polluants organiques. Ainsi, l'évolution des concentrations entre 2012 et 2015 visible sur les graphiques pour le lindane et la somme DDT+DDD+DDE est due à une augmentation du seuil de quantification à cette période.

Les concentrations en CB153 restent dans la même tendance que les années passées. Les niveaux sont très faibles à Pointe Larose ($0.005984 \text{ ng.g}^{-1}$ p.h.), assez faibles au Marin et en baie de Génipa (respectivement 0.0232626 et $0.0233712 \text{ ng.g}^{-1}$ p.h.) et sont plus élevés à la rivière Lézarde ($0.081648 \text{ ng.g}^{-1}$ p.h.).

Pour sa première année d'étude, le Galion affiche une concentration en CB153 de $0.0426283 \text{ ng.g}^{-1}$ p.h..

Les concentrations en fluoranthène restent faibles cette année, autour de $0.04 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ p.h.. Ces valeurs restent bien en dessous du seuil OSPAR à $22 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ p.h.

Les concentrations de Lindane en 2022 sont toutes comprises entre 0.04 et 0.05 ng.g⁻¹ p.h. pour les cinq stations concernées.

Les concentrations en DDT, DDE et DDP sont toutes très faibles pour les cinq stations en 2022 (<0.01 µg.kg⁻¹, p.h.).

4. Conclusions et recommandations

Sur l'initiative de la DIREN et de l'ODE, le suivi de la qualité chimique des eaux côtières de la Martinique a été réalisé depuis 2012 sur 4 points de mangrove, à l'interface terre-mer, sur les huîtres de palétuvier.

L'organisation opérationnelle a mobilisé en 2022 :

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

La stratégie ROCCH a évolué en 2016 en métropole avec la concentration des échantillonnages sur une seule campagne, celle de février. **Les niveaux de concentration variables enregistrés au mois février et novembre en Martinique, ont permis de montrer une saisonnalité marquée qui a conduit à proposer de réaliser le suivi ROCCH uniquement en novembre, période où les niveaux semblent les plus haut pour la majorité des composés, argument particulièrement valable concernant le chlordécone.**

Cette année, la liste des composés analysés suit celle de 2021 qui avait été grandement complétée, avec plus de métaux et plus de familles de composés organiques (PBDE, PCDD, PCDF, PBB, organostanniques, perfluorés...)

Les résultats concernant les métaux confirment que :

- Les concentrations en zinc apparaissent encore cette année globalement élevés dans les huîtres de palétuvier. Ces niveaux pourraient s'expliquer par la faculté naturelle de l'organisme Isognomon alatus à fortement bio-accumuler cet élément dans sa chair. Le facteur de bioaccumulation pourrait-être un élément important à mesurer, à partir de mesures dans l'eau via des échantilleurs passifs.
- Les concentrations en cuivre étaient plutôt hautes cette année, excepté à Pointe Larose. A l'inverse, les concentrations mesurées en mercure étaient plutôt basses. Il faudra surveiller l'évolution des concentrations de ces composés les années suivantes.

- Les nouveaux contaminants métalliques analysés depuis 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 plus élevés qu'en 2021.
- Cette année, c'est la seconde fois que l'on retrouve des concentrations en argent dans la baie du Marin aux mêmes niveaux que les autres stations. La théorie du changement de site de prélèvement établie en 2021 semble se vérifier et sera à confirmer lors des prochains rapports.
- 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 à Nantes pour doser l'arsenic.
- Les valeurs médianes pour le mercure, le plomb et le cadmium en Martinique sont largement inférieures aux seuils de référence internationaux de contamination dans le biote proposé dans la convention OSPAR.
- Pour sa première année d'étude, la baie du Galion affiche des concentrations en cadmium, en cobalt, en cuivre, en mercure, en vanadium, en argent, en fer et en manganèse extrêmement importantes. La station sera étudiée de près lors des prochains rapports.

Les résultats concernant les composés organiques confirment :

- Les niveaux de concentration des composés HAP quantifiables sont faibles et bien en deçà des seuils environnementaux.
- Les différents congénères de PCB sont quasiment tous quantifiés dans les huîtres des 5 stations. Toutes les concentrations quantifiables en PCB sont bien loin des seuils environnementaux proposés par la convention OSPAR.
- Les concentrations mesurées pour les nouveaux composés organiques (PBDE, PCDD, PCDF, PBB, perfluorés) sont très faibles.
- Les résultats mesurés en 2022 pour les HAP, PCB et organochlorés restent dans la tendance des évolutions temporelles.
- Les concentrations en étain dans le TBT et ses métabolites sont faibles.
- 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 autres stations sont très faibles au Marin et à la Pointe Larose, et assez faibles en Baie de Génipa. La baie du Galion affiche également une concentration très élevée en chlordécone.

Références

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

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

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

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

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

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

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

Devault, D. A., Massat, F., Baylet, A., Dolique, F., & Lopez, P. J. (2022). Arsenic and chlordcone contamination and decontamination toxicokinetics in *Sargassum* sp. Environmental Science and Pollution Research, 29(1), 6-16.)

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