

**Direction Départementale des Territoires et de la Mer de
Charente-Maritime
Responsable du pôle zoo-sanitaire
Services des activités maritimes
89 avenue des Cordeliers
17 000 La Rochelle**

La Tremblade, le 16 décembre 2024

Objet : Expertise de recherche des conditions particulières associées aux fortes mortalités de pétoncles noirs dans les Pertuis Charentais

Référence :

N/Réf. ODE/LITTORAL/LER/PC-23-102 et Ref Avis P9 : 23-102

V/Réf. : Lettre du 5 décembre 2023 pour une demande d'expertise quant à la recherche de conditions particulières associées aux fortes mortalités de pétoncles noirs dans les Pertuis Charentais.

Affaire suivie par : Audrey Bruneau, Stéphane Guesdon, Céline Garcia, Aline Blanchet-Aurigny, Philippe Cugier, Stéphane Pouvreau, Aurore Gueux, Ines Le Fur, Aude Piraud, Jean-François Pépin, Isabelle Arzul.

Madame, Monsieur

Vous avez sollicité l'Ifremer par courrier le 05 décembre 2023, pour une expertise de recherche des conditions particulières associées aux fortes mortalités de pétoncles noirs dans les Pertuis Charentais.

Vous trouverez ci-dessous des informations permettant de fournir des éléments de réponse.

Nous restons à votre disposition pour tout complément.

Nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, nos meilleures salutations.

**Responsable de la station Ifremer
de La Tremblade**

Copies : **COAST (LER/PC), ASIM, LEBCO, PHYTNES**

Par ailleurs, dans le cadre de la certification ISO9001 de l’Ifremer, nous vous demandons de bien vouloir porter votre appréciation sur ce document en renseignant la fiche d’évaluation à partir du formulaire en ligne : <http://forms.ifremer.fr/qualite-ifremer/expertise-et-avis/?ref=21003>

1) Contexte

Le Laboratoire Environnement Ressources des Pertuis Charentais (LER/PC) a été sollicité le 05/12/2023 par la DDTM17, suite à des signalements de mortalités importantes de population de pétoncles noirs (*Mimachlamys varia*) à l’automne 2022. Les prospections réalisées par CAPENA en automne 2022 et surtout en 2023 (Hennache et Oudot 2022 et 2023) ont permis de confirmer le phénomène comme le montre le nombre total de pétoncles à l’hectare en 2023 (figure 1).

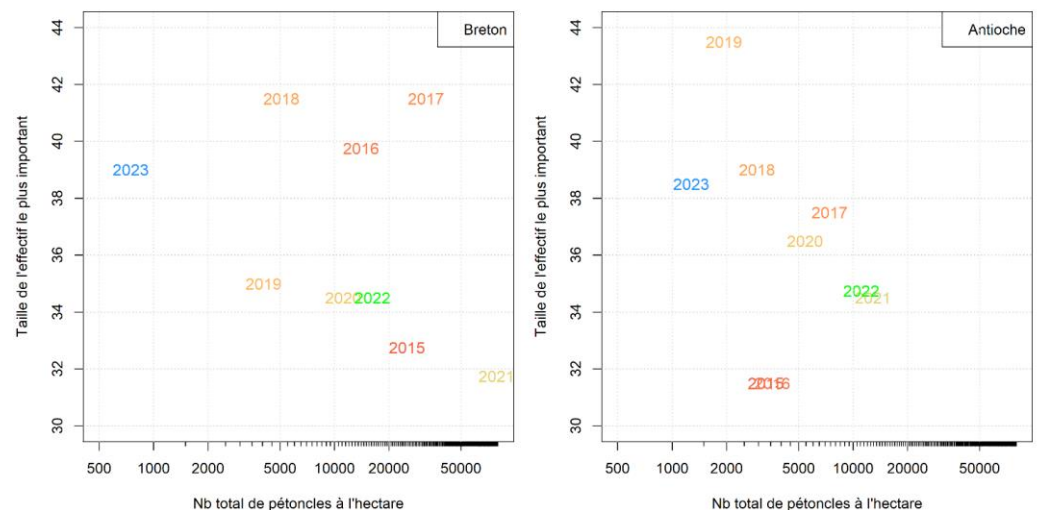


Figure 1 : Représentation de la taille de l’effectif le plus important de pétoncles noirs en fonction du nombre total de pétoncles à l’hectare pour les deux Pertuis. Les données sont extraites des rapports de prospection de CAPENA. Sur les graphiques pour l’année 2023, le nombre total de pétoncles à l’hectare se situe à plus ou moins 1000 coquillages pour les deux Pertuis, ce nombre est le plus faible depuis 2015.

La persistance du phénomène de mortalité a sollicité l’inquiétude de la profession, plus particulièrement du Comité Départemental des Pêches Maritimes et des Élevages Marins de la Charente–Maritime (CDPMEM17) qui a sollicité directement l’Ifremer par un courrier en date du 20/10/2023 afin d’obtenir des compléments d’information sur les conditions environnementales lors des phénomènes de fortes mortalités et de la DDTM17 dans le cadre de cette expertise (Tableau 1).

Tableau 1 : Chronologie des événements en lien avec les mortalités de pétoncles.

Date	Évènement	Sources	Commentaires
Juillet 2022	Premières mortalités signalées par des pêcheurs au chalut	Courrier du CDPMEM octobre 2023	
Octobre 2022	Prospections des stocks par CAPENA	Courrier du CDPMEM octobre 2023	
Octobre 2022	Analyses histologiques pour rechercher les agents pathogènes réglementés	REPAMO	Absence d'agents pathogènes réglementés
Septembre 2023	Faibles abondances signalées par les pêcheurs en commission Coureau	Courrier du CDPMEM octobre 2023	
Septembre 2023	Analyses histologiques pour rechercher les agents pathogènes réglementés	REPAMO	Absence d'agents pathogènes réglementés
Septembre 2023	Prospections des stocks par CAPENA		
Octobre 2023	Demande d'information à Ifremer et à la DDTM17	Courrier du CDPMEM 17 octobre 2023	Forte inquiétude de la profession
Décembre 2023	Saisine de la DDTM17 pour la recherche des conditions environnementales particulières associées aux surmortalités	Saisine de la DDTM17	

Afin de suivre la santé des coquillages, la recherche d'organismes pathogènes réglementés a été effectuée en 2022 et en 2023, les rapports d'analyses ont conclu à l'absence d'agents réglementés qui auraient pu être à l'origine de ces mortalités (Tableau 1 et Annexe 1). Dans ce contexte, la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) a sollicité l'Ifremer en décembre 2023, dans le cadre de la convention du Laboratoire National de Référence (LNR), pour caractériser les agents infectieux non réglementés détectés lors des analyses de 2022 et 2023. Cette recherche étant achevée, une synthèse des résultats sera présentée dans cette expertise.

Dans cette expertise, les résultats de l'étude mandatée par la DGAL, une analyse des conditions environnementales des années 2022 et 2023 concomitantes aux mortalités anormales observées dans les Pertuis seront présentés. De plus, une présentation générale du contexte des mortalités anormales de pétoncles en rade de Brest sera citée en exemple.

2) Exploration de la piste de prédation des pétoncles

Afin d'évaluer si la prédation des coquillages pouvait être une cause des mortalités, une réunion s'est tenue sur le site Ifremer de La Tremblade le 15/02/2024 en présence du CDPMEM17, de CAPENA et de l'IFREMER.

A l'occasion des pêches de prospection ou d'exploitation, CAPENA et le CDPMEM17 ont indiqué que les coquillages pêchés étaient capturés avec les coquilles collées mais vides et difficiles à ouvrir, aucune présence de trou sur les coquilles n'a été observée. Ainsi la prédation des pétoncles par des gastéropodes perceurs n'est pas avérée.



Figure 2 : Photos de coquilles vides de pétoncles observées au vidage de la drague © CDPMEM 17

*Rapana venosa*¹ (espèce de gastéropode invasive présente dans les pertuis de la famille des murex²) consomme ses proies en utilisant sa radula. Selon son mode de prédation, *Rapana venosa* sécrète un mucus, le bivalve prédaté relâche ces valves puis *Rapana* ouvre le coquillage avec son pied et consomme directement sa proie, ainsi la coquille de la proie s'ouvre lors de ce mode de prédation, ainsi la prédation des pétoncles par *Rapana* n'est pas avérée.

Lorsque la prédation est réalisée par des étoiles de mer, les coquilles sont ouvertes et nettoyées ; dans les traits de dragues, la présence d'étoiles n'est pas observée de manière flagrante, ainsi la prédation des pétoncles par les étoiles de mer n'est pas avérée.

¹ Projet RAPSODI d'étude sur *Rapana venosa* dans les Pertuis Charentais

² Premières détections dans les Pertuis dès 2020 au filet et au chalut, premières détections à la drague en 2022

La prédation par les différentes espèces mentionnées ci-dessus n'est pas avérée et donc cette piste comme cause des mortalités des pétoncles est écartée. Si la mortalité des pétoncles noirs est atypique puisqu'elle est massive, l'état dans lequel sont pêchés les coquillages est également anormal (coquilles vides, fermées avec les valves collées) (Figures 2, 3 et 4).

A titre indicatif, des tests ont été réalisés en viviers par le CDPMEM17 durant les épisodes de mortalités : parmi 233 coquillages mis en viviers encore quatre coquillages morts (coquilles collées) ont été observés, puis lors du comptage final 5 autres coquillages morts avec la coquille fermée (présence parfois du muscle) ont été observés. La poursuite de la mortalité des coquillages après 7 jours en viviers n'est plus observée. Ainsi la prédation n'est pas une cause avérée induisant les mortalités anormales de pétoncles.

L'hypothèse d'une mortalité due à un facteur environnemental avait été formulée par les pêcheurs qui n'observaient pas de poursuite de la mortalité *in-situ* non plus.



Figure 2 : Photo de pétoncles morts, dont la coquille peut paraître encore fermée pour certains ou entrouverte pour d'autres (sans chair à l'intérieur) © CDPMEM 17



Figure 3 : Photo de nombreux naissains observés dans les coquilles vides de pétoncles en septembre 2023 © CDPMEM 17

3) Caractérisation des agents infectieux observés chez les pétoncles

Suite aux mortalités récurrentes de pétoncles dans les Pertuis Charentais et afin d'explorer une éventuelle cause infectieuse, le Laboratoire National de Référence (LNR) des maladies des mollusques marins a analysé neuf lots collectés en 2022 et 2023 de différentes origines et natures (Annexe 1) :

- quatre lots constitués d'animaux prélevés dans le cadre de la procédure hausse de mortalité du réseau Repamo et analysés au préalable en histologie par un laboratoire agréé,
- trois lots constitués d'animaux collectés dans le cadre d'un projet de recherche intitulé REFONA (REstoration of Flat Oyster in Nouvelle Aquitaine),
- deux lots réceptionnés congelés constitués d'animaux moribonds prélevés lors d'une visite de gisement.

Différentes analyses ont été mises en œuvre selon la nature des échantillons reçus (histologie, PCR et séquençage).

3.1. Recherche de l'herpesvirus OsHV-1 et de la bactérie *Francisella haliotcida*

Dans un premier temps, des agents infectieux incriminés dans des mortalités de pectinidés ont été recherchés à savoir le virus OsHV-1, responsable de mortalité de coquilles saint Jacques, *Pecten maximus*, notamment en France dans les années 2000 (Arzul et al. 2001) et la bactérie *Francisella haliotcida* responsable de mortalités de pétoncles japonais, *Mizuhopecten yessoensis*, au Canada et au Japon (Meyer et al. 2017, Kawahara et al. 2018).

La recherche de ces deux agents infectieux a été réalisée par PCR temps réel sur l'ensemble des individus des 9 lots à savoir sur 149 individus.

La bactérie *Francisella haliotidica* n'a pas été détectée.

Le virus OsHV-1 a été détecté sur 10 individus sur les 149 analysés (6.7% des individus) en très faible quantité (Ct supérieur à 30). Cette détection concernait deux lots de 2023 et un lot de 2022.

Vu la faible quantité d'ADN détecté et le nombre limité d'individus détectés positifs à ce virus, il est difficile de conclure sur son implication dans les mortalités observées.

3.2. Analyses histologiques

Les analyses histologiques réalisées sur sept lots (141 individus) n'ont pas révélé la présence d'agents réglementés mais d'autres agents infectieux ont été observés dont :

- des protozoaires ressemblant à des coccidies sur 66 individus,
- des bactéries ressemblant à des rickettsies sur 98 individus.

Les agents ressemblant à des coccidies (Figure 4) étaient essentiellement localisés dans le rein des pétoncles noirs et un seul stade de développement a été observé (stade macrogamonte). Leur nombre était variable d'un individu à l'autre, allant d'une seule cellule parasitaire à plus d'une cinquantaine de cellules par individu. Aucune réaction inflammatoire n'a été notée associée à la présence de ces agents infectieux.

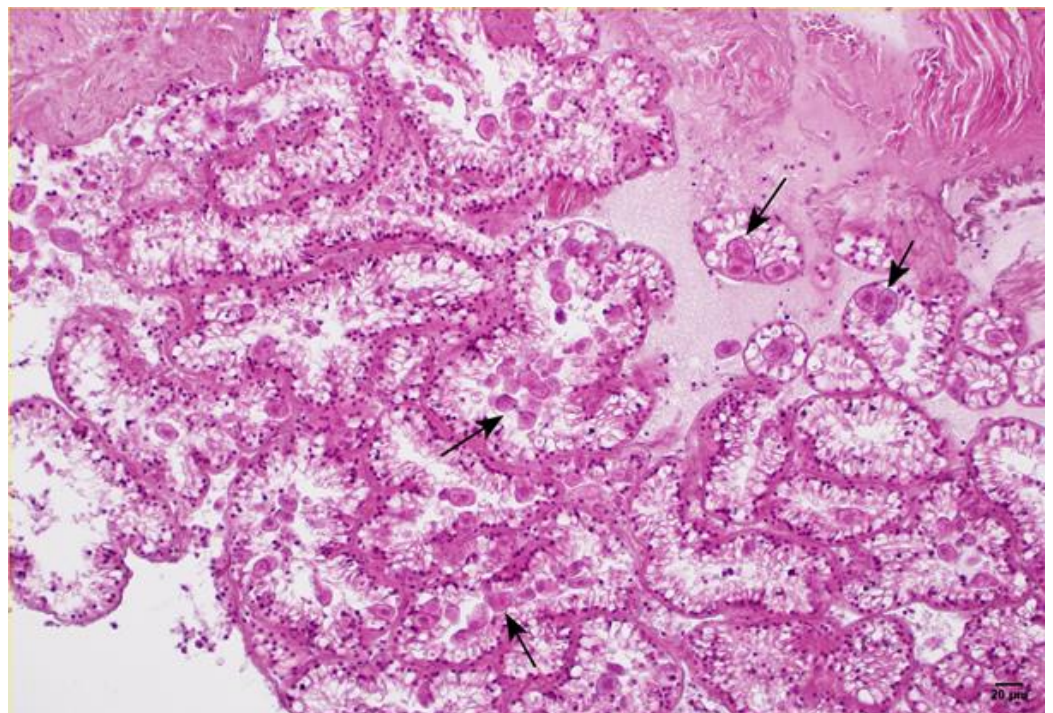


Figure 4 : Parasites ressemblant à des coccidies (flèches) dans le rein d'un pétoncle noir

Les bactéries ressemblant à des rickettsies ont été observées majoritairement dans les branchies (Figure 5) et parfois dans des cellules épithéliales du manteau ou de l'organe plissé. Le nombre de colonies bactériennes était très variable selon les individus. Comme pour les agents ressemblant à des coccidies, aucune réaction inflammatoire n'a été notée dans les branchies associée à la présence de ces bactéries.

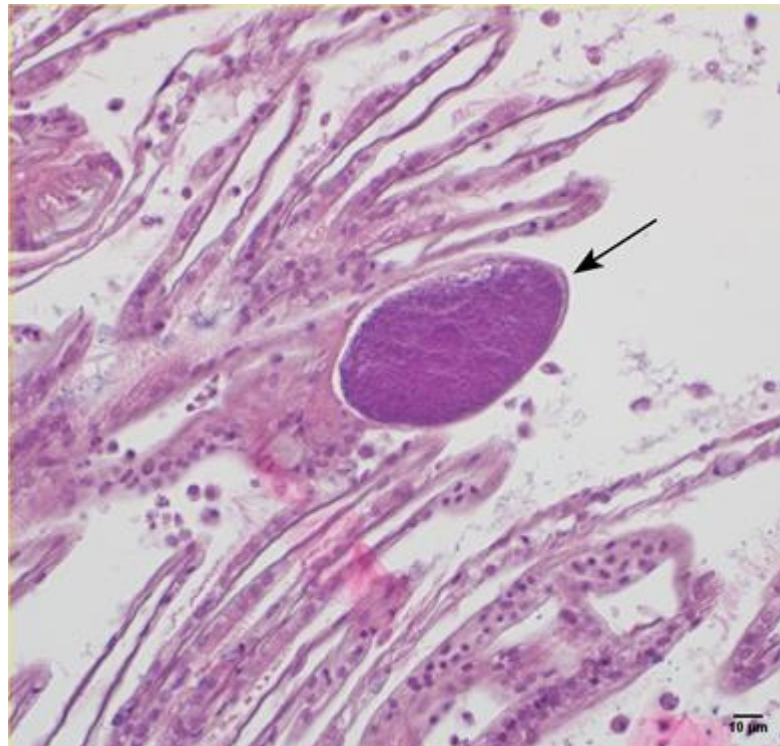


Figure 5 : Colonie ressemblant à des rickettsies (flèche) dans les branchies d'un pétoncle noir

Ces bactéries et protozoaires ont été détectés à la fois chez des individus prélevés dans le cadre de la procédure Repamo et également dans le cadre du projet de recherche Refona. La fréquence de détection des bactéries est presque similaire quel que soit le contexte de prélèvement (67% hors procédure Repamo et 71% procédure Repamo). Pour les protozoaires, elle est plus élevée lors des prélèvements réalisés dans le cadre de la procédure Repamo (55% procédure Repamo et 29% hors procédure Repamo) mais ce résultat est à nuancer car lors des observations histologiques sur les individus prélevés hors procédure Repamo, le rein n'était pas toujours présent sur les lames donc il est difficile de conclure sur la réelle absence de ces agents infectieux.

De nombreux foyers inflammatoires, plus ou moins intenses, ont été notés chez tous les individus quel que soit le contexte de prélèvement. Cependant, chez les individus issus de lots prélevés dans le cadre de la procédure Repamo, des infiltrations hémocytaires sévères ont été notées dans les tissus conjonctifs de la glande digestive, du manteau et de la gonade (Figure 6 A).

Au sein de ces foyers inflammatoires, de nombreux hémocytes présentait des anomalies semblant correspondre soit à des lésions de leur noyau (fragmentation du

noyau, condensation du noyau...) soit à des corps d'inclusions cytoplasmiques (Figure 6 B). Ces anomalies nucléaires ont été principalement observées chez les individus issus de lots à mortalité (20% hors procédure Repamo et 99% lors de la procédure Repamo).

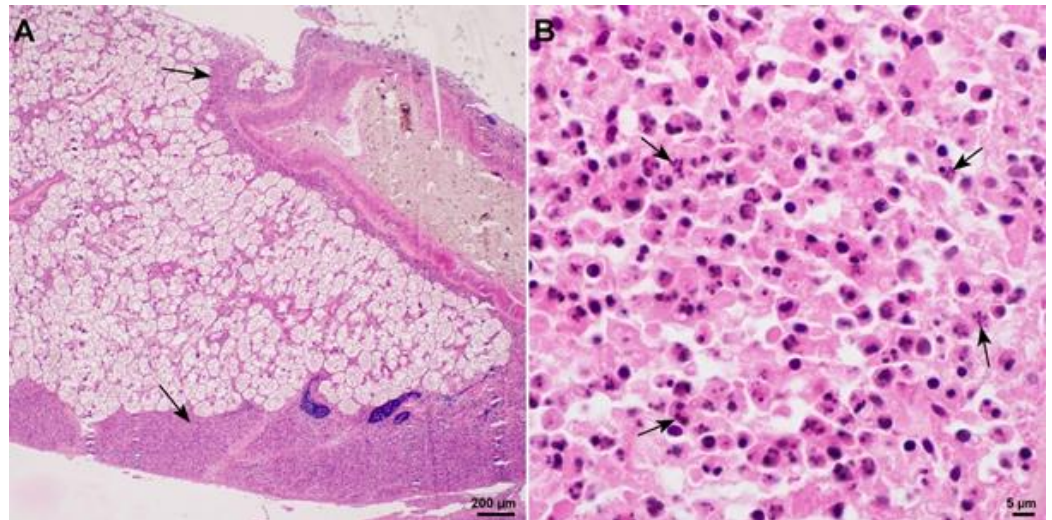


Figure 6 : A : foyers inflammatoires (flèches) au niveau de la gonade et du tube digestif chez un pétoncle noir. B : hémocytes présentant différentes anomalies (flèches) au sein d'un foyer inflammatoire.

3.3. Caractérisation des organismes pathogènes observés en histologie

Comme certains agents infectieux ressemblant à des coccidies ou à des rickettsies ont été impliqués dans des mortalités de pectinidés, une caractérisation moléculaire des agents observés chez les pétoncles noirs a été réalisée.

Agent ressemblant à des coccidies

Les individus positifs en histologie (66 individus) ont été analysés par une PCR point final ciblant le gène de l'ARN ribosomique 18S des parasites appartenant au phylum des Apicomplexa (amorces SFC-340F/1260R de Kristmundsson et al. 2011). Une amplification a été observée chez 41 individus.

Afin de confirmer que les produits de PCR obtenus étaient bien le résultat d'une amplification spécifique, les amplicons obtenus ont été séquencés. 11 séquences ont pu être obtenues et interprétées.

Les séquences obtenues présentent entre 80 et 98% d'identité avec des parasites appartenant au phylum des Apicomplexa.

Ainsi, les parasites observés chez les pétoncles noirs paraissent proches des Apicomplexa mais différents des espèces déjà décrites chez les coquillages. Ils semblent notamment différents des parasites responsables de mortalité aux Etats-Unis chez le pétoncle *Argopecten irradians* (Pales Espinosa et al. 2023).

Bactéries ressemblant à des rickettsies

93 individus positifs en histologie ont été analysés par une PCR point final ciblant le gène de l'ARN ribosomique 16S des bactéries (amorces FD1-rP2 de Weisburg et al. 1991). Une amplification a été observée chez 57 individus.

Afin de confirmer que les produits de PCR obtenus étaient bien le résultat d'une amplification spécifique, les amplicons obtenus ont été séquencés. 16 séquences ont pu être obtenues et interprétées.

Les séquences obtenues présentent entre 80 et 97% d'identité avec des bactéries appartenant au genre *Endozoicomonas* (référence GenBank : CP092489.1) ou au genre « *Candidatus Endonucleobacter* ». Ces genres sont constitués de bactéries marines très souvent symbiotiques. Certaines ont pu être suspectées dans des épisodes de mortalités de coquilles saint Jacques (Cano et al. 2018) mais leur impact réel n'a jamais été estimé.

Ainsi, les bactéries intracellulaires observées chez les pétoncles noirs semblent proches de genres déjà décrits chez des coquillages tout en étant différentes.

3.4. Bilan des analyses histologiques

Les analyses réalisées ont montré la présence de parasites protozoaires appartenant au phylum Apicomplexa et de bactéries proches du genre *Endozoicomonas*. Ces agents infectieux ont déjà été décrits chez les pétoncles et n'ont pas été nécessairement associés à des mortalités. Sur les lots analysés, aucune réaction inflammatoire n'a été notée associée à la présence de ces agents et leur fréquence de détection est quasi similaire chez les individus prélevés dans le cadre de la procédure Repamo ou en dehors de cette procédure. Ces observations laissent supposer un impact limité de ces agents infectieux sur les pétoncles noirs mais, en l'absence de données sur l'état zoosanitaire des gisements de pétoncles, il est difficile de conclure sur leur impact réel.

Il a été noté également chez les individus prélevés dans le cadre de la procédure Repamo, de nombreuses anomalies des cellules hématocytaires. Il est possible que ces anomalies aient un impact sur leur fonctionnement et de fait sur la santé des pétoncles étant donné que ces cellules ont de nombreuses fonctions chez les mollusques notamment dans l'immunité. L'origine de ces anomalies n'a pu être déterminée par les analyses réalisées. Des analyses complémentaires impliquant d'autres prélèvements ou études seraient nécessaires pour essayer éventuellement d'en déterminer l'origine (infectieuse, toxique, environnementale...).

4) Conditions particulières associées aux fortes mortalités de pétoncles noirs dans les Pertuis Charentais

Les données présentées dans cette section permettent de positionner ou comparer les années 2022 et 2023 par rapport aux 25 dernières années de suivi contribuant à la caractérisation environnementale des gisements de pétoncles noirs.

Cet exercice de caractérisation vise à identifier des conditions environnementales singulières pouvant être associées aux mortalités de pétoncles noirs observées en 2022 et 2023. Il s'appuie sur des données météorologiques (ERA5 - Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store, (2023) ; <https://doi.org/10.24381/cds.adbb2d47>) et hydrobiologiques (REPHY - French Observation and Monitoring program for Phytoplankton and Hydrology in coastal waters (2023) ; <https://doi.org/10.17882/47248>) observées dans les Pertuis

Charentais depuis 1996. Les stations et secteurs pris en compte dans cet exercice sont renseignés sur la carte en figure 7.

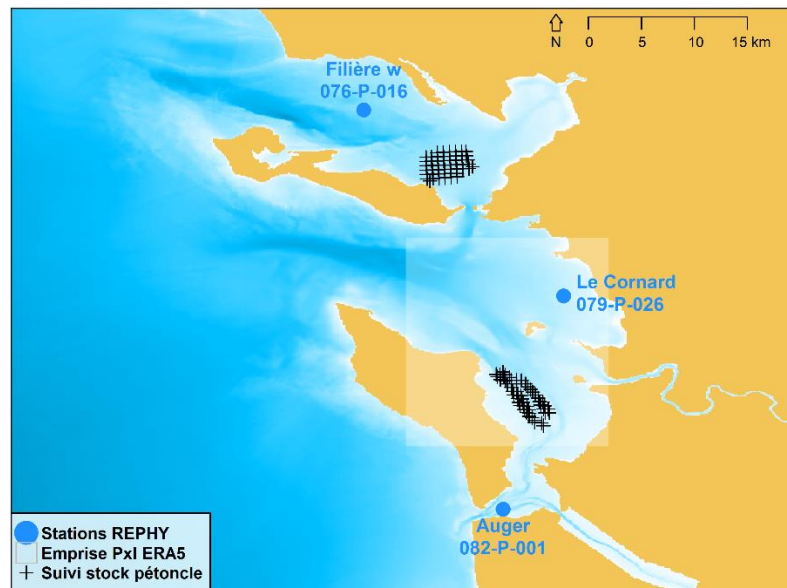


Figure 7 : Zone d'étude localisant les stations et secteurs étudiés.

4.1. Météorologie

D'un point de vue météorologique, l'année 2022 se distingue de l'historique par des températures atmosphériques globalement très supérieures aux observations habituelles d'avril à novembre (mai, juillet et août exceptionnellement hauts) et des précipitations moyennes à faibles (Figure 8a). 2023 est quant à elle caractérisée par des températures conformes à celles le plus souvent observées du printemps à l'automne s'accompagnant en mars et de septembre à décembre de précipitations importantes par rapport à l'historique enregistré depuis 1996 ; Juin se montre néanmoins atypique avec des températures particulièrement élevées et des précipitations très faibles (Figure 8b).

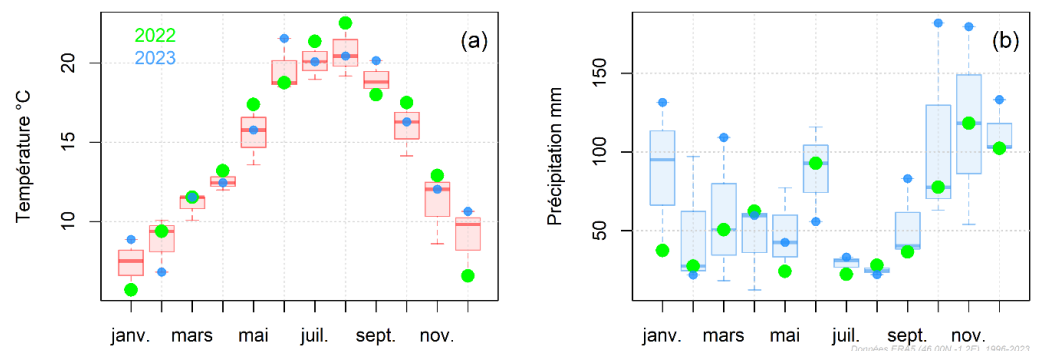


Figure 8 a) et b) : Positionnement interannuel des années 2022 et 2023 selon a) les températures atmosphériques et b) les précipitations (médiane et cumulés mensuels, respectivement).

En annexe 2, figure une description plus fine de ce contexte météorologique permettant ainsi d'illustrer la variance de chaque mois (Percentile25-Percentile75) ; Cette représentation illustre notamment la singularité des mois de mai, juillet, août 2022 tant en température atmosphérique (élevée) et précipitation (faible) pour les

deux premiers, ainsi que la température élevée de juin et septembre 2023. Sont également à noter les précipitations importantes relevées de septembre à décembre 2023 au regard de la médiane historique (Annexe 2).

4.2. Régime de vents

La comparaison des régimes de vents de 2022 et 2023 à ceux enregistrés depuis 1996 montre que ces deux années sont singulièrement différentes : la vitesse moyenne de 2022 s'inscrivant parmi les plus faibles de l'historique (4.38 m.s^{-1}) par opposition à celle de 2023 se situant parmi les plus fortes observées depuis 1996 (4.7 m.s^{-1}) (Figure 9)

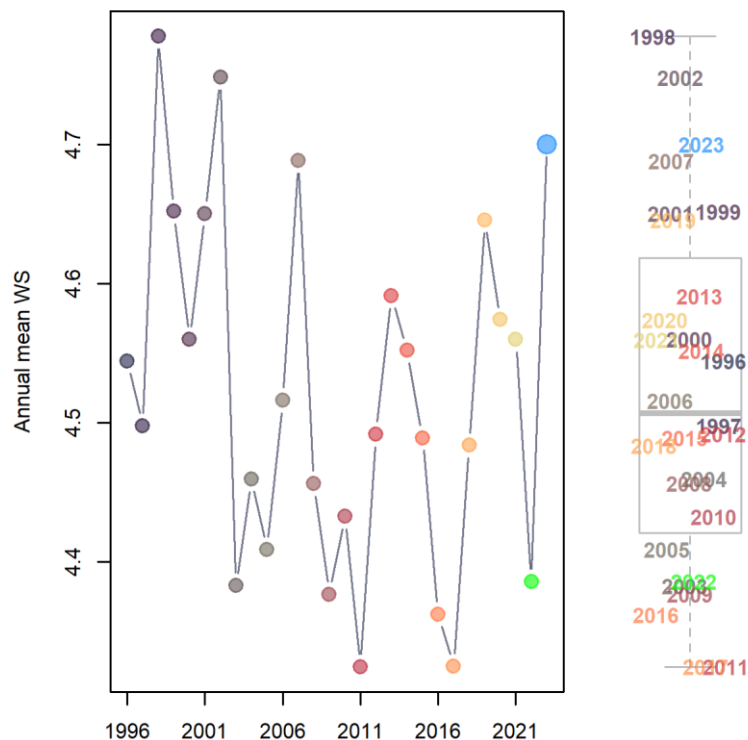


Figure 9 : Evolution et positionnement interannuel des vitesses annuelles de vents.

Au niveau saisonnier, les régimes de vents estivaux (période se distinguant par des patterns interannuels particuliers) présentent des singularités, notamment marquées par un régime de vent d'Est atypique en juillet et août 2022 et des vents d'Ouest à Nord-Ouest nombreux et particulièrement forts en août 2023 (Annexe 2).

4.3. Hydrologie

Ces conditions météorologiques se sont traduites au niveau hydrologique par des températures annuelles (médianes) élevées au regard de celles de la précédente décennie (Figure 10 – Température), notamment en 2022 (18°C / 2°C supérieur à la médiane interannuelle pour la station la plus centrale des Pertuis) sur l'ensemble des secteurs pris en compte. Quel que soit le secteur considéré, 2022 se révèle parmi les plus élevée thermiquement (2 à 3^e médiane les plus fortes depuis 1996). La tendance thermique s'exprimant à la baisse au cours des années 2000 (caractéristique aux Pertuis Charentais par rapport à celle globalement observée) s'explique notamment par l'effet de l'estuaire de la Gironde dont le panache est à l'origine d'une inversion

thermique due à la présence d'eaux plus froides et moins salées pendant les mois à forts débits (Costoya et al., 2015¹).

L'échelle saisonnière des températures rend compte d'un phénomène particulier en 2022. En effet, malgré l'été 2022 marqué par des températures atmosphériques très chaudes (juillet et août outliers de la série temporelle – Figure 8), les températures d'eau de surface présentent des valeurs « normales » voire plutôt basses (notamment à Le Cornard / Annexe 3 Température). Cet événement peut s'expliquer par le régime de vent d'Est observé sur cette période, ou la masse d'eau de surface dirigée vers le large est compensée par une remontée d'eau de fond plus froide, refroidissant ainsi les eaux de surface (phénomène d'upwelling). Ce phénomène de remontée des eaux de fond est généralement vecteur de matières dissoutes (dont nutriments) et particulaires susceptibles d'entraîner des développements microbiens singuliers comme le souligne entre autres Bode et al. (2011) ou Ferreira et al. (2021).

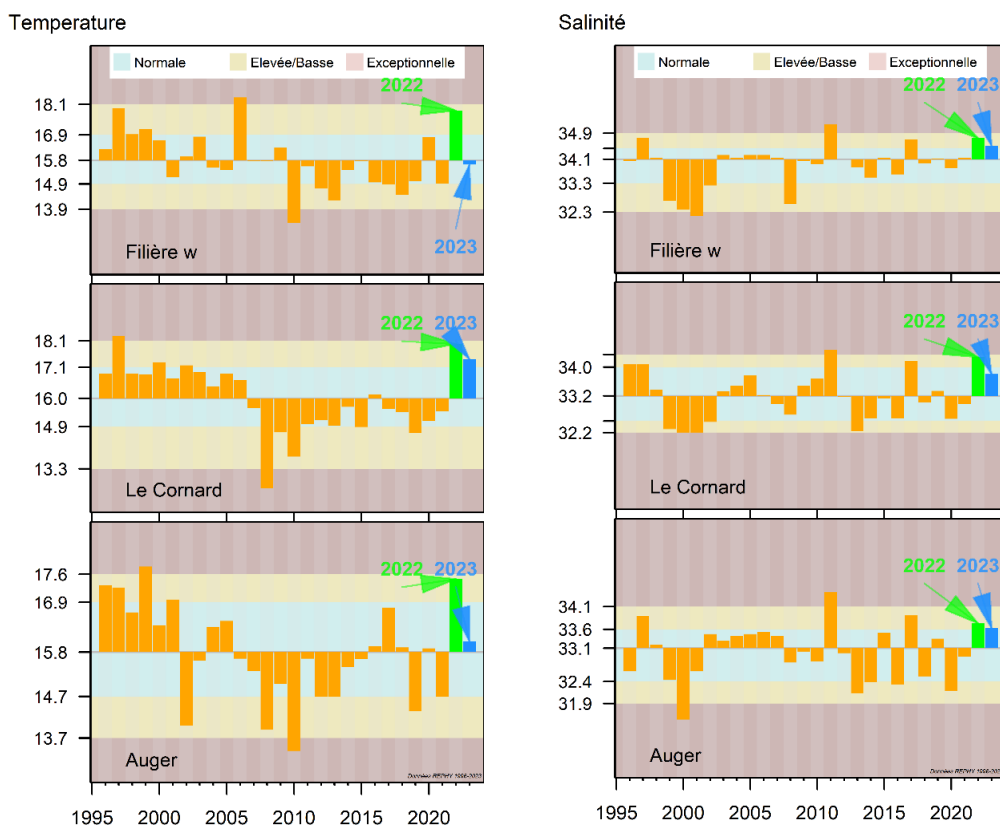


Figure 10 : Positionnement interannuel des médianes annuelles en température et en salinité mesurées en surface sur les stations REPHY Filière W, Le Cornard et Auger de 1996 à 2023

D'un point de vue salin, 2022 s'inscrit également parmi les années les plus salées depuis 1996 (exceptionnellement salée sur la station Le Cornard avec 34.3), en lien notamment avec la situation atmosphérique illustrée ci-avant, ou de nombreux mois sont déficitaires en termes de précipitation, notamment ceux de l'hiver et de l'automne, généralement très pluvieux (Figure 8). A l'échelle annuelle, 2023 ne présente pas de singularité saline au regard de l'historique considéré, néanmoins à l'échelle saisonnière un fort contraste est observé avec un automne particulièrement dessalé (Annexe 3 – Salinité). Outre cette situation automnale de 2023, les salinités de 2022 et 2023 présentent des profils printaniers et estivaux très similaires caractérisés par des valeurs plutôt élevées.

4.4. Suivi du phytoplancton

L'étude de la dynamique du phytoplancton (basée sur 6 Unités Taxonomiques – UT-dominantes répertoriées dans le cadre du projet Retroscope / Guesdon et al. (2021)) depuis 1996 montre que les périodes d'efflorescence principales s'inscrivent globalement dans celles généralement observées, qu'elles soient printanières, estivales ou automnales, exception faite de *Pseudo-nitzschia* dont l'efflorescence principale généralement printanière survient en automne 2022 et 2023 (Annexe 4). La dynamique de ces six UT's (au travers d'une analyse multivariée de type nMDS / Annexe 5) montre que les années 2022 et 2023 sont singulières au regard de l'histoire (bien que s'inscrivant dans la continuité de 2021), et marquées notamment par de fortes abondances en *Skeletonema spp* (au printemps), en *Chaetoceros spp* (en été) et de *Guinardia spp* (à l'automne). *Leptocylindrus spp* s'exprime de manière plus modérée en été par rapport aux cinq années précédentes. Le genre *Paralia* qui s'exprime généralement en hiver est présent quasiment toute l'année avec un pic de fortes abondances en début et fin d'année plus particulièrement en 2022 (son expression « toutes saisons » s'observe depuis seulement une dizaine d'années). A cette dynamique globale, vient s'ajouter des efflorescences spécifiques en 2022 (Figure 11) : un très long « bloom » à *Skeletonema spp* ainsi qu'une intense efflorescence à *Lepidodinium chlorophorum* donnant lieu à une eau colorée verte largement observée dans le pertuis d'Antioche en juillet 2022 (Annexe 6). Comme l'illustre la figure 12, ces événements apparaissent également significativement au niveau de la flore totale (abondance totale de tous les taxons de microphytoplancton observés dans le cadre du REPHY) : les « blooms » printaniers de 2022 et de 2023 apparaissent très précocement et s'étalent plus dans le temps que les années précédentes (plus de 2 mois avec des abondances totales > 400 000 cel.L⁻¹).

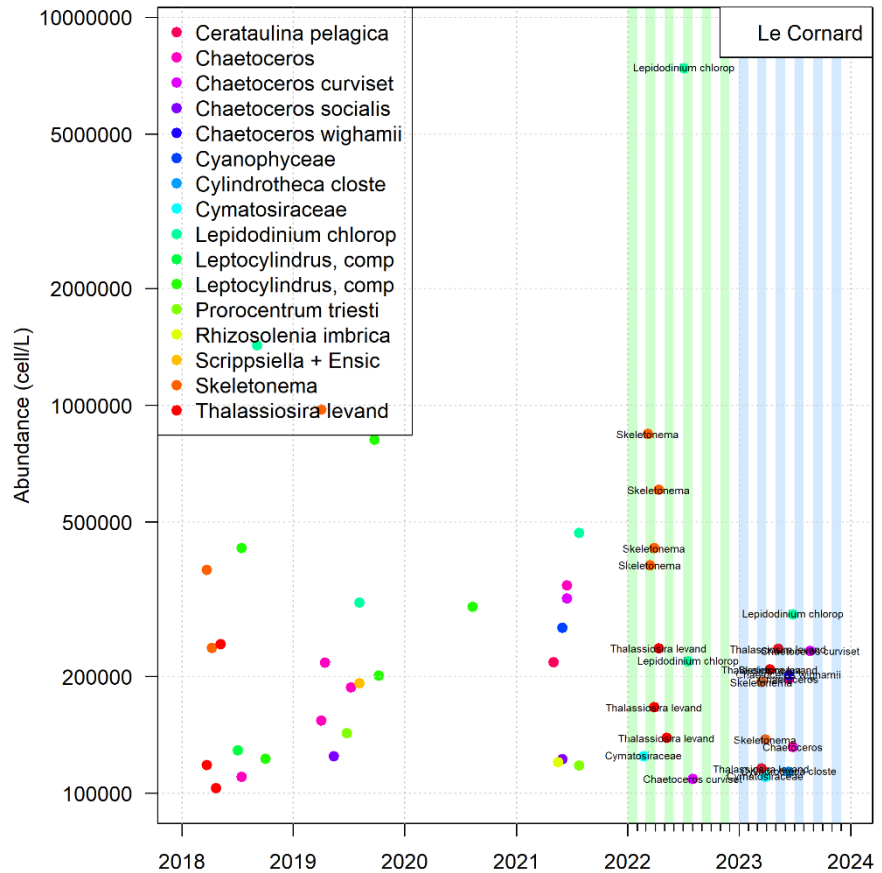


Figure 11 : « Blooms » spécifiques observés sur la station REPHY Le Cornard depuis 2018

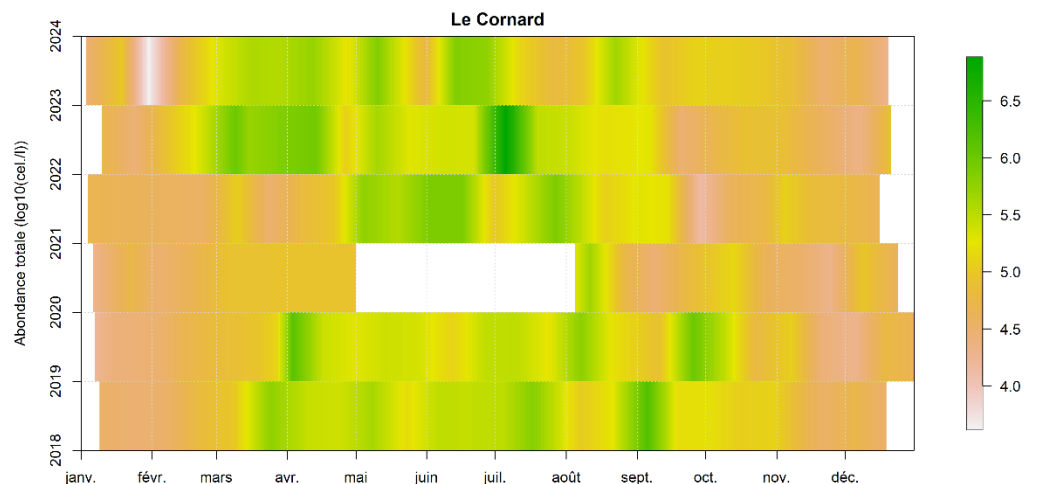


Figure 12 : Dynamique des abondances totales en microphytoplancton ($\log_{10}(\text{nb cel.})$, L-1) à la station Le Cornard de 2018 à 2023. Sur le graphique, le bloom à *Leptodinium* de juillet 2022 est repérable par la forte abondance totale de cellules phytoplanctoniques.

4.5. Analyse multivariée

L'intégration de l'ensemble de ces données (météorologiques et hydrobiologiques) dans une analyse multivariée (de type ATP³) montre que les années 2022 et 2023 sont particulièrement influencées par la température et la présence du genre phytoplanctonique *Paralia* (corrélation positive), et l'absence du genre *Pseudonitzschia* (Figures 13 a et b). Plus spécifiquement, 2022 apparaît également très lié à la salinité et la présence du genre *Skeletonema* (Figures 13 a et b, et 7c et d). Globalement, cette analyse montre la singularité de 2022 au regard de l'historique depuis 1996.

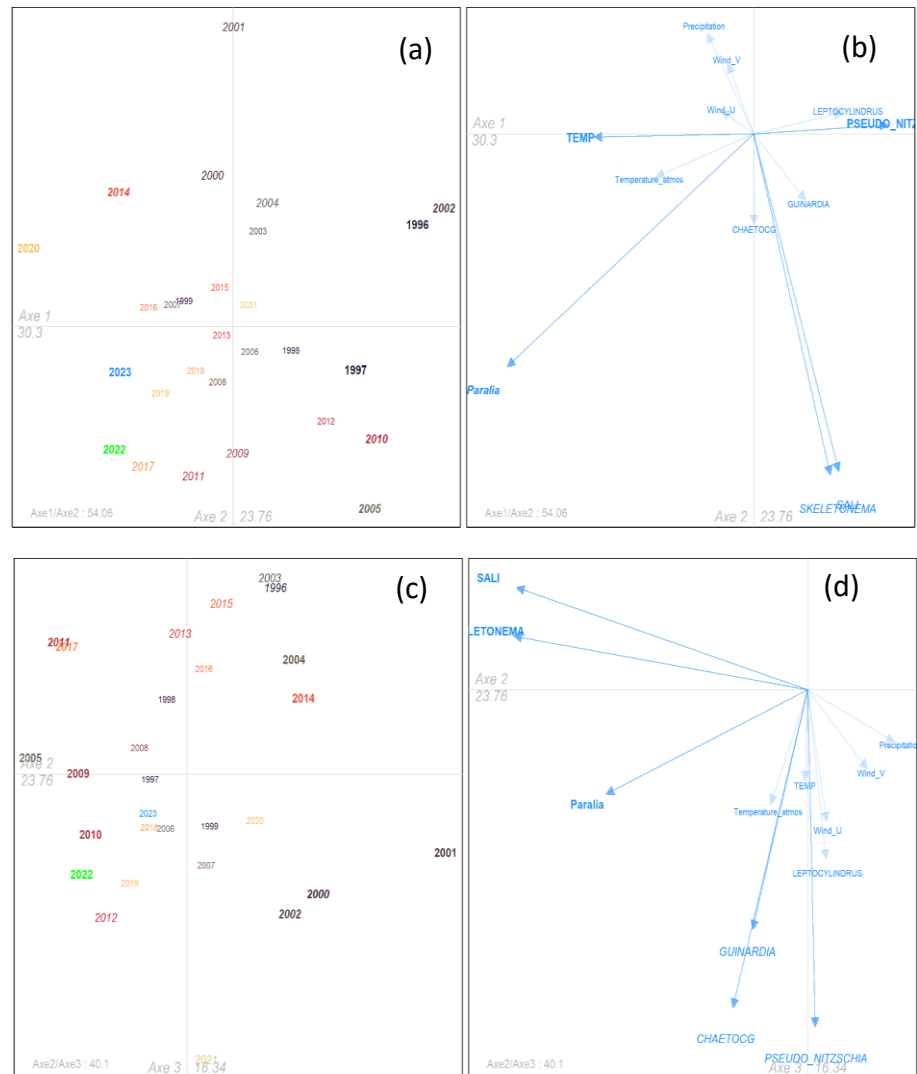


Figure 13 : Analyse triadique partielle sur l'ensemble des données environnementales (météorologiques et hydrobiologiques) : (a) et (b) pour les axes 1 et 2 (54% de variance exprimée), et, (c) et (d) pour les axes 3 et 4 (40,1 % de la variance exprimée), respectivement pour observations et variables.

5) L'exemple des pétoncles noirs en Rade de Brest : État des lieux depuis 2017

Les dragueurs coquilliers de la rade de Brest (32 licenciés en 2023) exploitent, d'octobre à mars, quatre espèces de coquillages en rade de Brest : la coquille St Jacques, la praire, l'huître plate et le pétoncle. Le débarquement des coquillages dragués représente plus de 30% du chiffre d'affaire de la criée. Les marins-pêcheurs sont aussi impliqués dans la récolte des algues au printemps et en été en mer d'Iroise.

Il est rappelé que : (1) la pêche à la coquille Saint Jacques est régulièrement fermée en raison d'un taux important d'ASP (phycotoxine amnésiante produite par la micro-algue *Pseudo-Nitzschia australis*) ; (2) la praire est exploitée en "remplacement" de la coquille Saint Jacques, mais les stocks sont bas et (3) jusqu'en 2018, les efforts de pêche se reportaient régulièrement sur l'huître plate et le pétoncle noir (pêchés par une drague de surface), mais les stocks se sont effondrés et un moratoire a été mis en place. En effet, en 2017 des mortalités anormales de pétoncles noirs ont été observées et trois pistes potentielles éventuellement complémentaires ont été identifiées (Pouvreau et al., 2018) :

- Dynamique des stocks et prédatons accrues ;
- Maladies infectieuses (bactériennes, virales et/ou parasitoses) ;
- Présence de phycotoxines et de contaminants chimiques.

5.1. Dynamique des stocks et prédatons accrues

Les stocks d'huîtres plates et de pétoncles sont dans un état considéré « faible » depuis plus de 30 ans. Les populations sont résiduelles. Cependant, si aucune évaluation exhaustive n'a été réalisée récemment, des informations ponctuelles ont pu être collectées pour l'huître plate (Pouvreau et al., 2021) et le pétoncle (Pouvreau et al., 2016 et plus récemment Pinsivy, 2023). Toutes ces informations montrent que les stocks sont au plus bas pour les deux espèces. Et dans ce contexte, il apparaît qu'une éventuelle hausse de la prévalence des parasites (*Bonamia ostreae* et *Marteilia refringens*) chez l'huître plate ou une prédation accrue sur le pétoncle (Pouvreau et al., 2016) pourraient constituer des causes potentielles d'une réduction supplémentaire des densités présentes sur le fond. Hors le pétoncle noir profite des coquilles d'huîtres plates pour s'abriter et Pouvreau et al. (2016) ont montré que le pétoncle ne peut s'installer en rade de Brest qu'en présence d'abris sur le fond. Sans abris, la prédation (notamment par les daurades royales, les crustacés et les étoiles de mer) apparaît si forte qu'un semis de 300 000 pétoncles pouvait simplement disparaître en quelques mois. Actuellement (projet MASCOET), il est démontré que les pétoncles « cachés » dans des abris naturels ou artificiels assurent correctement leur croissance et accomplissent leur cycle de vie. Il faut néanmoins noter que des suivis de croissance récents en différents secteurs de la Rade (Régnier-Brisson, 2024) semblent montrer des tailles maximales plus faibles que celles observées lors d'études plus anciennes (Conan & Shaffee, 1978). Ainsi la taille commerciale est rarement atteinte avant 3 ans contre seulement 2 ans dans les années 70. L'absence de supports en quantité suffisante sur le fond est l'une des causes clé avancée pour expliquer la faiblesse des stocks. Des projets de restauration écologique des fonds sont à l'étude et font l'objet d'expériences préliminaires dans le cadre du projet MASCOET.

5.2. Maladies bactériennes, virales et parasitaires

Concernant la piste des maladies, un prélèvement d'huîtres plates et de pétoncles a eu lieu le 11 décembre 2017 suite aux hausses de mortalité signalées au réseau de surveillance Repamo. Il est à noter que la majorité des individus prélevés et analysés étaient vivants (et non « moribonds ») en raison de la difficulté de prélever des animaux moribonds sur des gisements naturels. Concernant précisément les analyses réalisées sur les pétoncles, le virus OSHV-1 ainsi que les bactéries de l'espèce *Vibrio aestuarianus* et celles appartenant au groupe *Splendidus* n'ont pas été détectés. Des bactéries majoritaires non caractérisées ont été observées sur trois individus sur huit analysés. Il est souvent observé des cas de bactéries majoritaires, sans pour autant qu'il y ait un quelconque caractère pathogène. Les analyses histologiques n'ont pas révélé la présence d'organismes pathogènes réglementés. Il convient aussi de signaler que des spores de grégarines ont été observées sur la majorité des individus et des coccidies ont été observées sur cinq individus sur 15 analysés. Liées à la présence de ces parasites, des infiltrations hémocytaires focales à diffuses ont été observées sur la majorité des individus et des lésions de nécrose ont aussi été notées sur la moitié des individus analysés (7 sur 15 individus). Les grégarines sont des parasites du crabe (dont les hôtes intermédiaires peuvent être des bivalves) et les coccidies sont des parasites fréquents chez les pectinidés, là aussi de façon intermédiaire, sans que l'on connaisse l'hôte définitif.

5.3. Présence de contaminants chimiques

Les contaminants chimiques suivis par l'Ifremer dans les mollusques sont ceux qui sont retenus dans la réglementation internationale pour le suivi de la qualité sanitaire des denrées alimentaires (trois métaux : plomb, cadmium et mercure, HAP et composés de type dioxines) et pour le suivi de la qualité de l'environnement marin (métaux, pesticides organochlorés HAP, PCB). Dans une synthèse parue en 2017, après 35 années de suivi du réseau ROCCH (Chiffolleau, 2017), la rade de Brest est identifiée comme une région particulière, siège d'une contamination chimique détectée en plusieurs points, pour plusieurs contaminants métalliques. Les dosages **dans les sédiments** font en particulier apparaître un gradient de contamination depuis l'Aulne jusqu'au nord de la rade. Un rapport du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) permet de faire le lien avec une contamination des eaux du bassin versant amont de l'Aulne, en provenance du ruisseau d'Argent où se situent d'anciennes mines de plomb argentifères (Lemière *et al.*, 2002). Pour les niveaux relevés **dans les mollusques**, l'embouchure de l'Aulne se démarque très nettement avec des médianes de concentrations en cadmium et plomb respectivement 2,5 et 4 fois supérieures à la valeur nationale (Le Bec *et al.*, 2017) selon l'espèce considérée. Cette contamination récurrente peut être une cause de fragilisation des mollusques marins.

6) Conclusions

En conclusion de cette expertise, des mortalités atypiques des pétoncles dans les Pertuis Charentais, il ressort que :

- La prédation comme cause de mortalité anormale des pétoncles noirs dans les Pertuis Charentais est écartée.

- La mortalité est atypique en termes de quantité de coquillages morts et d'état des coquillages : mortalité massive et coquillages pêchés avec des coquilles vides fermées avec les valves collées.
- Les années 2022 et 2023 sont très différentes climatiquement et présentent des singularités à des périodes différentes par rapport à l'historique constaté depuis 1996 : périodes printanières et estivales pour 2022 (chaude et sèche) et l'hiver et l'automne pour 2023 (particulièrement pluvieuse).
- Des régimes de vents très particuliers en été pour 2022 et 2023, avec une expression différente propre à chacune d'elles (vents d'Est pour 2022 et vents d'Ouest à Nord pour 2023).
- La température de l'eau de surface et la salinité sont globalement élevées, particulièrement pour 2022.
- La phénologie du phytoplancton : les pics d'Unités Taxonomiques (UTs) dominantes du phytoplancton s'inscrivent généralement dans la dynamique des dernières années, exception faite de *Pseudonitzschia*. Le pic de présence de ce genre est décalé dans la saison puisqu'un pic automnal dominant est observé et le pic printanier est quasi absent en 2023.
- La dynamique singulière des UTs dominantes, tant en 2022 qu'en 2023, particulièrement marquée par des blooms printaniers (notamment à *Skeletonema*) précoces et long, des abondances faibles de *Leptocylindrus* en période très estivale et une présence de *Paralia* quasiment toute l'année
- Un important bloom à *Lepidodinium chlorophorum* a été observé début juillet 2022, donnant lieu à eau colorée (verte).
- Selon les analyses multivariées, les années 2022 et 2023 sont particulièrement influencées par la température de l'eau et la présence du genre phytoplanctonique *Paralia* (corrélation positive), et l'absence du genre *Pseudo-nitzschia*. L'année 2022 est très lié à la salinité et à la présence du genre *Skeletonema*.
- La présence de parasites protozoaires appartenant au phylum Apicomplexa et de bactéries proches du genre *Endozoicomonas*, a été observée. Ces agents ont déjà été décrits chez des pectinidés non nécessairement associés à des mortalités. En l'absence de données sur l'état zoosanitaire des gisements de pétoncles français, il est difficile de conclure sur leur impact réel.
- De nombreuses anomalies des cellules hématocytaires observées chez les pétoncles analysés qui pourraient les affaiblir. L'origine de ces anomalies n'a pas été identifiée.

Les conclusions de l'expertise réalisé ne nous permettent pas d'identifier à ce stade les causes directes des mortalités observées et nous amènent à poser des hypothèses en lien avec ces mortalités :

Les contextes météorologique et hydrologique des années 2022 et 2023 très particuliers pour les ressources biologiques, comme le souligne l'évolution de la structure du phytoplancton, nous amène à nous questionner sur les modifications des communautés microbiennes et leurs impacts. La dégradation du bloom à *lepidodinium* n'aurait-il pas pu générer un phénomène de fond (hypoxie lors de la reminéralisation) tel que présenté dans Roux et al, 2022. Lors de bloom à

lepidodinium, la production de Particules Exo-polymériques Transparentes (TEP), visqueuses et riches en carbone, peuvent-elles nuire aux bivalves comme proposé par Schapira et al, 2023 et Roux et al, 2024 et dans le cas des Pertuis impacter les pétoncles ? Par ailleurs, les contaminants chimiques du sédiment en contact avec les pétoncles auraient-ils pu fragiliser les coquillages ? L'investigation des contaminants permettrait de qualifier l'environnement chimique des coquillages. Enfin, la pression de pêche sur les gisements de pétoncles dans le contexte environnemental, sanitaire et zoosanitaire pourrait être investiguée pour répondre à la question de durabilité des stocks.

Afin de répondre à ces questionnements, des analyses complémentaires impliquant d'autres prélèvements ou étude seraient nécessaires pour étudier ces hypothèses et essayer notamment de déterminer l'origine des anomalies hémocytaires observées en croisant des données de l'environnement de la contamination chimique, biologique et des pathogènes.

Références

Arzul I., Nicolas J.-L., Davison A.J., Renault T., 2001. French scallops: a new host for ostreid herpesvirus-1. *Virology*, 290 : 342-349.

Bode, A., 2011. Decadal variability in chlorophyll and primary production off NW Spain. *Climate Research* 48, 293–305.

Cano I., van Aerle R., Ross S., Verner-Jeffreys D.W., Paley R.K., Rimmer G.S.E., Ryder D., Hooper P., Stone D., Feist S.W., 2018. Molecular Characterization of an *Endozoicomonas*-Like Organism Causing Infection in the King Scallop (*Pecten maximus* L.). *Appl Environ Microbiol.* 84(3).

Chiffoleau JF (2017). La contamination chimique sur le littoral Loire-Bretagne. Résultats de 35 années de suivi du Réseau d'Observation de la Contamination Chimique. RST.RBE-BE/2017.02.

Conan, G., Shafee, M.S., 1978. Growth and biannual recruitment of the black scallop *Chlamys varia* (L.) in lanveoc area, Bay of Brest. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 35, 59–71. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(78\)90090-4](https://doi.org/10.1016/0022-0981(78)90090-4)

Costoya, X., deCastro, M., Gómez-Gesteira, M., Santos, F., 2015. Changes in sea surface temperature seasonality in the Bay of Biscay over the last decades (1982–2014). *Journal of Marine Systems* 150, 91–101. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2015.06.002>

Ferreira, A., Brotas, V., Palma, C., Borges, C., Brito, A.C., 2021. Assessing Phytoplankton Bloom Phenology in Upwelling-Influenced Regions Using Ocean Color Remote Sensing. *Remote Sensing* 13, 675. <https://doi.org/10.3390/rs13040675>

Guesdon, S., Martin, L., Soletchnik, P., Soudant, D., Derolez, V., Gangnery, A., Bruneau, A., 2021. Evolution des communautés phytoplanctoniques du Bassin de Marennes-Oléron de 1995 à 2016. Colloque ILICO / EVOLECO 2021 - Evolution à Long terme des Ecosystèmes Côtiers. 2 – 5 novembre 2021, La Rochelle, France.

Hennache C, Oudot G, 2022. Suivi de l'abondance de pétoncles noirs (*Chlamys varia*) dans les pertuis charentais, 28 p

Hennache C, Oudot G, 2023. Suivi de l'abondance de pétoncles noirs (*Chlamys varia*) dans les pertuis charentais, 28 p

Kawahara M., Kanamori M., Meyer G.R., Yoshinaga T., Itoh N., 2018. *Francisella haliotidica*, identified as the most probable cause of adductor muscle lesions in Yesso scallops *Patinopecten yessoensis* cultured in southern Hokkaido, Japan. Fish Pathol 53:78–85.

Kristmundsson Á., Helgason S., Bambir S. H., Eydal M., Freeman, M. A., 2011. *Margolisiella islandica* sp. nov. (Apicomplexa: Eimeridae) infecting Iceland scallop *Chlamys islandica* (Müller, 1776) in Icelandic waters. J. Invertebr. Pathol. 108: 139–146.

Le Bec C, Boulben S, Terre-Terrillon A (2017). Qualité du Milieu Marin Littoral. Bulletin de la surveillance 2016. Département du Finistère. ODE/LITTORAL/LERBO/17-005. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00388/49888/>

Lemière B., Clozel B. et Charbonnier P. 2002. Etude de l'origine des pollutions métalliques naturelles du bassin versant de la rade de Brest, rapport BRGM.RP – 51566 –. FR, 28p. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-51566-FR.pdf>

Meyer G.R., Lowe G.J., Gilmore S.R., Bower SM., 2017. Disease and mortality among Yesso scallops *Patinopecten yessoensis* putatively caused by infection with *Francisella haliotidica*. Dis Aquat Org 125:79–84.

Pales Espinosa E., Bouallegui Y., Grouzdev D. Brianik C., Czaja R., Geraci-Yee S., Kristmundsson A., Muehl M., Schwaner C., Tettelbach S.T., Tobi H., Allam B., 2023. An apicomplexan parasite drives the collapse of the bay scallop population in New York. Sci Rep 13, 6655.

Pouvreau S, Huber M, Petton S, Le Roy V, Mingant C, Breton F, Sourget Q 2016. Diversification de la pêcherie de la RAde de Brest par l'étude de semis de Pétoncle Noir : le projet DIRAPEN. R.INT.BREST RBE/PFOM/PI 2016. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00363/47425/>

Pouvreau S, Garcia C, Terre-Terrillon A, Boulben S, Grouhel-Pellouin A, Le Bec C 2018. Saisine du 15 février 2018 - État des connaissances concernant les ressources coquillères en rade de Brest et sur les facteurs pouvant expliquer les mortalités de pétoncles noirs et d'huîtres plates. DGAL 75 - Direction Générale de l'Alimentation, Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, Paris, Ref. Ifremer : PDG/SL/18-011 - Expertise N°18.010, 14p., 11p. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00428/53913/>

Pouvreau S, Cochet H, Fabien A, Arzul I, Lapegue S, Gachelin S, Salaun B 2021. Inventaire, diagnostic écologique et restauration des principaux bancs d'huîtres plates en Bretagne : le projet FOREVER. Rapport final. Contrat FEAMP 17/2215675. <https://doi.org/10.13155/79506>

Régnier-Brisson L, 2024. Ecologie & dynamique de la croissance du pétoncle noir (*Mimachlamys varia*) en Rade de Brest. Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale.

Roux, P., Siano, R., Souchu, P., Collin, K., Schmitt, A., Manach, S., Retho, M., Pierre Duplessix, O., Marchand, L., Collicec Jouault, S., Pochic, V., Zoffoli, M.L., Gernez, P., Schapira, M., Souchu, P., Collin, K., Schmitt, A., Manach, S., Retho, M., Pierre Duplessix, O., Marchand, L., Collicec Jouault, S., Pochic, V., Zoffoli, M.L., Gernez, P., Schapira, M., 2022. Spatio-temporal dynamics and biogeochemical properties of green seawater discolorations caused by the marine dinoflagellate *Lepidodinium chlorophorum* along southern Brittany coast. *Estuarine Coastal And Shelf Science* 275. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.107950>

Roux, P., García-Corona, J.L., Ragueneau, S., Schapira, M., Siano, R., Pernet, F., Queau, I., Malestroit, P., Tallec, K., Fleury, E., 2024. Ecophysiological response of the cupped oyster *Crassostrea gigas* exposed to the green dinoflagellate *Lepidodinium chlorophorum*. *Aquaculture* 584, 740644. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740644>

Schapira, M., 2022. Spatio-temporal dynamics and biogeochemical properties of green seawater discolorations caused by the marine dinoflagellate *Lepidodinium chlorophorum* along southern Brittany coast. *Estuarine Coastal And Shelf Science* 275. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.107950>

Schapira Mathilde, Roux Pauline, Siano Raffaele, Glize Philippe, Gernez PIERRE, Fleury Elodie, Collin Karine, Retho Michael, Manach Soazig, Bouget Jean-Francois, Schmitt Anne, Pierre Duplessix Olivier, Le Merrer Yoann, Bizzozero Lucie, Souchu Philippe, Collicec Jouault Sylvia, Marchand Laetitia, Sinquin Corinne, Zykwinska Agata, Baron Regis, Treguier Cathy 2023. Les eaux colorées vertes à *Lepidodinium chlorophorum* et leurs conséquences sur les productions aquacoles en région Pays de la Loire : de l'acquisition de connaissances vers un futur système d'alerte (Projet Lepido-Pen). Ref. Rapport de fin de projet – AAP 2019 « Aquaculture – Pêche » de la région des Pays de la Loire – convention n°2019-06582 financé par la Région Pays de la Loire. R.ODE/UL/LER-MPL 23-05. Ifremer. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00851/96260/>

Weisburg WG, Barns SM, Pelletier DA, Lane DJ. 1991. 16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. *J Bacteriol* 173:697–703.

**Institut français de recherche
pour l'exploitation de la mer**
Établissement public à caractère
industriel et commercial.

Station de La Tremblade
Ronce Les Bains
17390 La Tremblade – France
+33 (0)5 46 76 26 10

Siège social
ZI de la Pointe du Diable CS 10070
29280 Plouzané, France
+33 (0)2 98 22 40 40

RCS Brest B 330 715 368
APE 7219 Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368

www.ifremer.fr
