

MYTILOBS CAMPAGNE 2021-2022

Réseau d'observation des moules d'élevage sur
la côte Atlantique et dans la Manche

• Edition 2023



Fiche documentaire

Titre du rapport : MYTILOBS Campagne 2021-2022, Réseau d'observation des moules d'élevage sur la côte Atlantique et dans la Manche	
Référence interne : RST ODE/UL/LERN/2023-11 Diffusion : <input checked="" type="checkbox"/> libre (internet) <input type="checkbox"/> restreinte (intranet) – date de levée d'embargo : AAA/MM/JJ <input type="checkbox"/> interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ	Date de publication : 12/04/2023 Version : 1.0.0 Référence de l'illustration de couverture : Contre-plongée sur un pieu de bouchot, Agon 2022 © IFREMER-LER/N Langue(s) : Français
Résumé/ Abstract : <p>Les résultats collectés au cours de la campagne 2021-2022 indiquent des taux de mortalité parmi les plus faibles observés depuis la création du réseau. Sur le site d'Agon, les proportions de mortalité sont retombées en 2022 à un niveau exceptionnellement bas, inférieur à 20%. Sur le site du Vivier, les mortalités ont légèrement augmenté en 2022 tout en restant proches de la moyenne interannuelle. Depuis 2 ans, les phénomènes de mortalité semblent avoir diminué d'intensité à Pont-Mahé, et ce sont seulement 13% de perte cumulée qui ont été observés au cours de la campagne 2022 du réseau. Sur les 2 sites des pertuis charentais, le réseau a mis en évidence des taux de mortalités significatifs (respectivement 24% et 37% pour l'Aiguillon et Boyard), qui n'ont toutefois pas atteint les taux records observés en 2014 et 2016.</p> <p>Les croissances observées sur les sites opérés par le réseau en 2022 se sont avérées légèrement supérieures à la moyenne interannuelle calculée sur la période 2014-2021. Comme c'est le cas chaque année, les meilleures croissances ont été observées sur le site de Pont-Mahé. Les croissances observées sur les sites d'Agon et du Vivier se sont avérées proches des moyennes interannuelles, suggérant que les conditions environnementales se sont avérées favorables à la croissance des moules au cours de l'année 2022 pour les sites situés au nord de l'estuaire de la Loire. A l'inverse, les performances de croissance observées sur les sites de l'Aiguillon et de Boyard sont les pires jamais observées depuis le déploiement du réseau.</p>	
Mots-clés/ Key words :	
Comment citer ce document : Normand Julien, Louis Wilfried (2023). MYTILOBS Campagne 2021-2022 : Réseau d'observation des moules d'élevage sur la côte Atlantique et dans la Manche. RST ODE/UL/LERN/2023-11	
Disponibilité des données de la recherche : Dépôt SEANOE en cours	

Commanditaire du rapport : Direction Générale des Affaires Maritimes, de la Pêche et de l'Aquaculture	
Nom / référence du contrat : Convention DGAMPA 2022 – IFREMER	
Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit : Réseau MYTILOBS	
Auteur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
Normand J. / Julien.Normand@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-N
Louis W. / Wilfried.Louis@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-N
Contributeur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
Le Gall P. / Patrik.Le.Gall@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-BN
Lejolviv A. / Aurore.Lejolviv@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-BN
Bouget JF. / Jean.Francois.Bouget@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-MPL
Costes L. / Louis.Costes@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-PC
Gueux A. / Aurore.Gueux@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-PC
Grizon J. / James.Grizon@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-PC
Seugnet JL. / Jean.Luc.Seugnet@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-PC
Deborde J. / Jonhatan.Deborde@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-PC
Malo F. / Florent.Malo@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-MPL

Sommaire

Contexte	7
1. Matériel et Méthodes	9
1.1 Présentation générale	9
1.2 Sites d'étude	9
1.3 Matériel biologique	10
1.4 Variables mesurées	11
1.4.1 Proportions de mortalité	11
1.4.2 Réalisation des biométries et des prélèvements	13
1.4.3 Mesures de la température et de la salinité	14
1.4.4 Comparaison des variations interannuelles et inter-sites	15
2. Résultats	16
2.1 Site d'Agon	16
2.2 Site du Vivier	18
2.3 Site de Pont-Mahé	21
2.4 Site de l'Aiguillon	23
2.5 Site de Boyard	26
3. Discussion	29
3.1 Mortalités	29
3.2 Croissance	30
3.3 Température et salinité de l'eau de mer	31
Références citées	32

Contexte

En France, les espèces natives de moules sont *Mytilus edulis* et *Mytilus galloprovincialis* qui forment des bancs naturels en zone intertidale et subtidale. L'isolement reproductif entre ces deux espèces n'est d'ailleurs pas complet, et de nombreux hybrides, plus ou moins introgressés, sont observés dans les zones de transition entre peuplements *M. edulis* et *M. galloprovincialis* (Bierne *et al.*, 2003).

L'accessibilité et les qualités nutritionnelles de cette ressource ont encouragé son exploitation par l'homme depuis la préhistoire comme en attestent de nombreuses preuves archéozoologiques (Stiner *et al.*, 2003). La production de moules s'est d'abord appuyée sur la cueillette, les individus pêchés étant éventuellement reparqués ultérieurement. L'essor de la culture sur pieu, puis en pleine eau au 20^{ème} siècle, a permis un contrôle plus complet du cycle d'élevage et la mytiliculture a supplanté la pêche pour la production de moules destinées à la consommation. Aujourd'hui, la mytiliculture se place au 2^{ème} rang des productions conchylicoles françaises, au 1^{er} plan européen en valeur et au 2^{ème} rang européen en volume. Selon les statistiques du Ministère de l'Agriculture, 620 entreprises exerçaient cette activité en 2020, pour une production annuelle de 61 200 tonnes équivalentes à 137 759 k€ (Agreste, 2022). La première région mytilicole de France est la Bretagne nord (27 294 tonnes en 2020), suivie par la Normandie et les Hauts-de-France (11 860 t en 2012), la région Poitou-Charentes (7 826 t), la Bretagne sud (5 279 t), la Méditerranée (5 539 t), les Pays-de-Loire (2 971 t) (Agreste, 2022). Le cycle d'élevage dure entre 1 et 2 ans : le captage du naissain sur corde intervient en fin de printemps de l'année *n-1*, et, dans la plupart des sites, les premières moules sont mises sur le marché en fin de printemps ou début d'été de l'année *n*. Sur les côtes de l'Atlantique, de la Manche et de la Mer du Nord, l'élevage s'effectue principalement sur des pieux en zone intertidale ou sur des filières de pleine eau.

L'observation biologique des moules d'élevage a suscité de nombreux travaux, depuis les études fondatrices menées en France sur la reproduction des bivalves (Lubet, 1959) jusqu'au réseau d'observation des contaminants Mussel Watch piloté par la National Oceanic and Atmospheric Administration des Etats Unis d'Amérique¹, qui a ensuite été décliné dans de nombreux pays. En France, différents programmes d'observation ont pu être opérés par Ifremer au cours des années précédentes : le réseau REMOULA, qui constitue un précurseur au MYTILOBS, a ainsi permis l'acquisition de données d'observation dans les Pertuis Charentais entre 2000 et 2006 (Robert *et al.*, 2007). Parallèlement, la surveillance des maladies des moules sur l'ensemble du littoral a été assurée par les réseaux REPAMO et REPAMO2 (Lupo *et al.*, 2017). Depuis 2012, le réseau MYTILOBS constitue le dispositif national d'observation des moules d'élevage mis en œuvre par l'Ifremer. Ces observations sont complétées par d'autres réseaux en région, animés par les différents acteurs de l'interprofession : Centres Techniques, Comités professionnels et Bureaux d'études.

Jusqu'à une date récente, la mytiliculture n'était pas touchée par des phénomènes de mortalités massives comme ceux affectant l'ostréiculture française et la problématique principale pour cette filière était celle de l'amélioration des performances de croissance (Rodriguez, 2013). Depuis 2014 toutefois, des mortalités massives, vraisemblablement dues à une maladie infectieuse (Pépin *et al.*, 2017), ont été observées. Elles ont été rapportées principalement dans les secteurs d'élevage de Charente-Maritime, de Vendée, et de Bretagne nord et plus récemment dans les Hauts de France. Concomitamment, des phénomènes de

¹ National Centers for Coastal Ocean Science, 2022: National Status and Trends: Mussel Watch Program, <https://www.fisheries.noaa.gov/inport/item/39400> (consulté en ligne le 25/04/2022)

mortalité massive semblent avoir également affectés de nombreux bancs d'individus sauvages, dont certains d'intérêt halieutique.

La mise en œuvre du réseau d'observation repose en grande partie sur la capacité des opérateurs locaux à se déplacer sur le terrain et sur les infrastructures de recherche et d'observation associées (concessions expérimentales sur le domaine public maritime, véhicules et bateaux, base de données, etc.). Ce dispositif sert également de support à différentes actions de surveillance et de recherche.

1. Matériel et Méthodes

1.1 Présentation générale

Le protocole du MYTILOBS est inspiré par celui du REMORA (Littaye-Mariette, 1994 ; Fleury et al., 1998), adopté au début des années 1990 pour l'observation des performances d'élevage des huîtres, et qui sert également d'ossature à l'actuel observatoire national conchylicole (Fleury et al., 2018) et à différents réseaux opérés localement par des partenaires scientifiques d'Ifremer. Ceci permet la comparaison des données acquises par ces différents dispositifs au cours des années.

Pour la campagne 2021-2022 du MYTILOBS, ce protocole a consisté à déployer à la même date, différents sous-échantillons d'un même lot de naissain sur l'ensemble des sites opérés par le réseau. Le déploiement des moules est intervenu au début du mois d'octobre 2021 pour un relevage final en décembre de l'année 2022 (Tableau 1). Le protocole prévoyait que des prélèvements et des mesures soient ensuite successivement réalisés tous les mois entre janvier et décembre 2022 sur ce cheptel « sentinelle » afin de documenter l'évolution mensuelle des mortalités, de la croissance et du remplissage (Tableau 1). En parallèle, des sondes de mesure des paramètres de l'environnement devaient être déployées sur ces mêmes sites afin de permettre une première caractérisation de l'environnement d'élevage (Tableau 1). Les paramètres enregistrés par ces sondes (hauteur d'eau, température, salinité) ont fait l'objet d'une acquisition toutes les 15 minutes, et les sondes devaient être relevées tous les mois pour être déchargées de leurs données, nettoyées, et ré-étalonnées. Des routines de traitement de données ont été développées, et devaient également permettre la production d'un bulletin mensuel d'information sur l'évolution des mortalités à destination des scientifiques, des gestionnaires, des producteurs, et de leurs élus (Tableau 1).

Tableau 1 : Calendrier des opérations

	2021			2022											
	Octobre	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	Décembre
Cheptel sentinelle	Première biométrie et déploiement sur les sites			Comptages et biométries mensuels											Relevage final
Sonde	Rotations mensuelles														
Bulletins	Edition mensuelle														

1.2 Sites d'étude

Les sites suivis par le réseau étaient, en 2022, au nombre de 5, déployés sur des zones de production mytilicole de la façade atlantique et de la Manche (Figure 1.A). Depuis la création du réseau, le secteur du Pertuis d'Antioche a pu accueillir ainsi 1 à 2 points de suivi, sur les sites de Yves et Boyard. Les suivis effectués sur le site de Yves ont dû être interrompus en 2022 mais le protocole a pu être mis à nouveau en œuvre sur le site de Boyard, qui n'avait pas fait l'objet d'observations depuis 2018. Les 4 autres sites du réseau opérés au cours de la campagne 2022 du réseau font l'objet d'observations en continu depuis 2014. Parmi ceux-ci

figurent un point situé sur une concession mytilicole de la Baie de l'Aiguillon, le point de Pont-Mahé, situé sur une concession mytilicole de la Baie de Vilaine, le site du Vivier en Baie du Mont Saint-Michel et le site d'Agon sur la côte ouest du Cotentin qui sont tous 2 hébergés sur des concessions expérimentales concédées à Ifremer. Tous ces sites sont situés dans des secteurs où se pratique l'élevage sur bouchot. Dans la mesure du possible, les pieux de bouchot équipés ont été choisis en essayant de minimiser les différences inter-sites pour le temps d'émersion qui conditionne notamment l'accès à la nourriture des individus (Tableau 2).

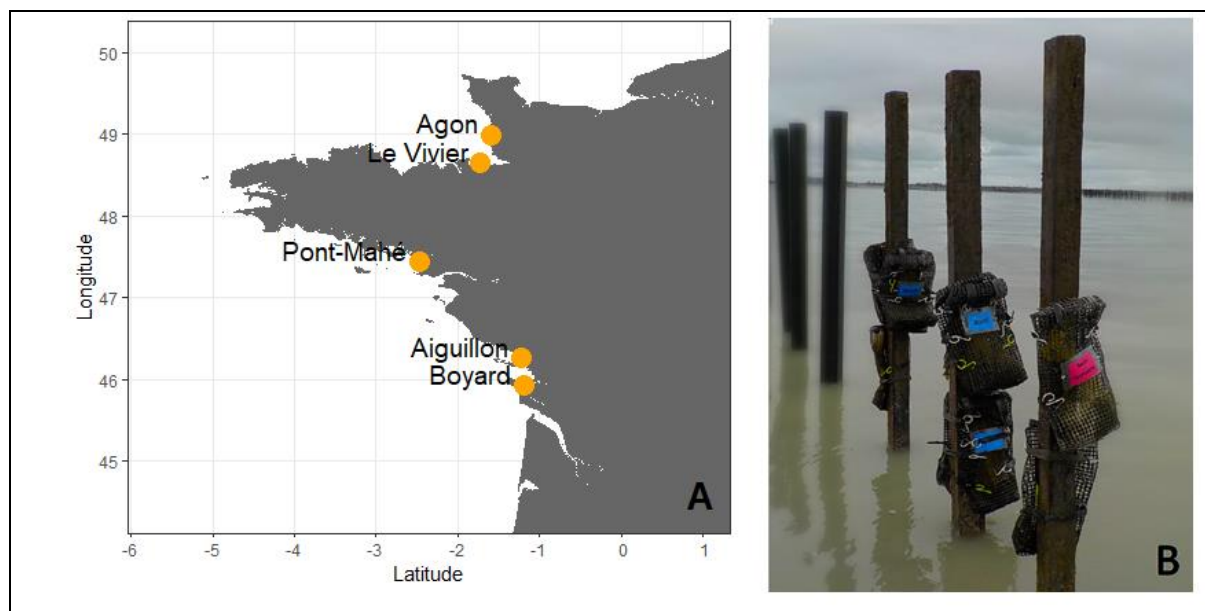


Tableau 2 : Sites opérés par le MYTILOBS, localisation, structure d'élevage et accès.

Site-atelier	Lat.	Long.	Elevage	Prop. du temps passé en immersion (en %)	Hauteur d'eau max. (en m)	Accès
Agon	48,993	-1,598	Bouchot	80,4	11,17	A pied
Le Vivier	48,648	-1,722	Bouchot	90,7	12,16	En bateau
Pont-Mahé	47,438	-2,476	Bouchot	79,4	5,49	En bateau
Boyard	45,572	-1,214	Bouchot	76,1	5,03	En bateau
Aiguillon	46,263	-1,221	Bouchot	80,2	5,23	En bateau

1.3 Matériel Biologique

Le naissain de moule utilisé pour la campagne 2021-2022 du réseau provenait d'un captage sur corde du Pertuis Breton. Les individus ont d'abord été calibrés manuellement entre 3,5 et 4 cm à la fin du mois d'octobre 2021 et un sous-échantillon de 50 individus a été prélevé. Les moules de ce sous-échantillon ont ensuite fait l'objet des mesures décrites dans la partie 1.4.2, ainsi que de mesures de la largeur et de l'épaisseur, pour obtenir une première série de mesures qualifiant son état physiologique lors de son déploiement.

Les moules ont ensuite été réparties dans des poches confectionnées à partir de poches ostréicoles (Figure 1.B) et contenant chacune n= 200 individus, avant d'être expédiées dans chacun des sites à raison de 15 poches minimum par site :

- 13 poches de « prélèvement mensuel » destinées à être prélevées à chaque passage de janvier à décembre 2022,
- 1 poche de « suivi de la mortalité » pour les comptages sur site,
- 1 poche de réserve.

Les poches ont ensuite été fixées à des pieux tel que représenté sur la Figure 1.B.

1.4 Variables mesurées

1.4.1. Proportions de mortalité

Lors de chaque passage sur chacun des sites, les dénombrements ont été effectués *in situ* sur les poches de suivi de mortalité. Ce sont ces résultats qui sont présentés dans la suite du document, ainsi que dans tous les bulletins mensuels d'information. Les dénombrements ont été réalisés de la manière suivante : le contenu de la poche a été transféré dans une bassine pour permettre le comptage et les individus vivants ont ensuite été dénombrés. Pour la station d'Agon, la prédation par les bigorneaux perceurs de l'espèce *Nucella lapillus* entraîne tous les ans de fortes mortalités (Figure 2). Pour ce site et pour chaque poche, le nombre de paires de valves vides ne montrant aucune perforation a également été déterminé, ainsi que le nombre de paires de valves vides montrant au moins une perforation liée à l'action des perceurs.



Figure 2 : Valves de moules montrant une perforation causée par *Nucella lapillus*.
Crédit photo : J. Normand, Ifremer.

La proportion de mortalité entre 2 passages consécutifs a été estimée telle que :

$$p(x)_n = V_n / (V_n + M_n - MP_n)$$

- Avec $p(x)_n$: Proportion de mortalité entre le passage n et le passage $n-1$
- V_n : Nombre d'individus vivants par poche au passage n
- M_n : Nombre d'individus morts de causes autres que la prédation par poche au passage n (paire de valves vides ne présentant pas de perforation)
- MP_n : Nombre d'individus morts de prédation par les bigorneaux perceurs par poche au passage n (paire de valves vides présentant au moins une perforation)

La proportion de mortalité journalière $p_j(x)_n$ a été obtenue en divisant la proportion de mortalité $p(x)_n$ par le nombre j de jours entre le passage n et le passage $n-1$.

La proportion de mortalité enregistrée entre le passage, et la mise à l'eau a été estimée par la formule suivante :

$$P(x)_n = 1 - [(1 - P(x)_{n-1}) \times (1 - p(x)_n)]$$

- Avec $P(x)_n$: Proportion de mortalité depuis la mise à l'eau du cheptel au passage n
- $P(x)_{n-1}$: Proportion de mortalité depuis la mise à l'eau du cheptel au passage $n-1$
- $p(x)_n$: Proportion de mortalité entre le passage n et le passage $n-1$

Dans la suite de ce rapport, les proportions sont toujours exprimées en pourcentages de l'effectif initial mis à l'eau.

1.4.2. Réalisation des biométries et prélèvements

A chaque passage sur le terrain et pour chacun des sites, une poche de prélèvement mensuel a été rapportée au laboratoire pour réaliser des biométries et des prélèvements. Un dénombrement des individus vivants contenus dans la poche, des morts de cause indéterminée, et du fait de la prédation par les gastéropodes a été réalisé selon le protocole décrit ci-dessus. Les biométries ont été réalisées sur un échantillon de 50 individus prélevés aléatoirement dans la poche.

Les 50 individus ont été identifiés individuellement, et pour chacun, les opérations suivantes ont été réalisées :

- pesée de la moule entière et fermée (1/100^{ème} de g) ;
- mesure de la longueur droite au pied à coulisse (1/10^{ème} de mm) ;
- décoquillage et observation de la présence de crabes pinnothères ;
- séchage pendant 24h et pesée de la masse de coquille sèche (1/100^{ème} de g) ;
- congélation des chairs (ensemble des tissus mous) et lyophilisation (lyophilisateur pendant 72h) ou déshydratation (étuve à 60°C pendant 48h) puis pesée des chairs lyophilisées ou déshydratées (1/100^{ème} de g).

Calcul des indicateurs biométriques

A l'issue des mesures et des pesées, les indicateurs suivants étaient alors disponibles ou ont pu être calculés pour chacun des sites, et chacun des passages :

- Longueur droite de chaque individu (L) ;
- Masse des chairs déshydratées de chaque individu (M_{ch}) ;
- Masse de coquille de chaque individu (M_{coq}) ;
- Indice de remplissage de Walne et Mann (Walne et Mann, 1975) de chaque individu, calculé tel que : $IC_{W\&M} = 1000 \times M_{ch} / M_{coq}$;
- Masse moyenne d'un individu entier (M_{tot}) ;
- Indice de Lawrence et Scott (Lawrence et Scott, 1982) moyen, calculé tel que :

$$IC_{L\&S} = 1000 \times M_{ch} / (M_{tot} - M_{coq}).$$

1.4.3 Mesures de la température et de la salinité sur le terrain

A l'exception du site de Filière, les sites du MYTILOBS ont tous été équipés de sondes STPS 30-SI ou WiSens CTDS (NKE Instrumentation) permettant l'acquisition continue de données (hauteur d'eau, salinité et température) à un pas de temps de 15 minutes (Figure 3). Ces sondes ont été relevées à chaque passage sur le site pour être nettoyées, et déchargées de leurs données. Elles ont également fait l'objet d'un étalonnage, et d'un ajustage si celui-ci s'avérait nécessaire. Afin d'assurer une acquisition en continu du signal, une rotation a été effectuée de manière à ce que la sonde relevée soit remplacée par une sonde vérifiée.

Pour la campagne 2021-2022, la gestion de ces sondes et la métrologie ont été réalisées par les laboratoires de métrologie du LER-PC de la Tremblade et du LER-N de Port-en-Bessin.



Figure 3 : Sonde d'enregistrement STPS.
Crédit photo : J. Normand, Ifremer.

Les données brutes acquises ont ensuite été nettoyées et corrigées afin d'éliminer les mesures prises à l'air libre, ou lorsque la sonde se trouvait dans le ressac en fin de jusant et début de flot. La procédure suivante a été adoptée :

- la première étape a consisté à recalibrer le signal de profondeur pour que les mesures prises à l'air (lorsque la sonde est exondée) coïncident avec une profondeur de 0 mètre ;

- un premier filtre a ensuite été appliqué à l'ensemble des données afin d'éliminer toutes les mesures de température et salinité prises alors que la sonde était immergée à moins de 50 cm de profondeur ;
- un second filtre a ensuite été appliqué à l'ensemble des données afin d'éliminer toutes les mesures prises alors que la sonde mesurait des salinités inférieures à 5 g.L⁻¹ ;
- les données corrigées ont été bancarisées dans une table dédiée, et une moyenne journalière de température et salinité a été calculée.

1.4.4 Comparaison des variations interannuelles et inter-sites

Les comparaisons interannuelles et inter-sites des proportions de mortalité et de la croissance, présentées au chapitre 3 de ce rapport ont nécessité quelques étapes analytiques supplémentaires. En effet, certaines observations n'avaient pas pu être collectées au cours des campagnes précédentes du fait de mortalités importantes ayant conduit à la disparition entière du cheptel expérimental, ou d'aléas météorologiques ayant empêché la réalisation des prélèvements. D'autre part, selon les années et les sites, le dernier passage de la campagne annuelle avait pu être effectué au début comme à la fin du mois de décembre.

Ces 2 problèmes compliquaient grandement les comparaisons des performances de croissance et de survie qui devaient, pour être valides, être effectuées à la même date pour chacun des sites lors de chacune des campagnes annuelles.

Des modèles de l'évolution de la longueur et de la mortalité en fonction du temps ont donc été ajustés aux données disponibles afin d'estimer la valeur de ces paramètres pour les dates pour lesquelles l'information s'avérait manquante. Ces modèles étaient des sigmoïdes

$$X_t = \frac{a}{1 + \exp^{-b \times (t-c)}}$$

d'équation :

Avec X_t , la longueur en mm ou la proportion de mortalité au temps t , exprimé en jour julien depuis la mise à l'eau, et a , b et c les paramètres de la courbe.

La procédure d'optimisation BGFS (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno), basée sur la méthode de quasiNewton, a été utilisée pour estimer chaque jeu de paramètres a , b et c (Nash, 2014). Une fois ajustés, ces modèles ont ensuite permis d'estimer la longueur moyenne d'une moule et la proportion moyenne de mortalité au 1^{er} décembre de l'année considérée, pour chacun des sites. Il faut noter ici que cette procédure d'estimation a induit un lissage des séries annuelles collectées pour la mortalité, et pour la croissance en longueur, et que les estimateurs produits au 1^{er} décembre de l'année considérée s'avèrent donc parfois un peu différents de la donnée brute obtenue par comptage, ou par mesure, à une date comprise entre le 1^{er} et le 31 décembre de cette même année.

D'autre part, un nouveau lot de moules a été acheté chaque année, afin de servir de cheptel sentinelle pour la campagne annuelle du réseau. Selon que les conditions d'élevage, ou que les conditions hydrologiques et météorologiques estivales s'étaient avérées plus ou moins favorables à la croissance, les moules achetées étaient plus ou moins grosses et le jeu de données a naturellement révélé une certaine variation interannuelle de la taille au début de la campagne annuelle. Or, il est connu que le taux de croissance des individus est négativement corrélé à leur taille. De telles différences dans les tailles initiales devaient donc produire un biais sur les croissances observées, qui devait être corrigé afin de permettre la comparaison entre les sites et les années. Une droite de régression a donc été ajustée entre les valeurs moyennes par campagne de longueur à la mise à l'eau et celles estimées au 1^{er} décembre par

site et par campagne. Les variations de taille à la mise à l'eau se sont avérées expliquer 32% de la variance totale de la longueur atteinte en fin de campagne.

Ce sont donc les résidus de cette variation qui ont été ensuite utilisés, et qui sont présentés, pour la comparaison interannuelle et inter-sites de la croissance.

2. Résultats

2.1 Site d'Agon

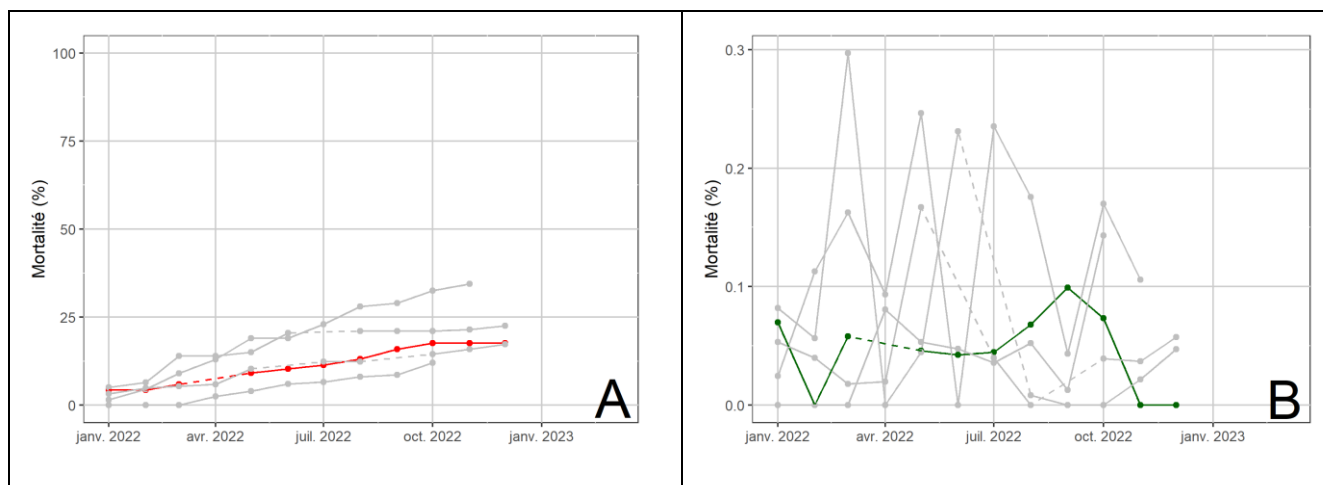


Figure 4 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentages, sur le site d'Agon, **A)** Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau, **B)** Mortalité journalière.

Les mortalités observées en 2022 sur le site d'Agon se sont avérées très faibles, atteignant finalement 18 % lors du dernier comptage effectué en décembre 2022 (Figure 4.A). La progression des mortalités s'est avérée régulière et monotone tout au cours de la campagne (Figure 4.B).

La croissance des moules à Agon s'est révélée dans la moyenne de celles observées sur les autres sites (Figures 5.A et 5.B), avec une longueur moyenne de 36,6 mm et une masse de 5,02 g au mois de décembre 2022. L'évolution des indices de conditions a montré un amaigrissement hivernal modéré, comparativement à celui observé sur les secteurs de l'Aiguillon et de Boyard (Figures 5.C et 5.D). Les indices de Walne et Mann et de Lawrence et Scott ont atteint leurs valeurs minimales au mois de mars (respectivement, 112 et 51). Comme sur les autres sites, cette période a été suivie d'une période au cours de laquelle le remplissage a fortement cru avant de se stabiliser au printemps entre 175 et 215 pour l'indice de Walne et Mann et 99 et 120 pour l'indice de Lawrence et Scott).

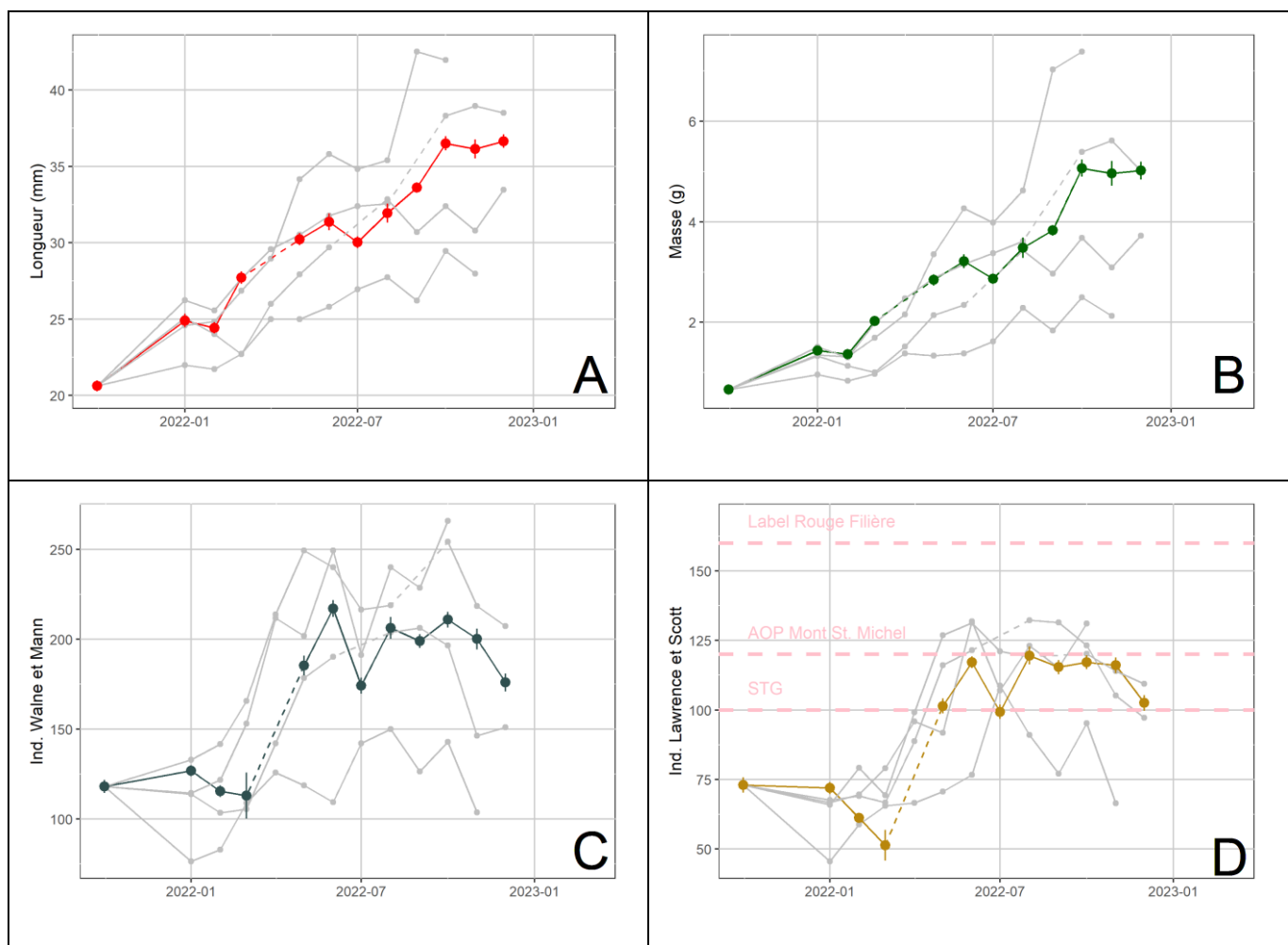


Figure 5 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site d'Agon, moyenne \pm erreur-standard, **A)** Longueur droite (en mm), **B)** Masse totale (en g), **C)** Indice de Walne et Mann (sans unité), **D)** Indice de Lawrence et Scott (sans unité). Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

A l'échelle nationale, l'année 2022 s'est avérée exceptionnellement chaude, ensoleillée, et peu arrosée (Météo France, 2023) et l'évolution des paramètres hydrologiques sur la station d'Agon reflète cette situation (Figure 6.A). L'épisode inédit de chaleur survenu fin mai y a entraîné une hausse brutale de la température de l'eau de mer, après un début d'année proche des moyennes décennales. Les températures moyennes journalières se sont ensuite avérées très proches des maximales mesurées sur la période 2014-2021. Elles les ont occasionnellement dépassées lors des épisodes de chaleurs intenses qui ont ensuite affecté la France en juin, juillet et fin octobre.

Les apports d'eau douce sont généralement très faibles sur le site d'Agon, et la salinité y est, par conséquent, importante et stable, très généralement supérieure à 30 g.L⁻¹ (Figure 6.B). Toutefois, les salinités moyennes observées sur le site en 2022 témoignent d'une absence totale d'anomalie pluvieuse excédentaire sur toute la campagne annuelle ce qui reste assez inhabituel et illustre le déficit hydrique exceptionnel rapporté par MétéoFrance.

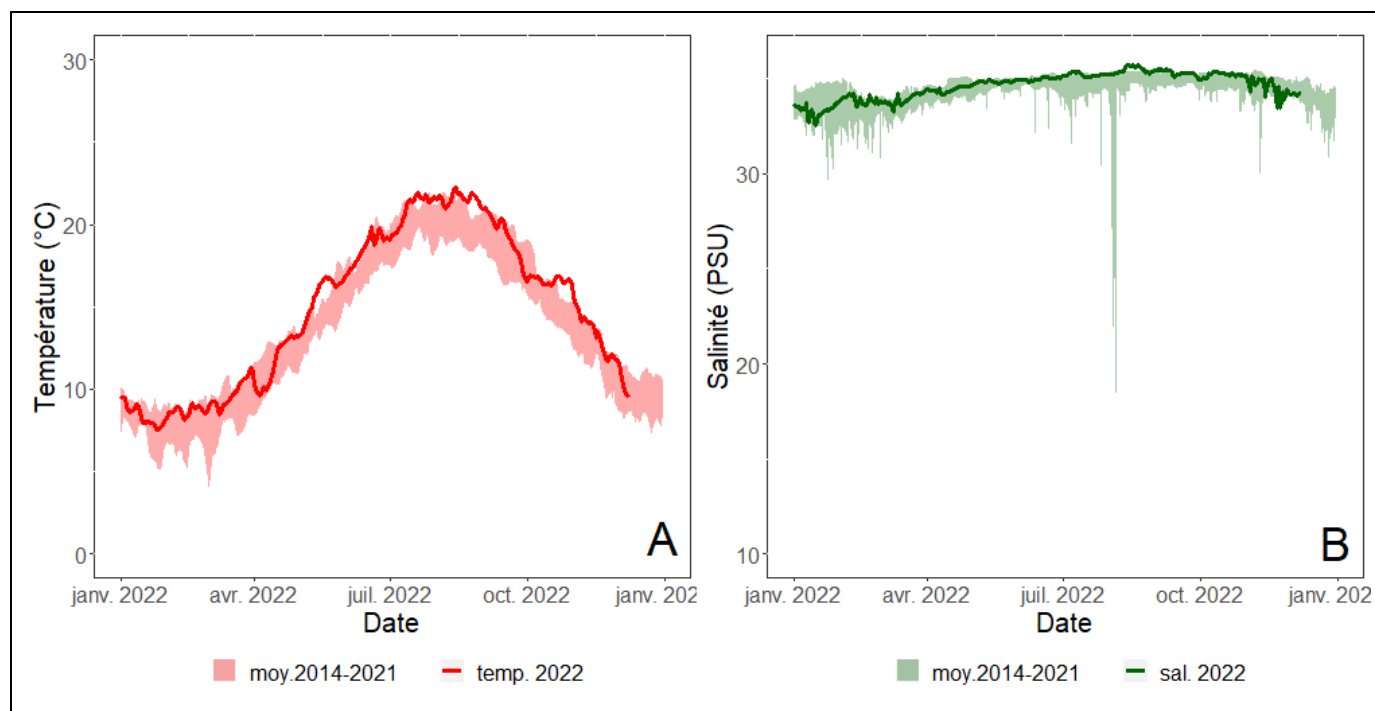


Figure 6 : Evolution au cours du temps et sur le site d'Agon **A)** de la température de l'eau de mer (moyenne journalière en °C) et **B)** de la salinité (moyenne journalière en g.L-1).

2.2 Site du Vivier

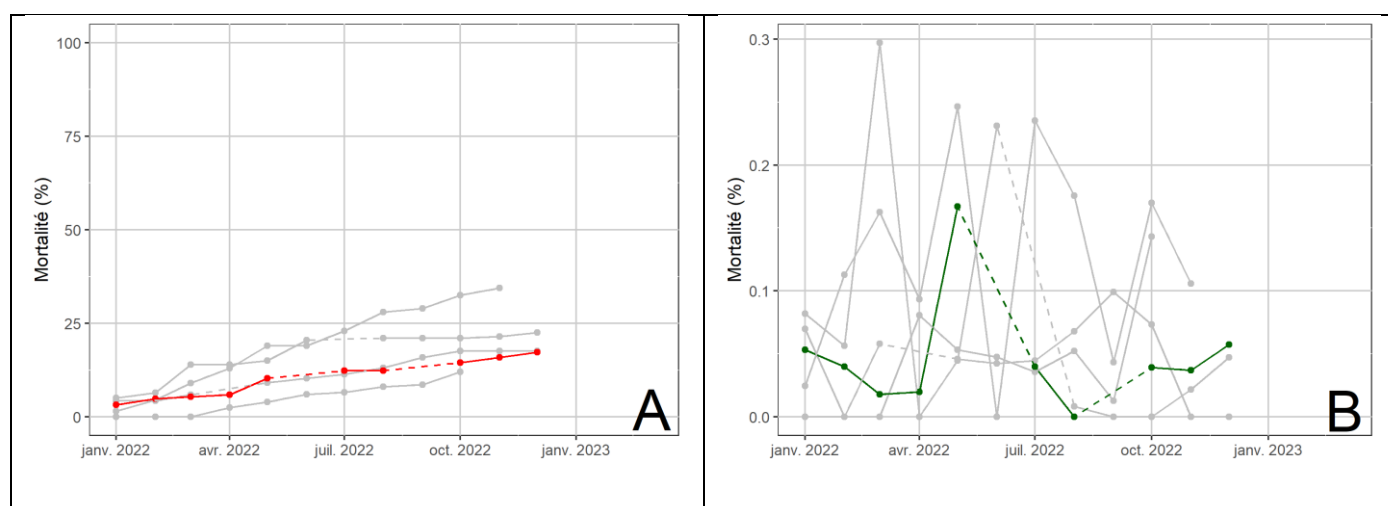


Figure 7 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentages, sur le site du Vivier, **A)** Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau, **B)** Mortalité journalière.

Comme c'est le cas depuis 2014, les mortalités observées sur le site du Vivier-sur-mer sont restées très modérées. Au mois de décembre, elles avaient affecté 17% de l'effectif initial (Figure 7.A). Les mortalités journalières sont également restées très modérées, ne dépassant la valeur de 0,1 % qu'à une seule occasion, au mois de mai 2022. (Figure 7.B).

En 2021, la croissance des moules sur le site du Vivier s'est avérée soutenue. La croissance en longueur et en masse s'est avérée globalement monotone sur la période d'étude (Figures

8.A et 8.B). A la fin de celle-ci, les moules mesuraient en moyenne 38 mm et pesaient 5 g. Les indicateurs du remplissage des individus ont montré l'absence d'amaigrissement hivernal des individus, et l'augmentation rapide du remplissage au cours entre les mois de février et mai (Figures 8.C et 8.D). A partir de cette date, l'indice de Walne et Mann est resté compris entre 200 et 250 et l'indice de Lawrence et Scott s'est avéré supérieur au niveau requis pour la STG, proche de celui requis pour l'AOP. L'atteinte par les moules d'un tel niveau de remplissage, si précocement, reste inhabituel pour ce site.

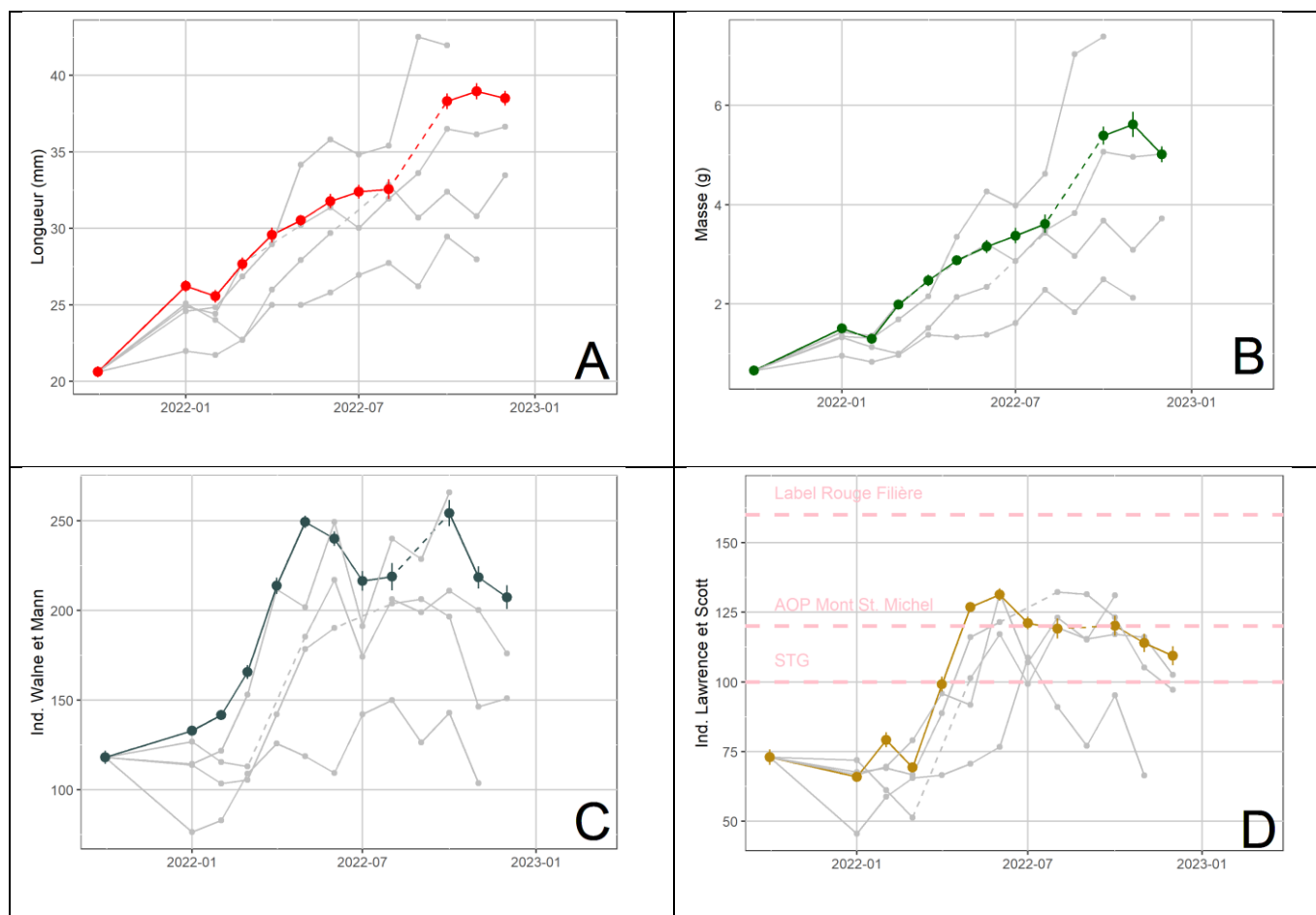


Figure 8 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site du Vivier, moyenne \pm erreur-standard, **A)** Longueur droite (en mm), **B)** Masse totale d'un individu (en g), **C)** Indice de Walne et Mann (sans unité), **D)** Indice de Lawrence et Scott (sans unité). Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

L'évolution des paramètres hydroclimatiques suit, sur le site du Vivier, une dynamique proche de celle observée sur le site d'Agon puisque ces 2 secteurs sont peu distants l'un de l'autre géographiquement, et tous 2 baignés par les eaux de la Manche Ouest.

Sur le site du Vivier, comme sur l'ensemble des sites, les températures mesurées ce sont révélées particulièrement chaudes. Dès le mois de février, les températures de l'eau de mer se sont rapprochées des maximales mesurées sur la période 2014-2021 (Figure 9.A). Elles ont fugitivement plongé au mois d'avril, à la suite d'un épisode froid et tardif mais dès le mois de mai, elles sont remontées à la faveur de vagues de chaleur successives essuyées en mai, juillet, août, et jusqu'au mois d'octobre (Météo France, 2023). Ce n'est qu'au mois de décembre que les températures ont finalement plongé en deçà de 5°C, à la suite d'un épisode de froid intense qui a affecté la façade entre le 8 et le 12 décembre.

Sur toute la période comprise entre le mois de janvier, les salinités mesurées se sont avérées stables, tous jours supérieures à 30 g.L⁻¹ ce qui est habituel sur ce site qui reste peu soumis aux apports d'eau douce. Les salinités mesurées se sont toutefois avérées proches des minimales relevées sur la période 2014-2021, traduisant la situation particulière du site du Vivier au regard de la situation nationale. En effet, alors que l'ensemble du territoire métropolitain affichait un déficit hydrique marqué, la Bretagne nord a profité de précipitations légèrement excédentaires sur cette période (Météo France, 2023). Le mois de juin s'est avéré excessivement pluvieux, induisant des dessalures relativement fortes, inhabituelles en Baie du Mont Saint Michel. Un deuxième épisode de fortes dessalures estivales a également été observé pendant la dernière quinzaine d'août. Il coïncide avec le passage de violents orages accompagnés de pluies diluviennes. Enfin, les perturbations actives qui ont affecté la péninsule armoricaine au mois de décembre ont entraîné de forts apports d'eau douce dans la Baie, entraînant des dessalures inhabituellement importantes sur le site du Vivier.

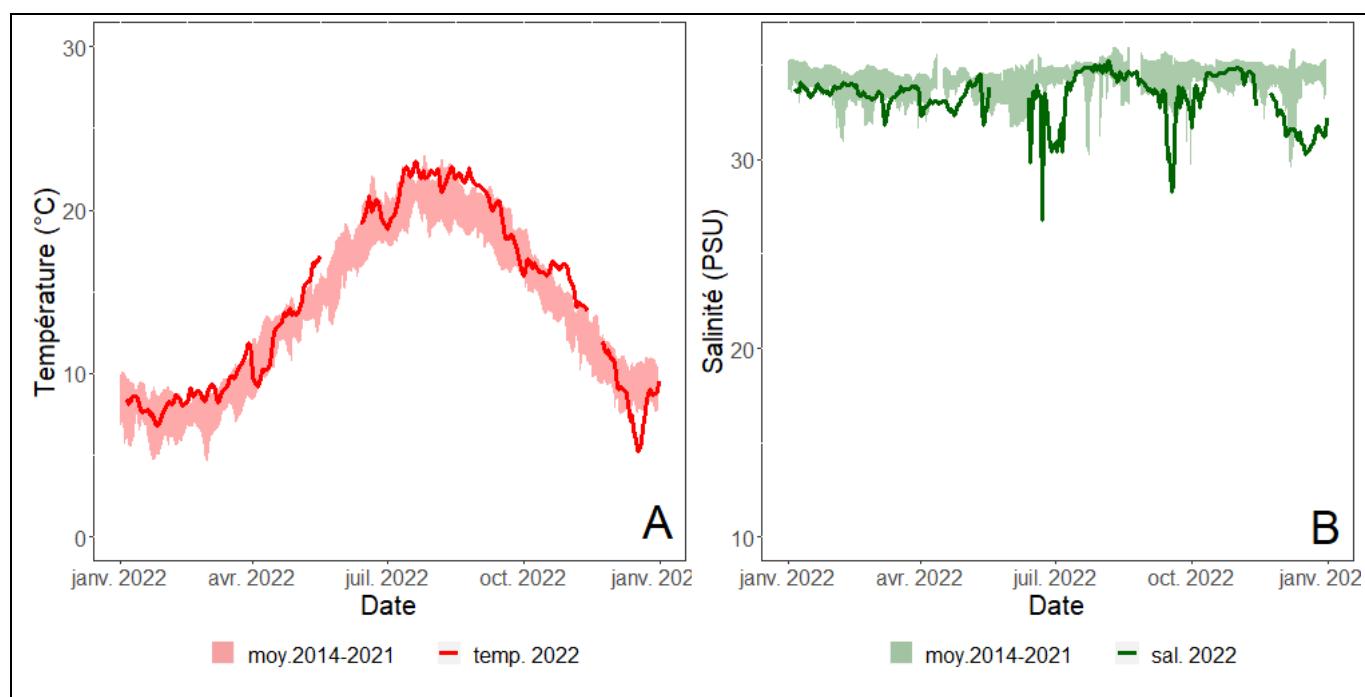


Figure 9 : Evolution au cours du temps et sur le site du Vivier **A)** de la température de l'eau de mer (moyenne journalière en °C) et **B)** de la salinité (moyenne journalière en g.L⁻¹).

2.3 Site de Pont-Mahé

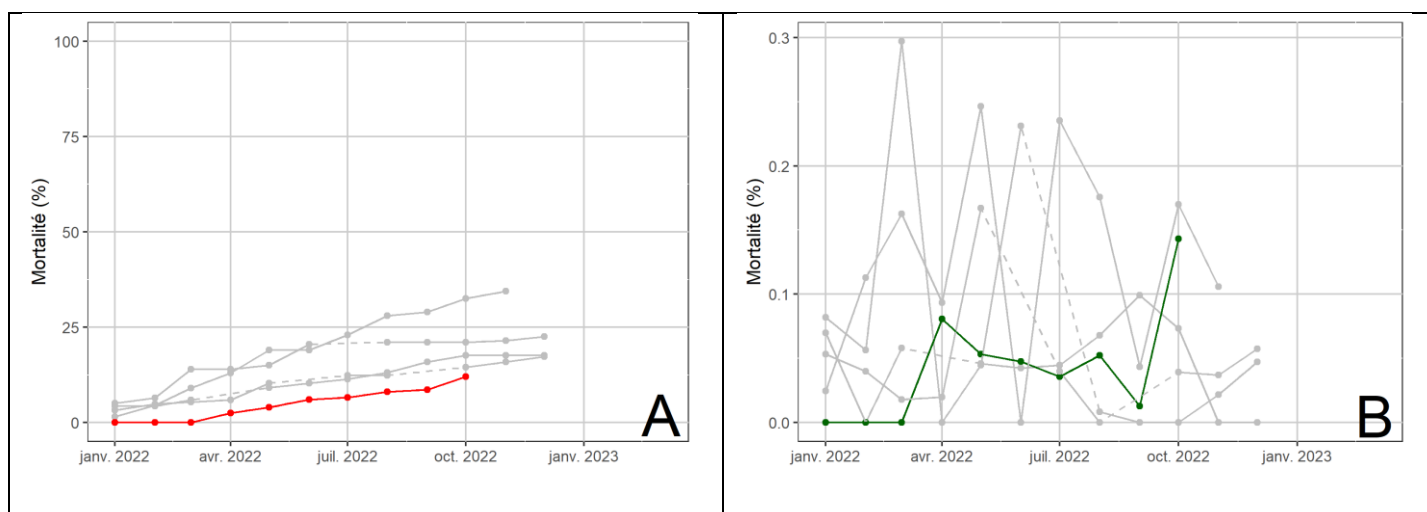


Figure 10 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentages, sur le site de Pont-Mahé, **A)** Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau, **B)** Mortalité journalière. Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Sur le site de Pont-Mahé, les mortalités se sont avérées très faibles pendant l'année 2022. Des mortalités comprises entre 0,01 et 0,14 $\%.jr^{-1}$ (Figures 10.B) ont toutefois affecté le cheptel expérimental, conduisant à des mortalités cumulées de 12% au mois d'octobre 2021 (Figures 10.A).

Sur ce site, et comme cela avait pu être observé au cours des campagnes précédentes, les moules ont présenté une croissance soutenue tout au long de l'année. La longueur moyenne et la masse ont ainsi présenté une augmentation sensible dès le mois de janvier 2022, avec une nette accélération à partir de mars (Figures 11.A et 11.B). A l'issue de la campagne, les moules atteignaient en moyenne 41,98 mm pour 7,38 g, classant Pont-Mahé comme le site présentant les meilleures croissances parmi ceux opérés par le réseau en 2022.

Alors qu'en 2021, les moules avaient connu sur ce site une fort amaigrissement hivernal, les indices de conditions ont montré une relative stabilité au cours de l'hiver 2022 sur le site de Pont-Mahé, avec des valeurs proches de toujours supérieures à 110 pour l'indice de Walne et Mann et 65 pour celui de Lawrence et Scott (Figures 11.C et 11.D). Le remplissage des individus a brusquement augmenté au mois de mars, atteignant un premier maximum en juin avec des valeurs de 267 et 131 pour les indices de Walne et Mann et Lawrence et Scott respectivement. Un second maximum a également été atteint en octobre, date du dernier passage effectué sur le site dans le cadre de la campagne 2022. En juin, juillet, septembre, les chutes successives des valeurs des 2 indices de condition suggèrent des épisodes d'émission gamétiques (Figures 11.C et 11.D).

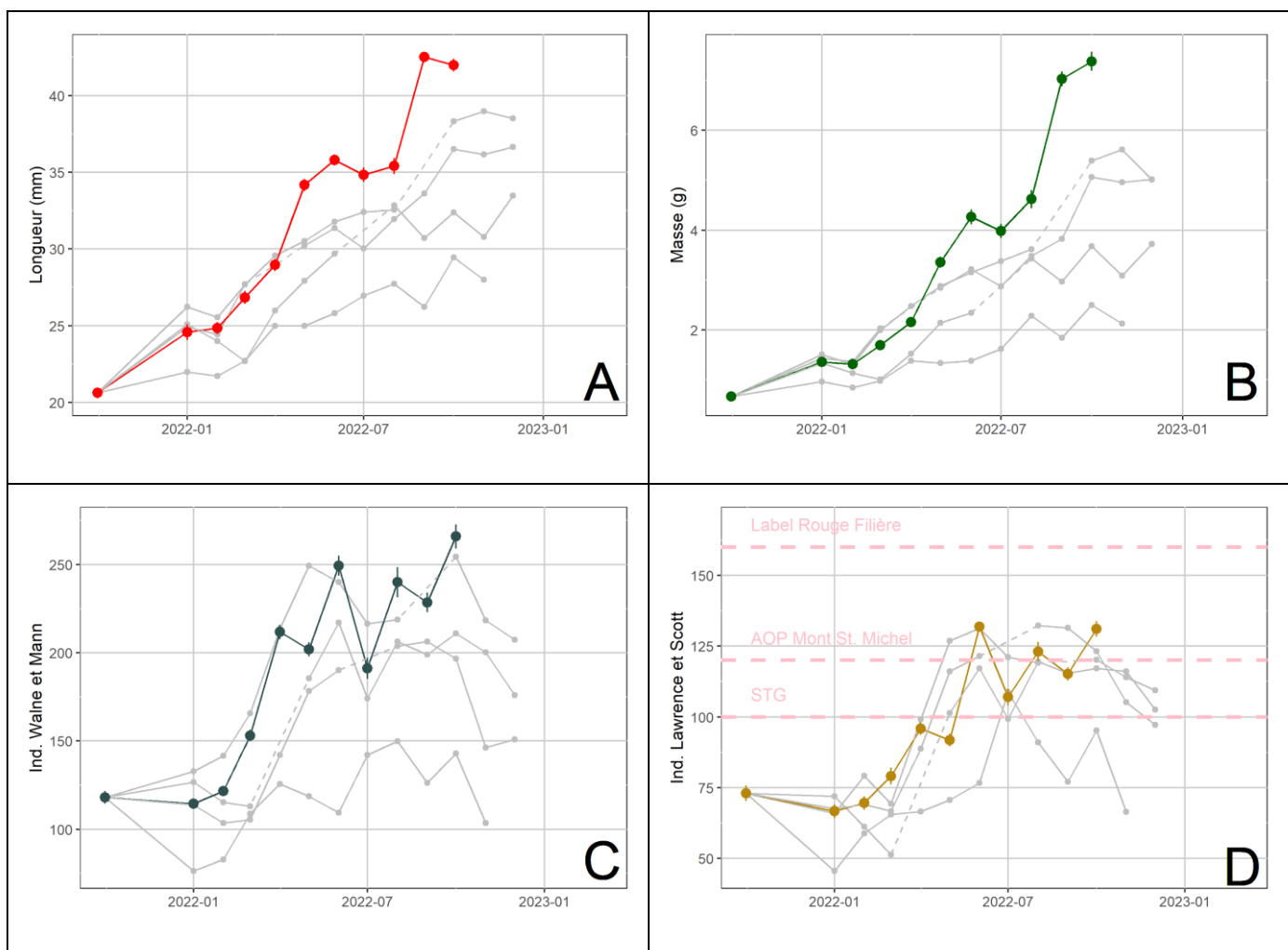


Figure 11 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de Pont-Mahé, moyenne \pm erreur-standard, **A)** Longueur droite (en mm), **B)** Masse totale (en g), **C)** Indice de Walne et Mann (sans unité), **D)** Indice de Lawrence et Scott (sans unité). Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Sur le site de Pont-Mahé, les températures ont montré une évolution très similaire à celle observée sur le site du Vivier. Elles sont montrées globalement proches des maximales observées sur la période 2014-2021 (Figure 12.A), dépassant occasionnellement celles-ci lors des épisodes de chaleurs de la deuxième quinzaine de mai, du début juillet, et de la fin octobre (Météo France, 2023). Les valeurs ont montré deux chutes très significatives fin juillet, et mi-décembre, qui coïncident avec les passages de plusieurs perturbations portant des fronts froids particulièrement actifs.

Le site de Pont-Mahé étant directement soumis aux apports du bassin versant de la Vilaine, l'observation de dessalures hivernales y est habituelle. L'année 2022 a ainsi été caractérisée par une chute relativement modérée de la salinité en hiver, (Figure 12.B), alors que la Bretagne sud connaissait un déficit hydrique réel, mais bien inférieur à celui qui était enregistré sur le reste du territoire métropolitain (Météo France, 2023). Dès le mois d'avril toutefois, les valeurs de salinité se sont rapprochées des maximales enregistrées sur la période 2014-2021, dépassant même les maximales historiques en fin d'année.

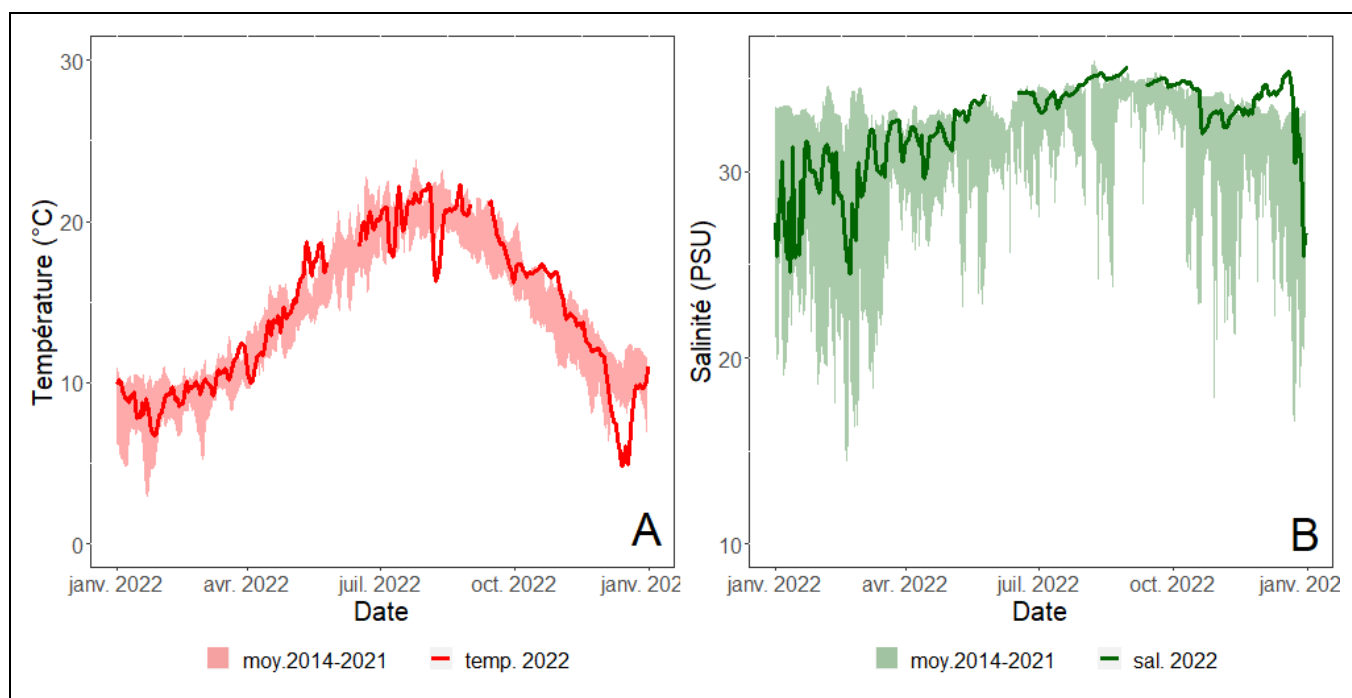


Figure 12 : Evolution au cours du temps et sur le site de Pont-Mahé **A)** de la température de l'eau de mer (moyenne journalière en °C) et **B)** de la salinité (moyenne journalière en g.L⁻¹).

2.4 Site de l'Aiguillon

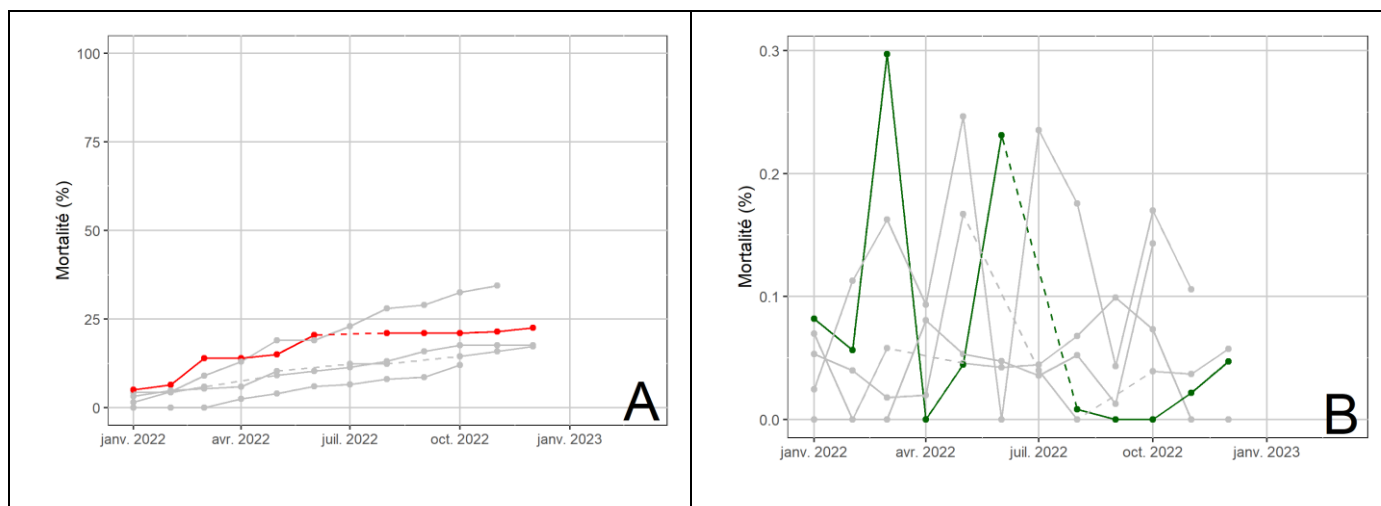


Figure 13 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentages, sur le site de l'Aiguillon, **A)** Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau, **B)** Mortalité journalière. Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Les mortalités observées sur le site de l'Aiguillon se sont avérées relativement faibles en 2022 (Figures 13.A), au regard des niveaux exceptionnels atteints en 2014 et 2016 (respectivement, 98 % et 79 %). A la fin de la campagne, au mois de décembre 2022, ces mortalités avaient atteint 22 % de l'effectif initial. Les mortalités journalières sont restées inférieures à 0,1 % pendant la majeure partie de la période d'observation (Figure 13.B), ne dépassant ce seuil qu'à 2 occasions en mars et mai.

Les longueurs et masses individuelles mesurées sur le site de l'Aiguillon sont restées proches de la moyenne inter-sites pendant toute la période d'observation jusqu'à la fin de l'été. Pendant la période de croissance, l'augmentation de la longueur moyenne et de la masse semble avoir été relativement monotone. A partir de l'automne, la croissance des individus semble avoir diminué très fortement sur ce site particulièrement (Figures 14.A et 14.B). Pour l'échantillon prélevé au mois de décembre 2021, la longueur moyenne individuelle atteignait 33,5 mm pour une masse moyenne de 3,72 g.

Contrairement à ce qui avait pu être observé en 2021, l'évolution des indices de condition n'a pas suggéré d'amaigrissement hivernal. Les 2 indices de condition sont restés stables entre la mise à l'eau et le prélèvement de mars, compris entre 105 et 126 pour l'indice de Walne et Mann, et entre 66,7 et 73 pour l'indice de Lawrence et Scott (Figures 14.C et 14.D). A partir du mois de mai toutefois, les indices de condition ont brutalement cru et les valeurs sont restées élevées sur toute la période estivale : proches de 200 pour l'indice de Walne et Mann et de 125 pour l'indice de Lawrence et Scott. Le brutal amaigrissement observé en novembre 2022 suggère un épisode d'émission gamétique tardif.

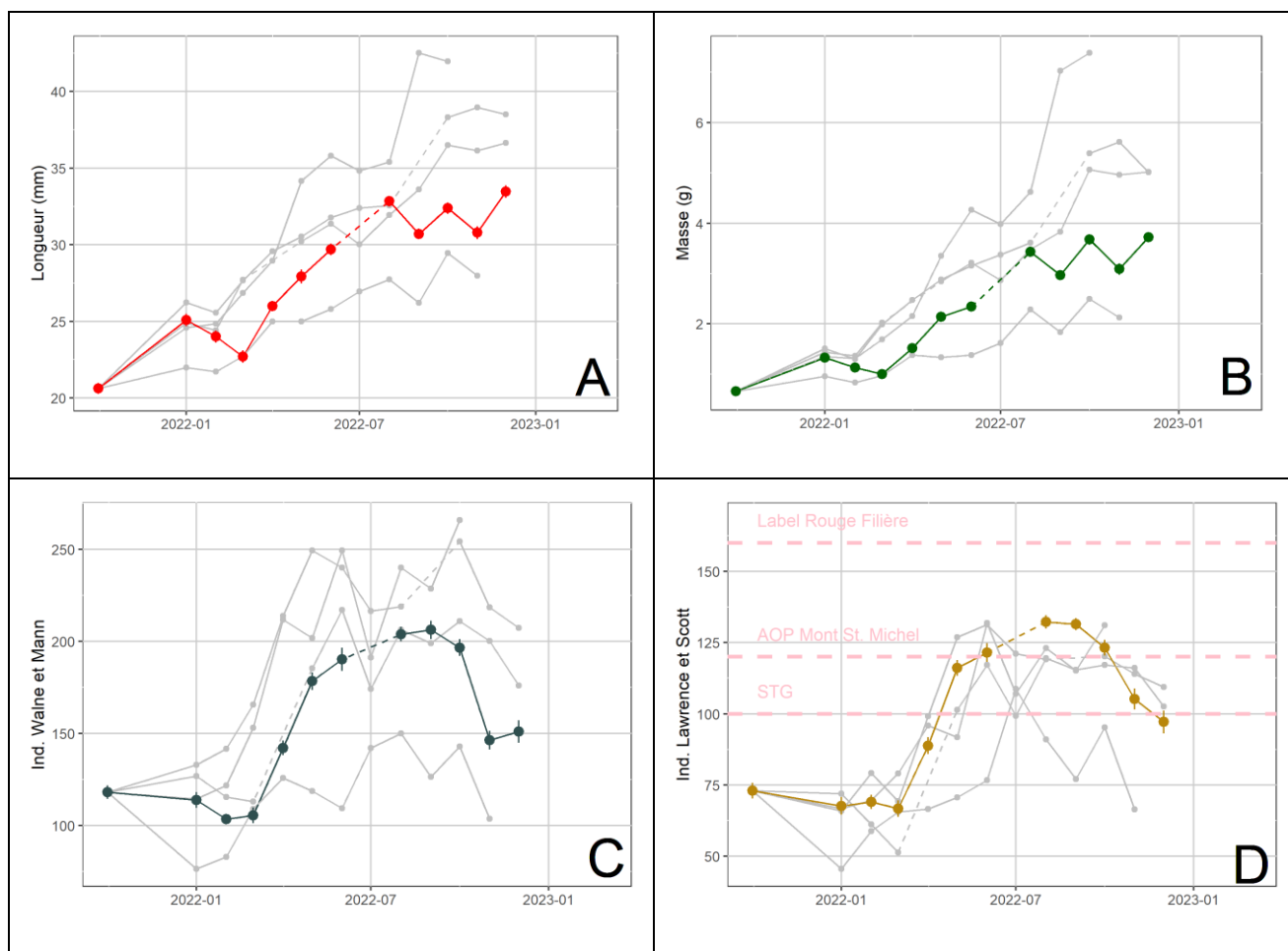


Figure 14 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de l'Aiguillon, moyenne \pm erreur-standard, **A**) Longueur droite (en mm), **B**) Masse totale (en g), **C**) Indice de Walne et Mann (sans unité), **D**) Indice de Lawrence et Scott (sans unité). Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Sur le site de l'Aiguillon comme sur les autres sites du réseau, les paramètres hydrologiques reflètent la situation météorologique inhabituelle observée en 2022, et caractérisée par une douceur inhabituelle, et une pluviométrie très déficitaire (Météo France, 2023).

Les températures de l'eau de mer se sont ainsi avérées globalement supérieures aux moyennes inter-annuelles (Figure 15.A). Dès le début de l'année, les vagues de chaleur observées en février puis en mai ont entraîné des pics de température de l'eau de mer, dont les valeurs ont dépassé les maximales observées sur la période 2014-2021. Les épisodes de chaleur survenus début septembre et durant la deuxième quinzaine d'octobre ont également contribué à réchauffer l'eau de mer dont la température a atteint des maximales qui n'avaient jamais été observées depuis le début du réseau à ces périodes (Figure 15.A). Durant tout l'automne, les températures de l'eau sont restées proches des maximales, ne décroissant qu'à la faveur de l'épisode froid survenu entre le 8 et le 12 décembre.

Les données d'observation de la salinité se sont avérées supérieures aux moyennes interannuelles sur la presque totalité de l'année 2022, et supérieures aux maximales du 20 juin au 15 septembre. Cette situation inhabituelle traduit la faiblesse des apports en eau douce (principalement, ceux de la Sèvre niortaise qui se jette dans la Baie) liée au déficit pluviométrique. Les rares épisodes de dessalures observés se sont produits en début d'année, et se sont tous avérés relativement fugitifs. Une première chute du signal, observée début janvier, semble liée aux fortes précipitations qui ont affecté le sud-ouest de la France les 8 et 9 janvier (Météo France, 2023). Jusqu'à la fin avril, des dessalures fugaces ont également été enregistrées, coïncidant avec les passages successifs de différentes perturbations faiblement pluvieuses.

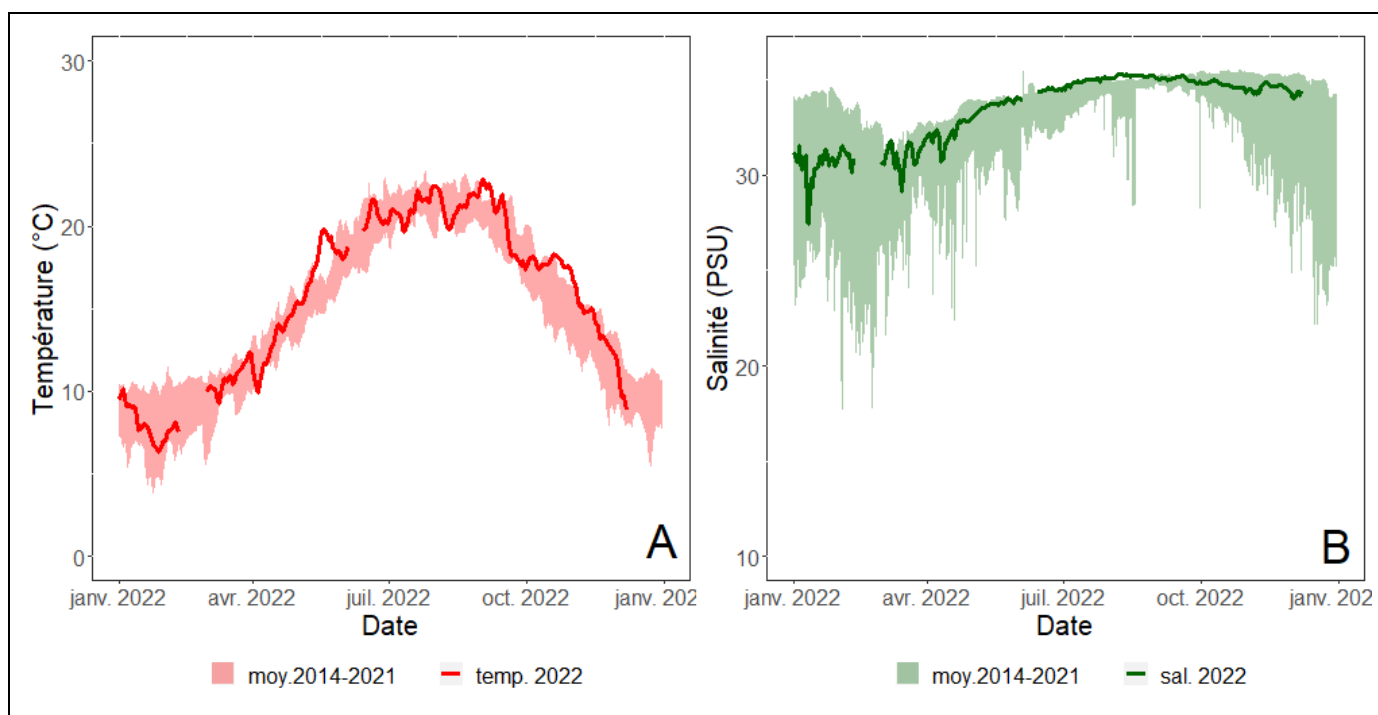


Figure 15 : Evolution au cours du temps et sur le site de l'Aiguillon **A)** de la température de l'eau de mer (moyenne journalière en °C) et **B)** de la salinité (moyenne journalière en g.L⁻¹).

2.5 Site de Boyard

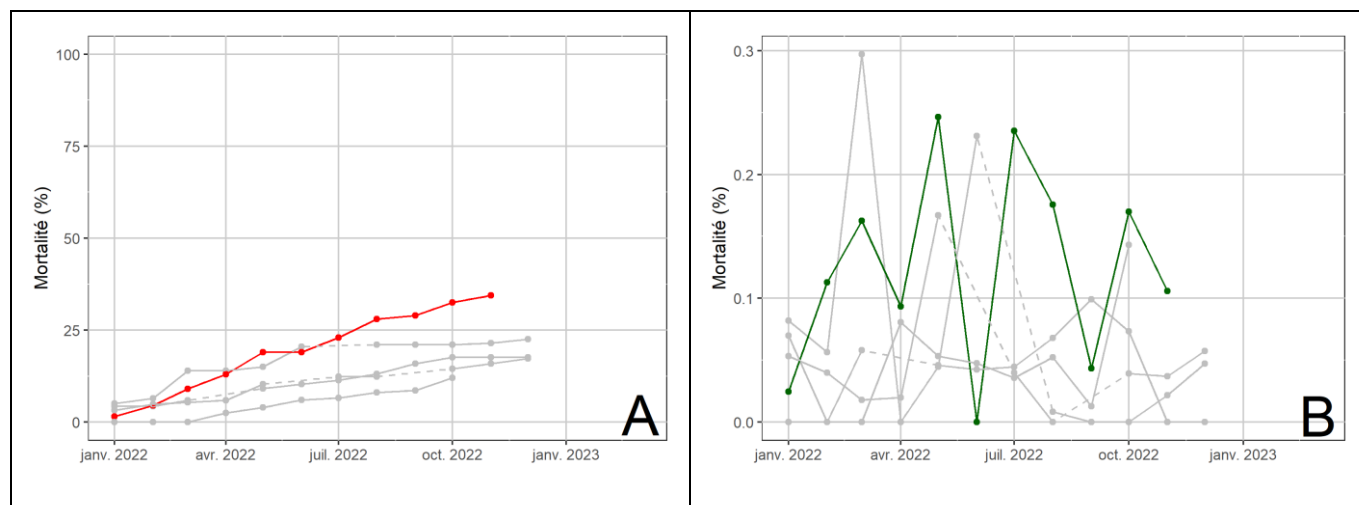


Figure 16 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentages, sur le site de Boyard, **A)** Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau, **B)** Mortalité journalière.

Sur le site de Boyard, le lot de moules a présenté des mortalités dès la mise à l'eau (Figures 16.A et 16.B). L'évolution des mortalités journalières suggère un phénomène chronique, avec des valeurs supérieures à $0,1 \text{ \%} \cdot \text{jr}^{-1}$ observées tout au long de l'année aux mois de février, mars, mai, juillet, août et octobre (Figure 16.B). A l'issue de la campagne d'observation, au mois de décembre 2022, les valeurs de mortalité cumulée atteignaient alors 34,5 %.

Sur le site de Boyard, et comme cela avait pu être observé au cours des années précédentes, la croissance s'est avérée en 2022 inférieure à la moyenne inter-sites (Figures 17.A et 17.B). Ainsi, c'est sur ce site que les valeurs moyennes minimales de Longueur et de Masse ont été observées et ce, dès le mois d'avril. Considérant l'ensemble de la période d'observation, la croissance est apparue constante, et n'a pas montré la stagnation constatée sur le site de la Baie de l'Aiguillon. Au mois de novembre 2022, la longueur moyenne individuelle et la masse moyenne individuelle étaient respectivement de 27,98 mm et 2,12 g, correspondant aux valeurs minimales enregistrées dans l'ensemble des sites à l'issue de la campagne annuelle.

A l'instar de la croissance, le remplissage moyen des individus sur le site de Boyard est apparu très inférieur à la moyenne inter-sites sur la quasi-totalité de la période d'observation (Figure 16.C et 16.D). Ce site est ainsi le seul sur lequel un amaigrissement hivernal significatif a été constaté entre la mise à l'eau, au mois d'octobre 2021 et le premier passage de janvier 2022. Lors de celui-ci, les indices de conditions de Walne et Mann et Lawrence et Scott avaient ainsi chuté de respectivement 36 et 38%. Le remplissage des individus a ensuite augmenté jusqu'au mois d'avril, tout en conservant des valeurs très inférieures à la moyenne inter-sites. Entre les mois d'avril et juin, l'indice de Walne et Mann a légèrement diminué, passant de 125,7 à 108 alors que l'indice de Lawrence et Scott montrait en parallèle une très légère augmentation, passant ainsi de 66,6 à 76,7. Dans le même temps, un fort accroissement du niveau de remplissage des moules était observé sur l'ensemble des autres sites du réseau. Sur le site de Boyard, et jusqu'à la fin de l'année, les indices de conditions ont par la suite montré des valeurs faibles, l'indice de Lawrence et Scott ne dépassant la valeur de 100 qu'à une seule occasion, au mois d'août (Figure 16.D).

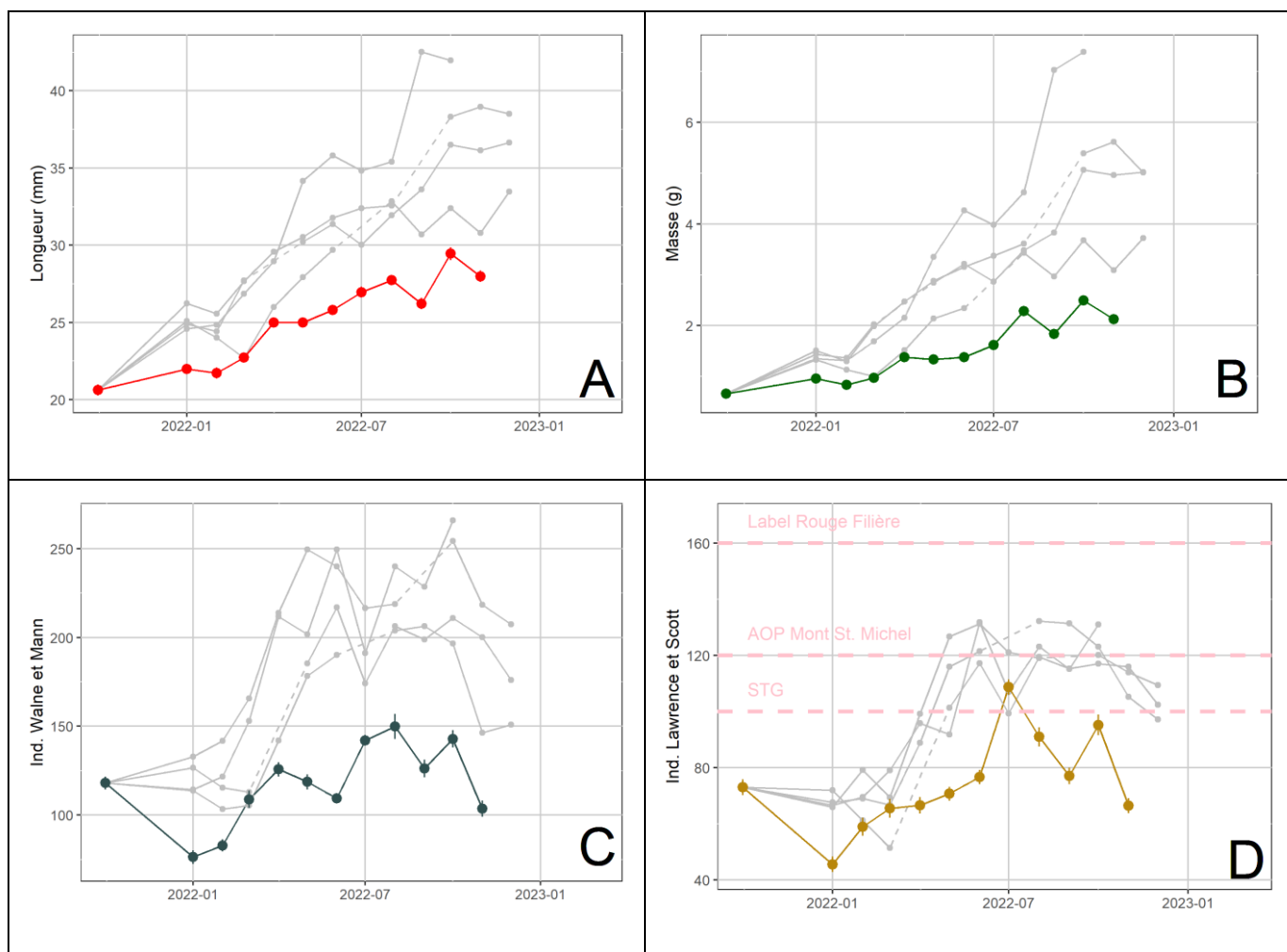


Figure 17 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de Boyard, moyenne \pm erreur-standard, **A)** Longueur droite (en mm), **B)** Masse totale (en g), **C)** Indice de Walne et Mann (sans unité), **D)** Indice de Lawrence et Scott (sans unité). Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Les températures mesurées sur le site de Boyard se sont révélées particulièrement chaudes. Dès le mois de février, les températures de l'eau de mer se sont rapprochées des maximales mesurées sur la période 2019-2021 (Figure 18.A). Elles ont fugitivement plongé au mois d'avril, à la suite d'un épisode froid et tardif mais dès le mois de mai, une vague de chaleur les a conduites à dépasser les maximales enregistrées au cours des campagnes antérieures. Dans le courant de l'été, la température de l'eau a fluctué, dépassant occasionnant les moyennes avant de chuter à la faveur d'un épisode de froid. Les dépassements les plus significatifs ont été enregistrés en fin d'été et en début d'automne (Figure 18.A), à la suite de deux épisodes de chaleurs tardifs enregistrés à ces périodes. Jusqu'au début du mois de décembre, l'eau de mer a ainsi présenté des valeurs proches voire supérieures aux maximales, avant de chuter début décembre.

L'évolution des valeurs de salinités mesurées en 2022 reflète l'exposition du site aux apports d'eau douce par l'estuaire de la Charente, et dans une moindre mesure, de la Seudre. Tout au long du début de l'année, et jusqu'à la fin avril, la salinité a montré des fluctuations successives d'amplitudes modérées, entraîné par le passage de plusieurs perturbations peu actives (Figure 18.B). 2 épisodes de dessalures marquées ont par la suite été observés. Le premier, particulièrement important (les valeurs de salinité atteignant ponctuellement des

valeurs inférieures à 20 g.L^{-1}), a pu être observé au mois de juin. Une telle chute des valeurs de salinité à cette époque reste exceptionnelle, et traduit le caractère particulièrement pluvieux du mois de juin 2022, qui se classe parmi les 10 mois les plus pluvieux sur la période 1959-2022 (Météo France, 2023). La salinité semble avoir ensuite brutalement augmenté au mois de juillet (qui se classe comme le mois de juillet le plus sec sur la période 1959-2022) avant de présenter des chutes successives et rapprochées en août, puis septembre (Figure 18.B). Ces dessalures rapprochées ont probablement été entraînées par les orages accompagnés de pluies diluviennes qui ont affecté le sud-ouest de la France à cette saison.

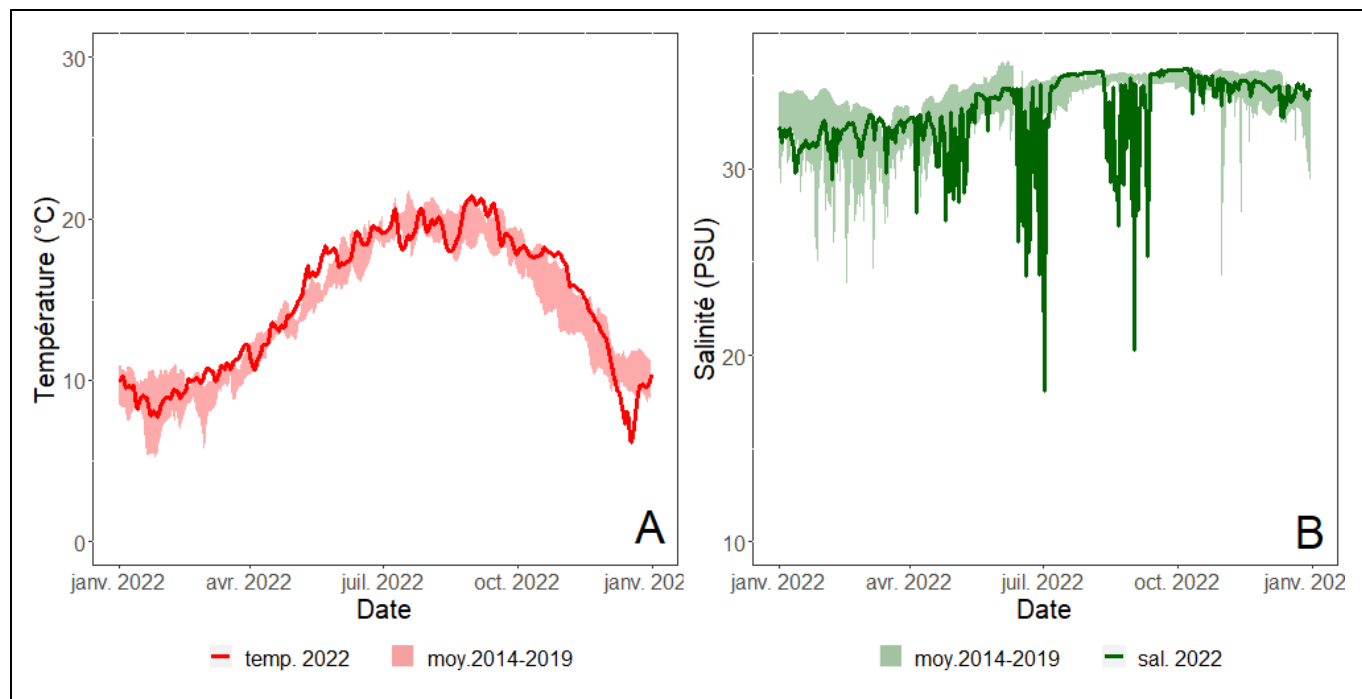


Figure 18 : Evolution au cours du temps et sur le site de Boyard **A)** de la température de l'eau de mer (moyenne journalière en °C) et **B)** de la salinité (moyenne journalière en g.L^{-1}).

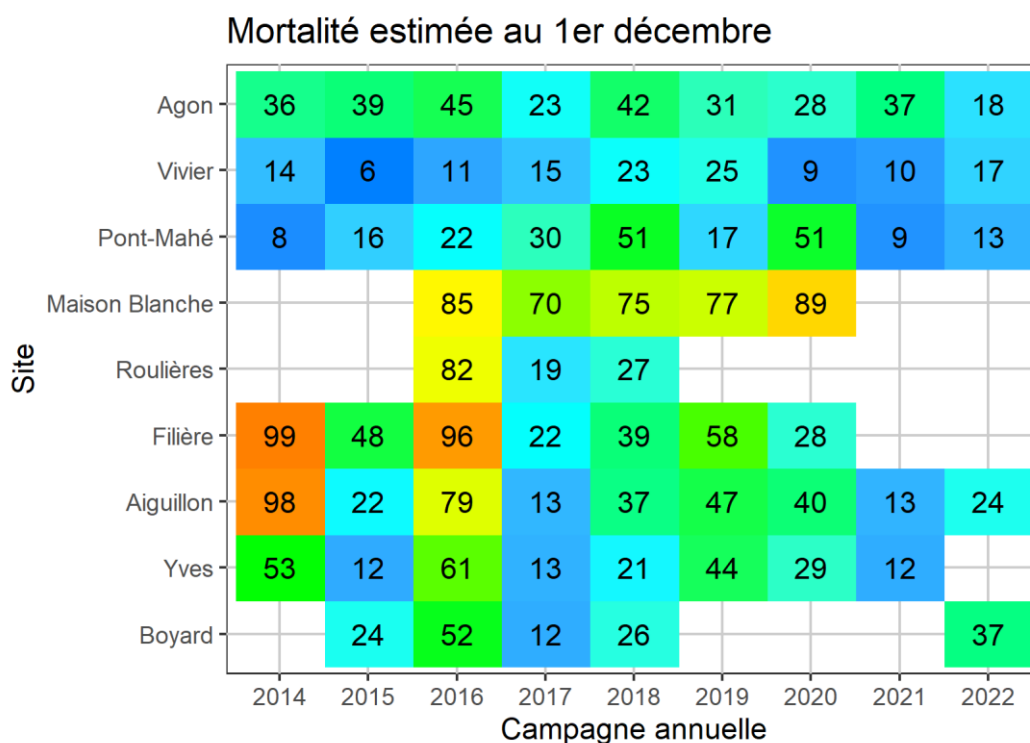
3. Discussion

3.1 Mortalités

Les résultats collectés au cours de la campagne 2021-2022 indiquent des taux de mortalité parmi les plus faibles observés depuis la création du réseau (Tableau 3).

Après une année 2021 marquée par de fortes mortalités sur le site d'Agon, les proportions de mortalité sont retombées en 2022 à un niveau exceptionnellement bas, inférieur à 20%. Sur le site du Vivier, ordinairement épargné par les mortalités mytilicoles, les mortalités ont légèrement augmenté en 2022 tout en restant proches de la moyenne interannuelle. A l'initiation du réseau, en 2014, le site de Pont-Mahé était réputé pour échapper aux mortalités qui frappaient dans le même temps les secteurs d'élevage situés au sud de la Loire. Toutefois, les mortalités observées sur ce site avaient progressivement augmenté au cours des années suivantes, atteignant leur maximum en 2018 et 2020 (51% de mortalités cumulées au cours de ces 2 campagnes annuelles). Depuis 2 ans, les phénomènes de mortalité semblent avoir diminué d'intensité à Pont-Mahé, et ce sont seulement 13% de perte cumulée qui ont été observés au cours de la campagne 2022 du réseau. Sur les 2 sites des pertuis charentais, le réseau a mis en évidence de fortes fluctuations interannuelles, et des taux de mortalités significatifs (respectivement 24% et 37% pour l'Aiguillon et Boyard), qui n'ont toutefois pas atteint les taux records observés en 2014 et 2016.

Tableau 3 : Proportion de mortalité (en %) entre la mise à l'eau de l'année n et décembre de l'année $n + 1$, par campagne et par site pour le lot de naissain de l'année n , données corrigées et lissées selon la méthode décrite à la section 1.4.4.

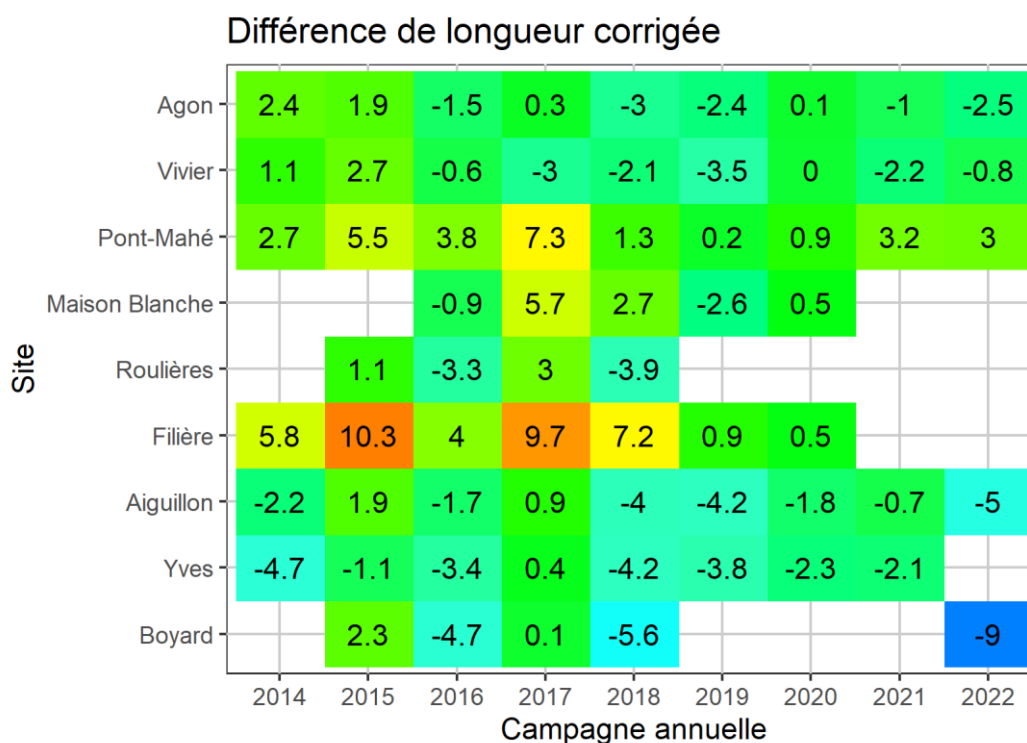


3.2 Croissance

Les croissances observées sur les sites opérés par le réseau en 2022 se sont avérées légèrement supérieures à la moyenne interannuelle calculée sur la période 2014-2021 (Tableau 4).

Comme c'est le cas chaque année, les meilleures croissances ont été observées sur le site de Pont-Mahé (différence de longueur corrigée = 3). Les croissances observées sur les sites d'Agon et du Vivier se sont avérées proches des moyennes interannuelles, suggérant que les conditions environnementales se sont avérées favorables à la croissance des moules au cours de l'année 2022 pour les sites situés au nord de l'estuaire de la Loire. A l'inverse, les performances de croissance observées sur les sites de l'Aiguillon et de Boyard sont les pires jamais observées depuis le déploiement du réseau. Ces croissances faibles, combinées à des taux de remplissage médiocres, semblent témoigner de conditions environnementales peu favorable à la croissance sur les sites des pertuis charentais en 2022.

Tableau 4 : Croissance en longueur (sans unité) entre la mise à l'eau de l'année n et décembre de l'année $n + 1$, par campagne et par site pour le lot de naissain de l'année n , données corrigées et lissées selon la méthode décrite à la section 1.4.4.



3.3 Température & salinité de l'eau de mer

Sur l'ensemble des sites, la température de l'eau de mer s'est avérée largement supérieure aux moyennes de saison en 2022. Elle a présenté d'importantes fluctuations liés au passage de différentes vagues de chaleur en février, mai, et tout au long de l'été. Les écarts les plus significatifs ont été observés en septembre, puis fin octobre, avec des températures systématiquement supérieures aux maximales enregistrées au cours des années précédentes. Cette situation reflète le caractère météorologique de l'année météorologique 2022, qui s'est avérée exceptionnellement chaude (Météo France, 2023). Sur l'ensemble des

sites, une chute très brutale des températures a finalement été observée début décembre, coïncidant avec le premier épisode de froid intense de l'hiver 2022-2023.

Pour ce qui concerne la salinité de l'eau de mer, une même tendance semble se désengager de l'ensemble des sites. Les salinités mesurées sont ainsi restées proches des moyennes interannuelles, voire inférieures aux minimales au cours des premiers mois de l'année. A partir d'avril toutefois, le déficit de précipitations constaté sur l'ensemble du territoire a conduit les valeurs de salinité à dépasser les maximales sur l'ensemble des sites. Sur les sites du Vivier et de Boyard, deux épisodes pluvieux particulièrement intenses ont contribué à faire diminuer la salinité au cours du mois de juin, et à la fin août. La concentration en sel a toutefois augmenté rapidement à la suite de ceux-ci, alors que les mois de juillet puis septembre s'avéraient particulièrement déficitaires en précipitations (Météo France, 2023).

Références citées

- Agreste, 2022. Graph'Agri, Pêche et Aquaculture, Aquaculture. GraFra2022Chap7.2. <https://agreste.agriculture.gouv.fr/> (consulté en ligne le 16/03/2023).
- Bierne N., Borsa P., Daguin C., Jollivet D., Viard F., Bonhomme F., David P., 2003. Introgression patterns in the mosaic hybrid zone between *Mytilus edulis* and *M. galloprovincialis*. *Molecular Ecology*, 12, 447–461.
- Fleury E., Normand J., Lamoureux A., Bouget JF., Lupo C., Cochennec-Laureau N., Petton S., Petton B., Pouvreau S., 2019. RESCO-REMORA Database : National monitoring network of mortality and growth rates of the sentinel oyster *Crassostrea gigas*. SEANOE, doi : 10.17882/53007.
- Fleury PG., Ruelle F., Claude S., Palvadeau H., Robert S., D'Amico F., Vercelli C., Chabirand JM., 1998. Réseau de suivi de la croissance de l'huître creuse sur les côtes françaises. REMORA. Résultats des stations nationales. Année 1997. Rapport Ifremer DRV/RA, 41 p.
- Lawrence DR., Scott GI., 1982. The determination and use of condition index of oyster. *Estuaries*, 5, 23-27.
- Littaye-Mariette A., 1994. REMORA, Résultats de l'année 1993. Rapport de la DRV-RA Ifremer, 29. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/1754/>
- Lubet P., 1959. Recherches sur le cycle sexuel et l'émission des gamètes chez les Mytilidés et les Pectinidés. *Revue des travaux de l'Institut des pêches maritimes*, 23, 390-548.
- Lupo C., Fleury E., Normand J., Osta Amigo A., Robert S., Canier L., Francois C., Garcia C., 2017. Bilan 2016 du dispositif national de surveillance de la santé des mollusques marins. Convention DGAL/IFREMER 16/1212709. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00386/49781/> (consulté en ligne le 27/06/2021).
- Météo-France, 2020. *Bilan climatique de l'année 2020* [en ligne] [consulté le 09/07/2021]. Disponible sur : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/bilans-climatiques/843/bilan-climatique-de-l-annee-2020>
- Nash JC., 2014. On best practice optimization methods in R. *Journal of Statistical Software*, 60(2), 1-14.
- Pepin JF., Benabdelmouna A., Degrémont L., Guesdon S., Le Moine O., Morga B., Bierne N., Travers MA., Robert S., Soletchnik P., 2017. Mortalités de moules bleues dans les secteurs mytilicoles charentais et vendéens : description et facteurs liés – MORBLEU . R.INT.RBE/SG2M-LGPMM. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00391/50288/> (consulté en ligne le 27/06/2021).
- Robert S., Soletchnik P., Le Moine O., Zanker S., 2007. Bilan d'étude sur la croissance de la moule (*Mytilus edulis*) sur bouchots et filières dans les Pertuis Charentais entre 2000 et 2005 (Réseau REMOULA), 36 pp. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00084/19487/> (consulté en ligne le 27/06/2021).
- Rodriguez J., 2013. Performances d'élevage de la moule *Mytilus edulis* en Manche / Atlantique : Recensement et interprétation. Rapport d'expertise Ifremer sous convention DPMA N°11/1219611/NYF du 12/12/2011, 147 p.
- Stiner MC., Bicho NF., Lindly J., Ferring R., 2003. Mesolithic to Neolithic transitions: new results from shell-middens in the western Algarve, Portugal. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00061366> (consulté en ligne le 27/06/2021).

Walne PR., Mann R., 1975. Growth and biochemical composition in *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*. *Proceedings of the 9th European Marine Biology Symposium*, 587-607.