

MYTILOBS CAMPAGNE 2017-2018

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



©Ifremer : F. Jacqueline

Convention DPMA – 2018 – Ifremer n° 18/2 216 164F du 3 mai 2018



Fiche documentaire

Titre du rapport : MYTILOBS Campagne 2017-2018, Réseau d'observation des moules d'élevage sur la côte Atlantique et dans la Manche	
Référence interne : RST ODE/UL/LERN/19-11 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 : 06/11/2019 Version : 2.0.0 Référence de l'illustration de couverture : Moules en Baie de Seine, F. Jacqueline, Ifremer Langue(s) : Français
Résumé/ Abstract : <p>La campagne 2017-2018 a été caractérisée par une augmentation quasi-généralisée des mortalités par rapport à l'année 2017, sans atteindre toutefois les taux de mortalités observés en 2014 ou 2016. Dans les Pertuis Charentais, les épisodes violents de mortalité observés auparavant ont ainsi laissé la place à des mortalités chroniques, quasiment impossibles à détecter dans les élevages mais bien mises en évidence par le protocole d'observation. Les mêmes signaux sont également observés sur la côte ouest de la presqu'île du Cotentin depuis quelques années. Sur ces sites, les taux de pertes cumulés étaient compris entre 17 et 44% au mois de septembre.</p> <p>En Vendée, des épisodes intenses et brutaux de mortalité ont été observés comme au cours des années précédentes. Les taux de mortalités observés atteignaient 79% au mois de septembre. Un épisode violent (+33%) a également été observé un peu plus au nord dans l'estuaire de Vilaine au mois d'août, ce qui constitue une première pour ce secteur. Enfin, dans la Baie du Mont Saint-Michel, les taux de mortalité sont restés relativement faibles (< 20% au mois de septembre), comme c'est le cas depuis le début de la série.</p> <p>Les suivis de croissance mettent en évidence les médiocres résultats obtenus en 2018 pour ce paramètre. La campagne 2017-2018 apparaît ainsi comme l'année au cours de laquelle les plus faibles croissances ont été enregistrées depuis la création du réseau, en régression par rapport à la campagne précédente sur la plupart des stations. Les croissances les plus élevées ont été observées au printemps sur les sites de Pont-Mahé, Maison Blanche, et Filière, qui avaient également présenté les taux de croissance les plus élevés au cours des années précédentes (en moyenne, + 19 mm d'augmentation de la longueur droite). Sur les autres sites du réseau, la croissance est restée faible et régulière pendant toute la saison, aboutissant à des gains de taille compris entre 10 et 14 mm seulement.</p>	
Mots-clés/ Key words : Moules, mortalités, observation, variation spatio-temporelle	
Comment citer ce document : Normand Julien, Grizon James, Louis Wilfried (2019). MYTILOBS Campagne 2017-2018 : Réseau d'observation des moules d'élevage sur la côte Atlantique et dans la Manche. RST ODE/UL/LERN/19-11	
Disponibilité des données de la recherche : Sur demande à la coordination du projet	

Commanditaire du rapport : Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture	
Nom / référence du contrat : Convention DPMA 2018 – IFREMER n° 18/2 216 164F du 3 mai 2018 ; Rapport définitif (RST ODE/UL/LERN/19-11)	
Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit : Réseau MYTILOBS	
Auteur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
J. Normand / Julien.Normand@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-N
W. Louis / Wilfried.Louis@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-N
J. Grizon / James.Grizon@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-PC
Contributeur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
Bruno.Fontaine / Bruno.Fontaine@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-N
Benjamin Simon / Benjamin.Simon@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-N
Aurore Lejolivet / Aurore.Lejolivet@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-BN
Aurélie Legendre / Aurelie.Legendre@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-BN
Françoise Dagault / Francoise.Dagault@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-BN
Jean-François Bouget / Jean.Francois.Bouget@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-MPL
Hubert Palvadeau / Hubert.Palvadeau@ifremer.fr	IFREMER / RBE / SGMM / LSPC
Jean-Michel Chabirand / Jean.Michel.Chabirand@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-PC
Philippe Geairon / Philippe.Geairon@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-PC
Jean-Luc Seugnet / Jean.Luc.Seugnet@ifremer.fr	IFREMER / ODE / UL / LER-PC
Validé par : Christian Bechemin (Responsable RBE-SGMM-LGPMM) et Bureau de l'Aquaculture de la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture	

Sommaire

I. Contexte	p.5
II. Matériel et Méthodes	p.6
II.1. Présentation générale du dispositif	p.7
II.2. Matériel biologique	p.7
II.3. Sites d'étude	p.8
II.4. Variables mesurées	p.10
II.4.1. Proportions de mortalité	p.10
II.4.2. Variables biométriques	p.11
II.4.3. Mesures de la température et de la salinité	p.13
III. Résultats	p.14
III.1. Résultats par site	p.14
III.1.1. Site d'Agon	p.14
III.1.2. Site du Vivier	p.17
III.1.3. Site de Pont-Mahé	p.20
III.1.4. Site de Maison Blanche	p.23
III.1.5. Site de Roulières	p.26
III.1.6. Site de Filière	p.29
III.1.7. Site de l'Aiguillon	p.32
III.1.8. Site de Yves	p.35
III.1.9. Site de Boyard	p.38
III.2. Comparaison des taux de mortalités estimés selon les différents protocoles	p.41
IV. Conclusion	p.44
IV.1. Mortalités	p.44
IV.2. Croissance	p.44
IV.3. Température et salinité de l'eau de mer	p.45
V. Références citées	p.46

I. 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 permis et favorisé 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 et la pêche, les individus prélevés 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, en grande partie, supplanté la pêche pour la production de moules destinées à la consommation en termes de volume et de valeur. Aujourd'hui, la mytiliculture se place au deuxième rang des productions conchylicoles françaises en valeur et en tonnage, derrière l'ostréiculture, et au 3^{ème} rang européen. Selon les statistiques du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, 879 entreprises exerçaient cette activité en 2012, pour une production annuelle de 77 139 tonnes (Agreste, 2014). La première région mytilicole de France est la Bretagne nord (21 345 tonnes en 2012), suivie par la Méditerranée (17 228 tonnes en 2012), la Normandie et la Mer du Nord (15 928 tonnes), la région Poitou-Charentes (13 058 tonnes), les Pays-de-Loire (5 100 tonnes) et la Bretagne sud (3 908 tonnes) (Agreste, 2014). Le cycle d'élevage dure habituellement entre 1 et 2 ans : le captage du naissain sur corde de coco 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 pieu en zone intertidale ou sur filière de pleine eau en zone subtidale.

L'observation biologique des moules d'élevage a suscité de nombreux travaux au cours des années, 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 documentant les performances d'élevage 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 MYTILOBS2 (Lupo *et al.*, 2017). Depuis 2012, le réseau MYTILOBS constitue le dispositif national d'observation des performances d'élevage de la moule animé 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, principalement dans les secteurs d'élevage de Charente-Maritime, de la Vendée, et de la Bretagne nord.

La mise en œuvre du MYTILOBS 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.). Le projet MORBLEU (Pépin *et al.*, 2017), qui proposait en 2016 différentes expérimentations destinées à investiguer les facteurs associés aux mortalités de moules est également associé au réseau MYTILOBS avec lequel il mutualise certaines actions, certaines données, et du matériel.

¹ <https://data.noaa.gov/dataset/national-status-and-trends-mussel-watch-program> (consulté en ligne le 27/02/2018)

II. Matériel et Méthodes

II.1. Présentation générale du dispositif

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 2017-2018 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 mois d'octobre 2017 pour un relevage final en décembre de l'année 2018 (Tableau 1). Des prélèvements et des mesures ont ensuite été successivement réalisés tous les mois entre novembre 2017 et décembre 2018 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 ont été déployées sur ces mêmes sites et afin de permettre une première caractérisation de l'environnement d'élevage (Tableau 1). Les paramètres enregistrés (hauteur d'eau, température, salinité) ont fait l'objet d'une acquisition toutes les 15 minutes, et les sondes ont été relevées tous les mois pour être déchargées de leurs données, nettoyées, et ré-étalonnées. Des routines de traitement de données ont été développées, et permettent aujourd'hui 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

	2017			2018											
	Octobre	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	Décembre
Cheptel sentinelle	biométrie et déploiement sur les sites	Comptages et biométries mensuels												Relevage final	
Sonde	Rotations mensuelles														
Bulletins	Edition mensuelle														

II.2. Matériel Biologique

Le naissain de moule utilisé pour la campagne 2017-2018 du réseau provenait d'un captage sur corde réalisé dans les Pertuis charentais. Les individus ont d'abord été calibrés manuellement entre 2 et 3 cm au début du mois d'octobre 2017 et un sous-échantillon de 50 individus a fait l'objet d'une biométrie (voir partie 2.3.2), de mesures de la largeur et de l'épaisseur pour obtenir une première série de mesures qualifiant son état physiologique et sanitaire lors de son déploiement.

Le naissain a ensuite été réparti dans des poches confectionnées à partir de poches ostréicoles (Figure 1) et contenant chacune n= 200 individus, avant d'être expédié 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 décembre 2017 à décembre 2018 ,
- 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 ou sur une descente de filière.



Figure 1 :
Pieu de bouchot équipé de ses poches de suivi MYTILOBS (site de Pont-Mahé). Crédit photo : JF. Bouget, Ifremer.

II.3. Sites d'étude

Les sites suivis par le réseau étaient, en 2018, au nombre de 9, déployés sur des zones de production mytilicole de la façade atlantique et de la Manche. Au sud, 5 sites sont répartis dans la zone des Pertuis charentais : Boyard et Yves dans le Pertuis d'Antioche et Aiguillon, Filière et Roulières dans le Pertuis Breton (Figure 2). Au nord, le site de Pont-Mahé est situé en Baie de Vilaine, le site du Vivier en Baie du Mont Saint-Michel et le site d'Agon sur la côte ouest du Cotentin. Le site de Maison-Blanche, situé en Baie de Bourgneuf, a été suivi à partir de la campagne d'observation 2016-2017 (Figure 2).

Tous ces sites sont situés dans des secteurs où se pratique l'élevage sur bouchot, à l'exception du site Filière qui se trouve sur une filière de pleine eau. 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).

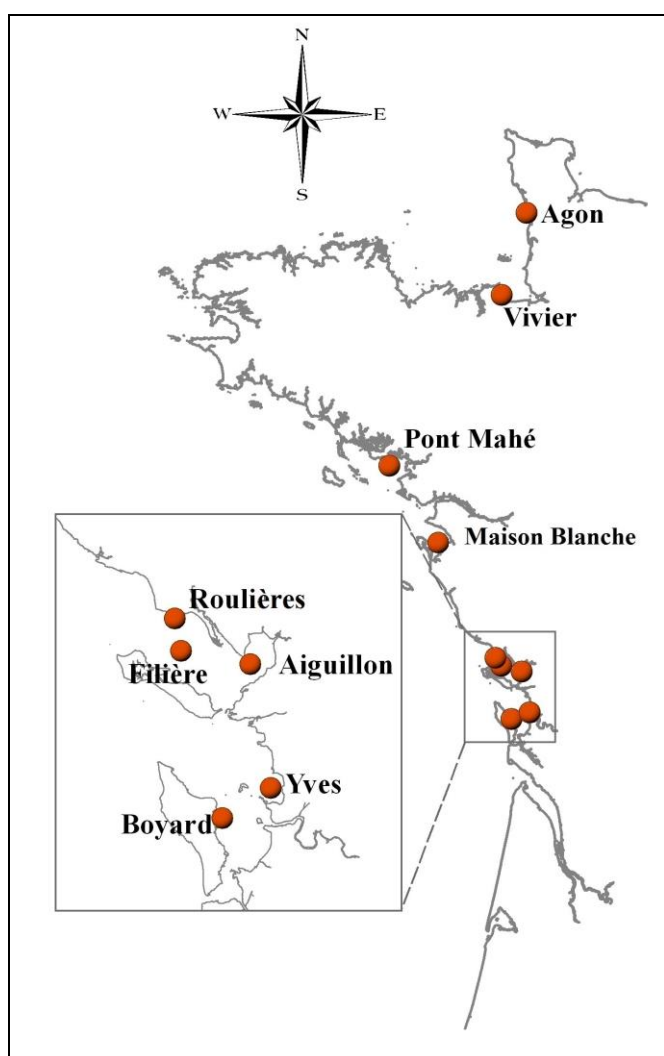


Figure 2 :
Localisation des sites
opérés par le réseau
MYTILOBS

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	En 4x4
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
Maison Blanche	46,996	-2,201	Bouchot	87,3	5,35	A pied
Filière	46,281	-1,370	Filière	100	8,26	En bateau
Yves	46,017	-1,060	Bouchot	81,6	5,49	En bateau
Aiguillon	46,263	-1,221	Bouchot	80,2	5,23	En bateau
Roulières	46,201	-1,214	Bouchot	76,1	5,03	En bateau
Boyard	45,572	-1,131	Bouchot	58,0	4,53	En bateau

II.4. Variables mesurées

II.4.1. Proportions de mortalité

Lors de chaque passage sur chacun des sites, les dénombrements ont été effectués in situ sur la poche de suivi de mortalité. Ce sont ces résultats qui sont présentés dans les parties 3.1 et 3.2 du présent rapport, ainsi que dans tous les bulletins mensuels d'information. Un deuxième comptage a également été réalisé sur la poche de prélèvement mensuel après le retour au laboratoire. Ce double comptage était destiné à tester l'effet des manipulations régulières des moules contenues dans la poche de suivi sur les mortalités observées (voir la section 3.3).

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 comptés. Pour le site d'Agon 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.

Le calcul des proportions de mortalité entre deux passages (parfois appelée « mortalité instantanée ») et depuis la mise à l'eau du cheptel (« mortalité cumulée ») a nécessité un traitement différentiel selon que le site était affecté par une mortalité liée à un prédateur déterminé, ou pas. Pour la station d'Agon en effet, la prédation par les bigorneaux perceurs de l'espèce *Nucella lapillus* entraîne tous les ans de fortes mortalités (Figure 3). Le mode de calcul des proportions de mortalité a donc été adapté pour ce site afin de ne représenter que les mortalités liées à une cause autre que la prédation par les gastéropodes.

Lors de chaque passage sur chacun des sites, les dénombrements ont été effectués de la manière suivante : la poche de suivi de la mortalité a été décrochée, nettoyée du fouling² et son contenu a été transféré dans une bassine pour permettre le comptage. Le nombre d'individus vivants dans la poche a été déterminé. Pour le site d'Agon et pour chaque poche, les paires de valves vides ne montrant aucune perforation ont également été comptées, ainsi que les paires de valves vides montrant au moins une perforation liée à l'action des perceurs.



Figure 3 :
Valves de moules montrant une perforation causée par *Nucella lapillus*.
Crédit photo : J. Normand, Ifremer.

² Bio-salissures liées au développement d'organismes sessiles, fixés sur la poche. Exemples : éponges, cirripèdes, etc.

Cas des sites sans prédation

Pour tous les sites à l'exception d'Agon, la proportion de mortalité journalière a été estimée selon la formule suivante :

$$pj(x)_n = (1 / j) \times (V_{n-1} - V_n) / V_{n-1}$$

- Avec
- $1 / j$: Nombre de jours entre le passage n et le passage $n-1$
 - $pj(x)_n$: Proportion de mortalité journalière au passage n
 - V_n : Nombre moyen d'individus vivants par poche au passage n
 - V_{n-1} : Nombre moyen d'individus vivants par poche au passage $n-1$

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

$$P(x)_n = (200 - V_n) / 200$$

- Avec
- $P(x)_n$: Proportion de mortalité depuis la mise à l'eau du cheptel au passage n
 - V_n : Nombre moyen d'individus vivants par poche au passage n
 - V_{n-1} : Nombre moyen d'individus vivants par poche au passage $n-1$

Cas du site d'Agon

Pour le site d'Agon, la proportion de mortalité entre 2 passages consécutifs (1 mois d'intervalle) 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 moyen d'individus vivants par poche au passage n
 - M_n : Nombre moyen 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 moyen 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 $pj(x)_n$ 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 total considéré.

II.4.2. Variables biométriques

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 nuelles a été réalisé selon le protocole décrit ci-dessus.

Les biométries ont été réalisées sur un sous-échantillon de 30 individus prélevés aléatoirement dans la poche. Dans un premier temps, les individus ont été immergés dans un grand volume d'eau de mer prélevé sur le terrain, afin de s'assurer que la cavité palléale était bien remplie d'eau. Les moules ont ensuite été séchées superficiellement en les tamponnant avec un papier absorbant et avant d'être rapportée à une masse moyenne individuelle.

Les 30 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 (1/100^{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 :
 $IC_{L\&S} = 1000 \times M_{ch} / (M_{tot} - M_{coq})$.

Ajustement d'un modèle de croissance

Les variables biométriques étant mesurées par prises successives de sous-échantillons, leur évolution temporelle apparaît entachée à la fois par la variabilité inter-individuelle et par la variabilité inter-poches. En pratique toutefois, la longueur et la masse totale individuelle doivent pourtant croître régulièrement au cours du temps (ou au moins, ne pas décroître) dans la mesure où la coquille, une fois bio-synthétisée par la moule, ne s'érode que marginalement chez un individu vivant.

Afin de faciliter la lecture des figures présentées ci-après dans le document, un modèle simple de croissance a donc été ajusté, pour chaque site, à chacune de ces 2 variables dans le but de lisser la variation inter-échantillons. Le modèle choisi est une sigmoïde d'équation :

$$Y(time) = Y_{max} / [1 + e^{-\alpha \cdot (time - k)}]$$

Avec $Y(time)$: Evolution de la longueur moyenne individuelle ou de la masse totale individuelle en fonction du temps

Y_{max} : Valeur de Y au plateau supérieur de la sigmoïde. Paramètre libre, à estimer

α, k : Paramètres libres, à estimer

$time$: Nombre de jours depuis la mise à l'eau

Pour chaque site, et chaque variable, le modèle a été ajusté en utilisant la procédure d'optimisation BGFS (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno) basée sur la méthode de quasi-Newton, afin d'estimer le jeu des paramètres Y_{max} , α et k (Nash, 2014).

II.4.3. Mesures de la température et de la salinité sur le terrain

Les sites du MYTILOBS ont tous été équipés de sondes STPS 30-SI (NKE Instrumentation) permettant l'acquisition continue de données (hauteur d'eau, salinité et température) à un pas de temps de 15 minutes (Figure 4). 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 2017-2018, la gestion des sondes et la métrologie ont été réalisées par les laboratoires de métrologie du LER-PC de l'Houmeau et du LER-N de Port-en-Bessin.



Figure 4 :
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 est 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 PSU ;
- les données corrigées ont été bancarisées dans une table dédiée, et une moyenne journalière de température et salinité a été calculée et sauvegardée dans une seconde table.

III. Résultats

III.1. Résultats par site

III.1.1. Site d'Agon

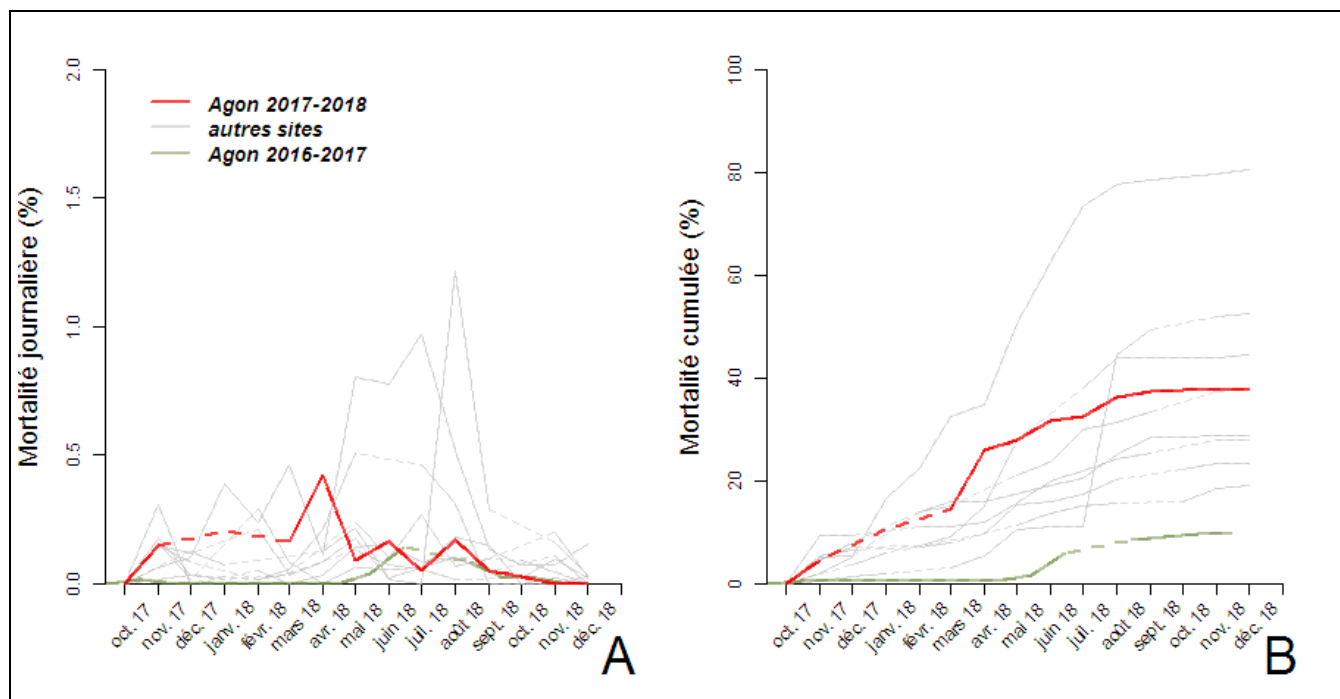


Figure 5 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentages, sur le site d'Agon, **A)** Mortalité journalière et **B)** Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau. Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Sur le site d'Agon, une faible mortalité a affecté le cheptel sentinelle de façon quasi-continue entre le mois d'octobre 2017 et la fin de l'été 2018 (Figure 5.A). Ce phénomène, discret, mais constant, a connu une très légère recrudescence au mois de mars 2018, atteignant alors 0,5 % de mortalité journalière. A l'issue de la campagne, les pertes cumulées atteignaient finalement 38 % de l'effectif, rejoignant presque les taux de pertes constatés lors de l'année 2016, qui constitue l'année au cours de laquelle les plus fortes pertes ont été enregistrées sur ce secteur depuis la création du réseau.

La croissance des moules à Agon s'est avérée dans la moyenne des croissances observées dans les autres sites du réseau, très légèrement inférieure à la croissance observée au cours de la saison précédente (Figures 6.A et 6.B) et globalement assez faible. La longueur et la masse moyenne individuelle ont atteint en fin de campagne les valeurs de 36,24 mm et 5,84 g au mois de décembre 2018. Le remplissage des individus s'est avéré très faible sur toute la période comprise entre octobre 2017 et mars 2018. (Figures 6.C et 6.D). A l'inverse des observations effectuées au cours des campagnes précédentes (au cours desquelles les indices de conditions restaient assez élevés pendant tout l'hiver), les moules ont présenté sur ce site un amaigrissement hivernal prononcé. Ce faible remplissage découle sans doute d'une immersion plus tardive du cheptel sentinelle de la campagne 2017-2018, comparativement aux années précédentes. Les valeurs des indices ont ensuite augmenté dès mars 2018, consécutivement à la maturation des tissus gonadiques et à la croissance des tissus somatiques.

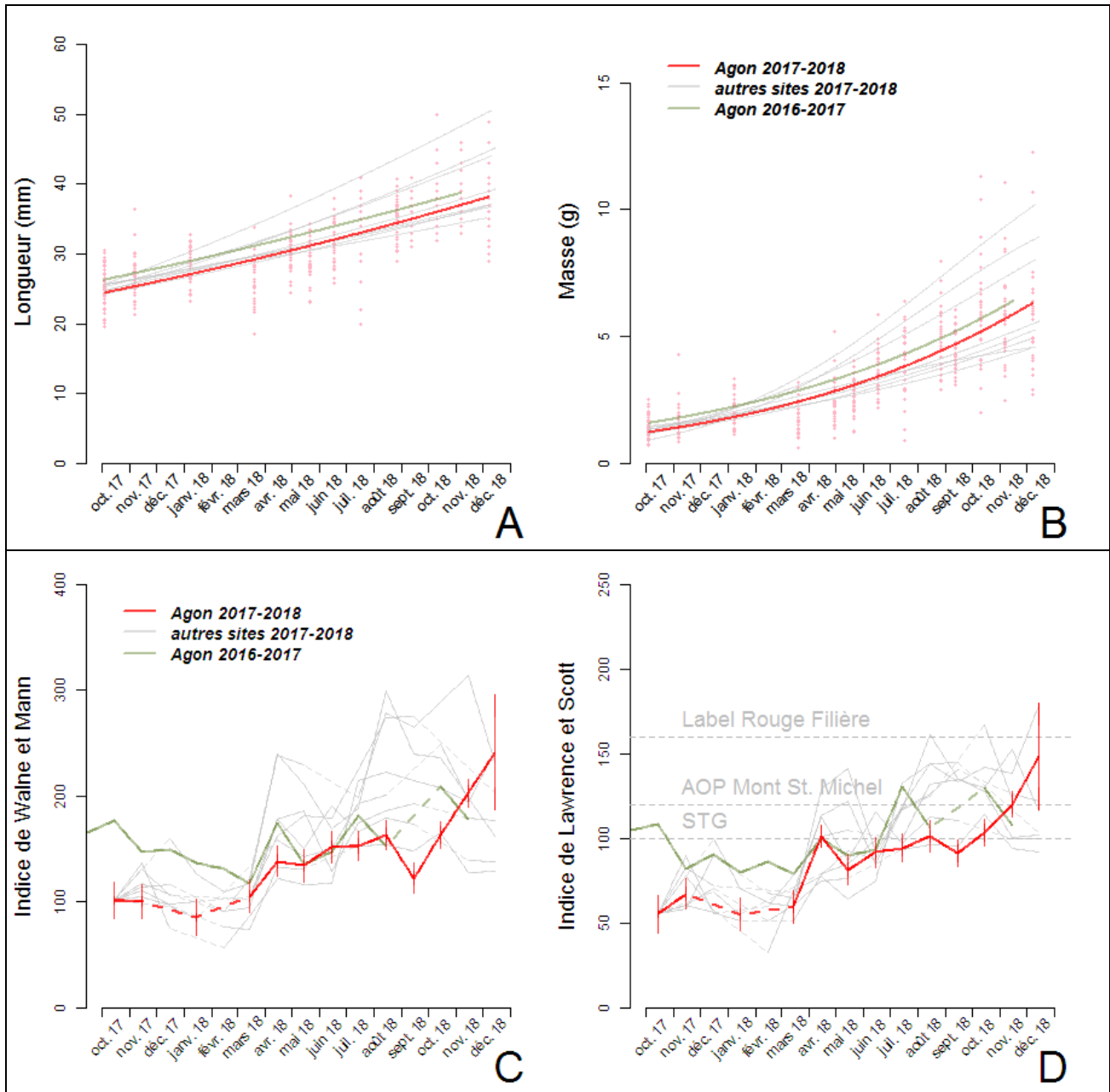


Figure 6 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site d'Agon. Modèles de croissance (lignes continues) et observations (points) pour **A)** la Longueur droite (en mm), **B)** la Masse totale (en g). Moyenne \pm erreur-standard pour **C)** l'Indice de Walne et Mann (sans unité), **D)** l'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).

Agon est la station du réseau située la plus au nord, et les apports fluviaux y sont très limités. L'évolution des paramètres environnementaux reflète cette situation particulière. Les températures mesurées se sont ainsi révélées inférieures à la moyenne inter-sites pendant la plus grande partie de l'année (Figure 7.A). Dans le même temps, la salinité est restée supérieure à la moyenne inter-sites pendant presque toute la campagne, conséquence de l'influence majoritairement océanique que connaît ce site. Au cours de l'hiver 2017-2018 toutefois, les dessalures observées sur la station d'Agon se sont avérées bien plus marquées que celles observées au cours de la campagne précédente, témoignant d'apports d'eau douce plus importants en 2018 (Figure 7.B).

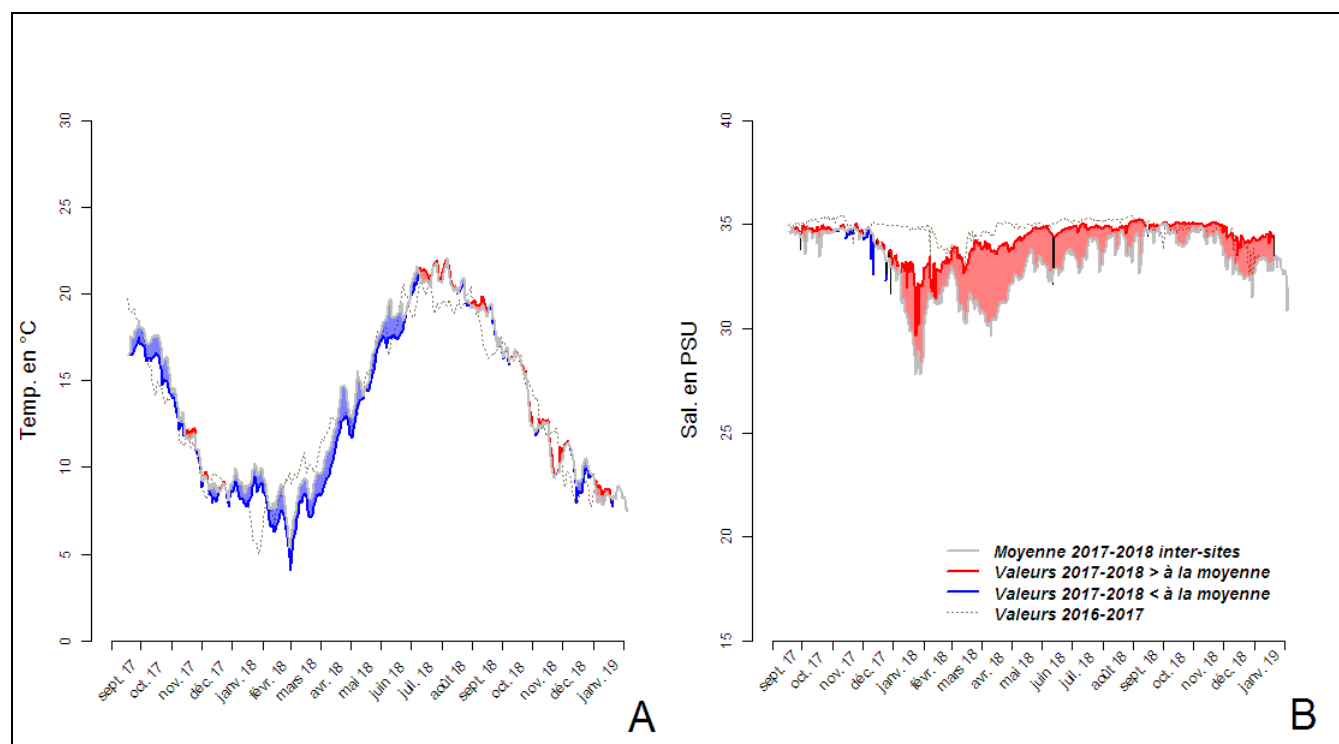


Figure 7 : Evolution au cours du temps et sur le site d'Agon **A)** de la température de l'eau de mer (moyenne journalière en °C) et **B)** de la salinité (moyenne journalière en PSU). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque les valeurs de la station sont supérieures à la moyenne inter-sites et en bleu lorsque les valeurs de la station sont inférieures à la moyenne inter-sites.

III.1.2.Site du Vivier

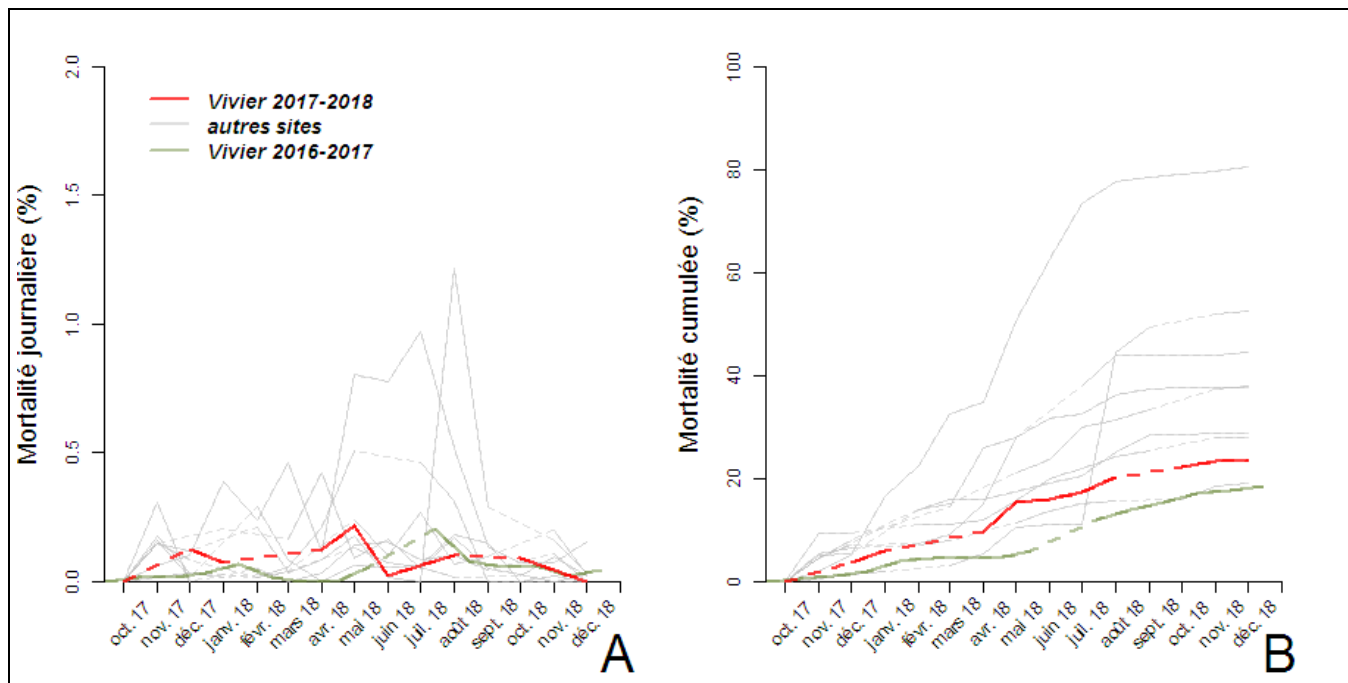


Figure 8 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentages, sur le site du Vivier, **A)** Mortalité journalière et **B)** Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau. Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Comme c'est le cas depuis 2014, de très faibles mortalités (proportion de mortalité journalière toujours inférieure à 0,2 %) ont été observées sur ce site pendant la quasi-totalité de la période d'observation (Figure 8.A). Les proportions cumulées de perte ont finalement atteint 23 % au mois de décembre 2018 (Figure 8.B), en très légère augmentation par rapport aux mortalités observées au cours de la campagne précédente.

Depuis le début de la série d'observation en 2014, le site du Vivier se classe comme l'un des sites du réseau présentant les plus faibles taux de croissance pour la longueur et la masse. En 2018 toutefois, le déficit généralisé de croissance a contribué à diminuer l'écart relatif entre les résultats obtenus pour ce site, et les autres sites du réseau (Figures 9.A et 9.B). C'est même le seul secteur où les taux de croissance mesurés en 2018 se sont avérés (très légèrement) supérieurs à ceux qui avaient pu être observés au cours de la campagne précédente. La longueur et la masse moyenne d'un individu atteignaient ainsi, en novembre 2018, 13,03 mm et de 3,76 g.

Sur ce site, les taux de remplissage ont commencé à augmenter dès le début du printemps et ont connu une croissance relativement régulière jusqu'au mois d'octobre 2018 où ils ont atteint respectivement 249 et 166 pour les indices de Walne et Mann et Lawrence et Scott (Figures 9.C et 9.D). La chute brutale de ces 2 indices, entre les mois d'octobre et de novembre 2018, indique sans doute une diminution de la masse de chair liée à une émission gamétique.

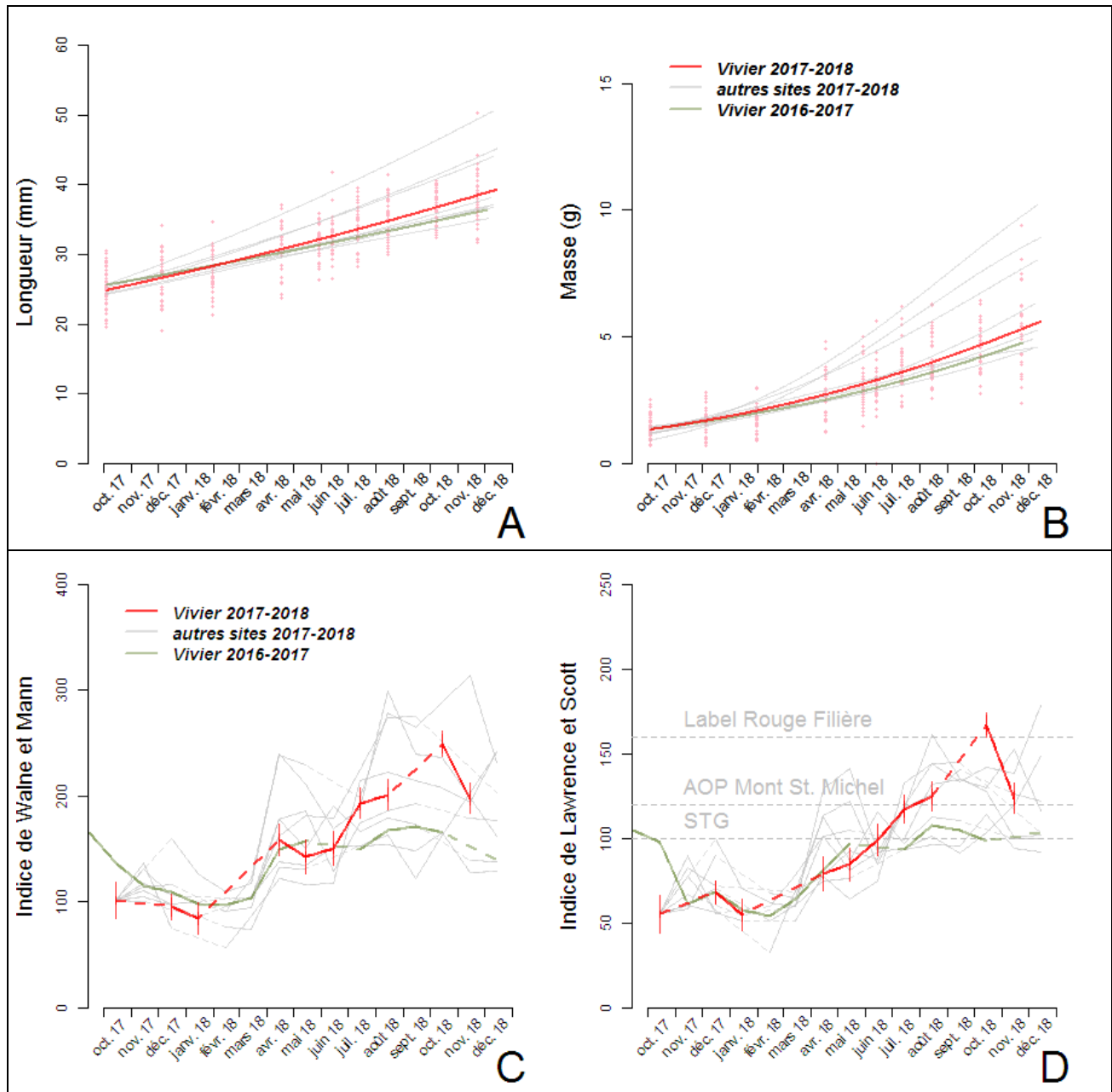


Figure 9 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site du Vivier. Modèles de croissance (lignes continues) et observations (points) pour **A**) la Longueur droite (en mm), **B**) la Masse totale (en g). Moyenne \pm erreur-standard pour **C**) l'Indice de Waïne et Mann (sans unité), **D**) l'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).

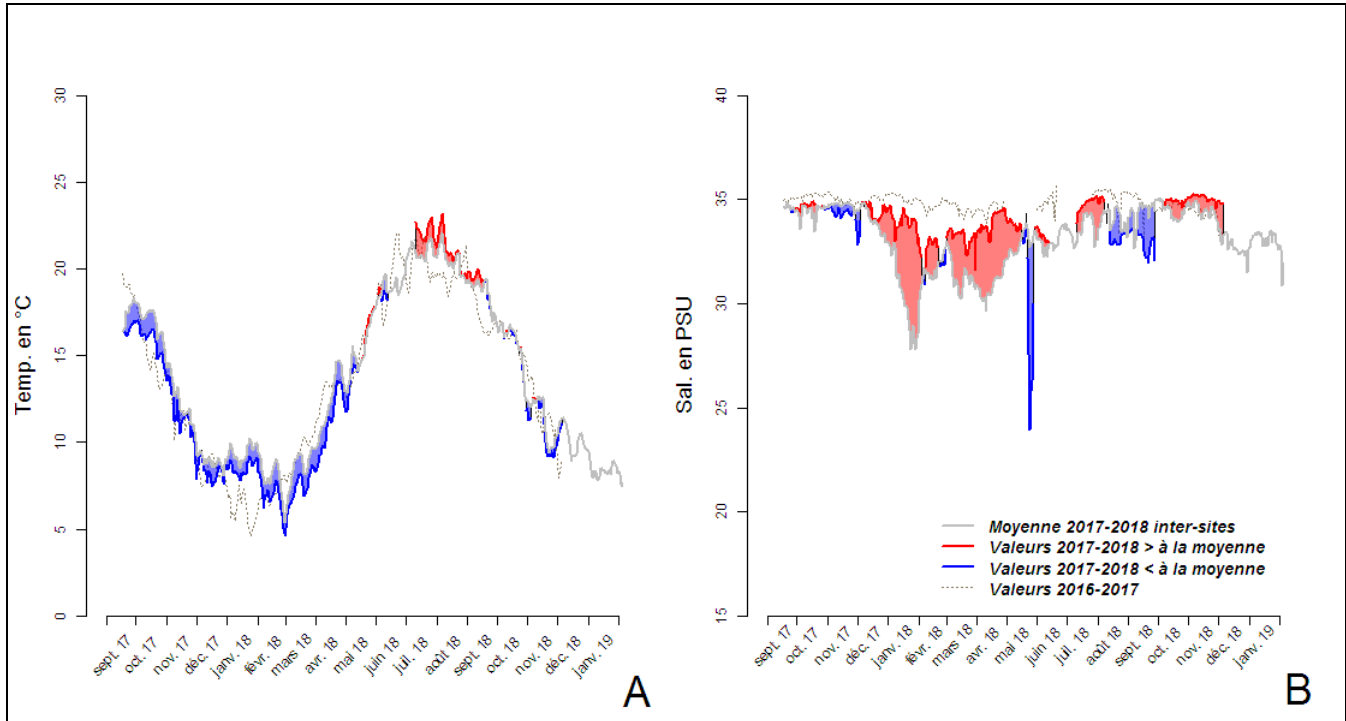


Figure 10 : Evolution au cours du temps et sur le site du Vivier **A)** de la température de l'eau de mer (moyenne journalière en °C) et **B)** de la salinité (moyenne journalière en PSU). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque les valeurs de la station sont supérieures à la moyenne inter-sites et en bleu lorsque les valeurs de la station sont inférieures à la moyenne inter-sites.

Etant donnée sa situation géographique, le site du Vivier-sur-mer profite d'un environnement littoral très semblable à celui du site d'Agon. Comme à Agon, la masse d'eau y est restée plus froide que dans les autres stations pendant la majeure partie de la campagne d'observation (Figure 10.A). Comme à Agon, la salinité moyenne mesurée sur le site est restée très majoritairement supérieure à 32 PSU sur la période comprise entre septembre 2017 et décembre 2018 (Figure 10.B). On notera une chute brutale et fugitive de la salinité moyenne entre les 23 et les 28 mai, qui ne semble pas coïncider avec un événement météorologique susceptible de l'expliquer et pourrait résulter d'un dysfonctionnement passager du capteur.

III.1.3.Site de Pont-Mahé

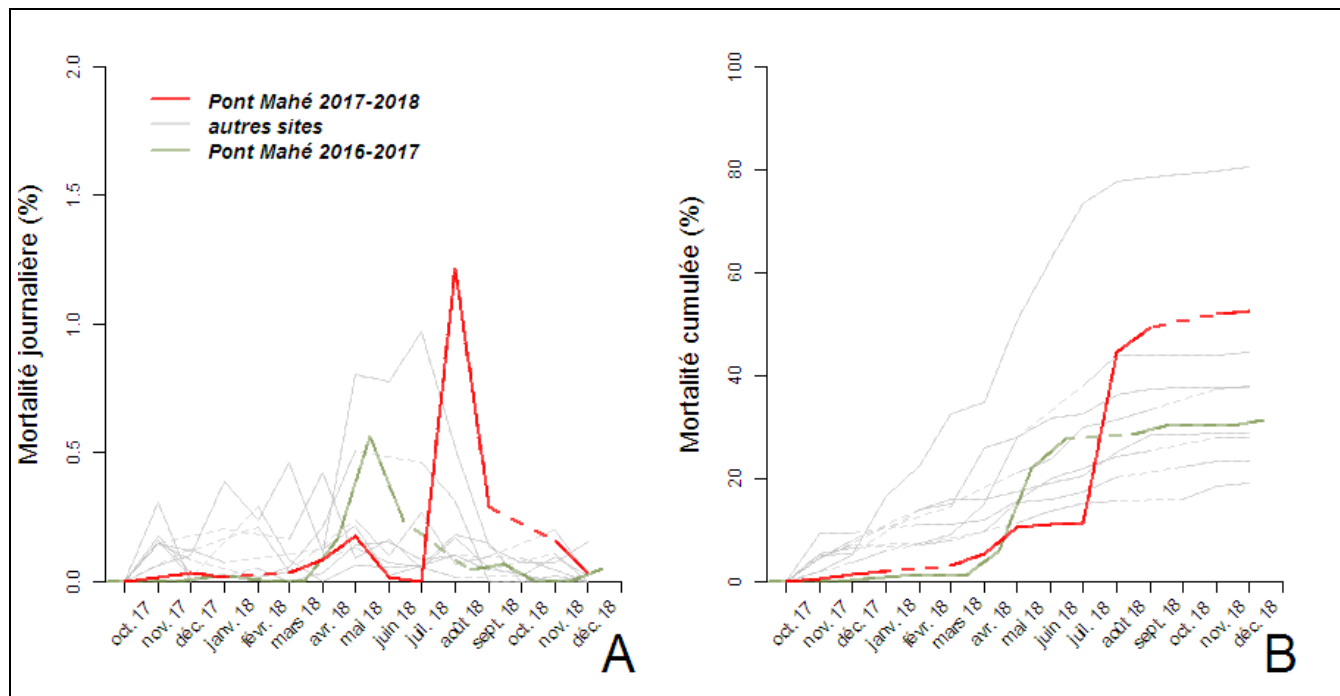


Figure 11 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentages, sur le site de Pont-Mahé, **A)** Mortalité journalière et **B)** Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau. Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Les mortalités relevées sur le site de Pont-Mahé en 2018 sont les plus fortes observées dans cette zone depuis le début des séries d'observations. Le cheptel hébergé sur ce secteur a subi un premier court épisode de mortalité entre mars et mai, puis un épisode plus important en août qui a coïncidé avec des mortalités généralisées sur les élevages alentour (Figure 11.A). Ce second épisode a été caractérisé par des proportions de mortalités exceptionnellement fortes, atteignant 1,2 % des individus par jour (Figure 11.A). A l'issue de ce second épisode, les taux de mortalité finaux atteignaient 52 % au mois de décembre 2018 (Figure 11.B).

D'une année sur l'autre, le site de Pont-Mahé se distingue comme l'un des sites du réseau présentant les meilleurs taux de croissance, et la campagne 2017-2018 ne constitue pas une exception à cette règle (Figures 12.A et 12.B). Le printemps s'est ainsi traduit par une accélération de la croissance assez nette à partir du mois de mars, et les taux de croissance sont restés particulièrement élevés sur toute la période comprise entre le printemps et l'hiver 2018. Au mois de décembre 2018, la longueur moyenne individuelle atteignait ainsi 43,72 mm pour une masse moyenne de 7,87 g.

Les indices de condition indiquent des niveaux de remplissage supérieurs à la moyenne inter-sites sur l'ensemble de la campagne d'observation pour la station de Pont-Mahé. Toutefois, les valeurs maximales atteintes restent, comme pour la plupart des sites, inférieures à celles observées au cours de la campagne précédente (Figures 12.C et 12.D).

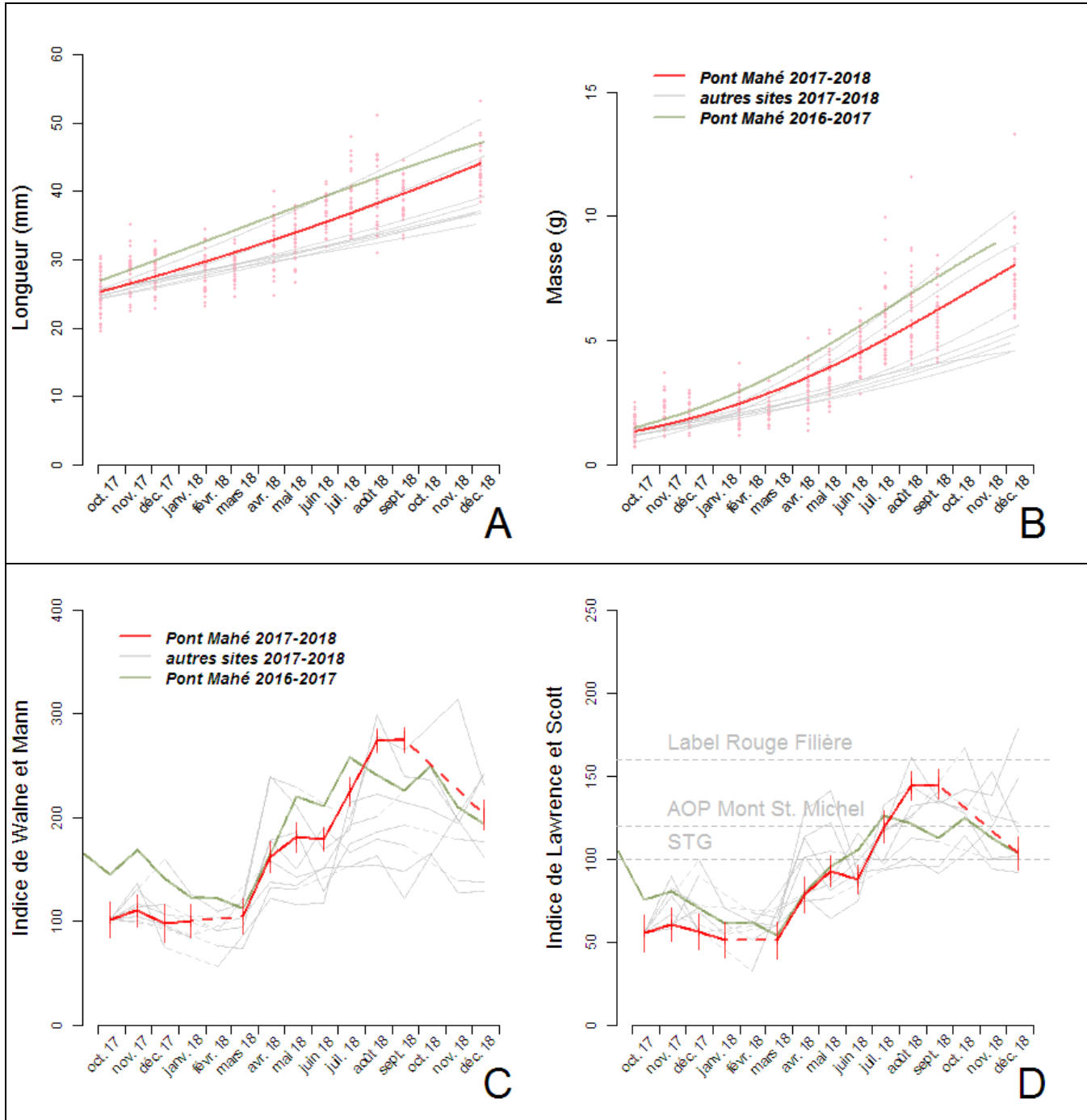


Figure 12 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de Pont-Mahé. Modèles de croissance (lignes continues) et observations (points) pour **A)** la Longueur droite (en mm), **B)** la Masse totale (en g). Moyenne \pm erreur-standard pour **C)** l'Indice de Walne et Mann (sans unité), **D)** l'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 moyennes journalières mesurées sur le site de Pont-Mahé sont restées proches de la moyenne inter-sites pendant la majeure partie de la période d'observation, avec des différences très généralement inférieures à 1°C entre ces 2 séries (Figure 13.A). Comme pour les autres sites, la campagne 2018 a été caractérisée par un hiver un peu moins froid et plus tardif que l'hiver précédent.

Au contraire, les valeurs de salinité se sont avérées très inférieures, à la moyenne inter-sites, mais également aux valeurs mesurées au cours de l'année précédente. Le fait que ce secteur soit plus soumis aux dessalures que les autres sites du réseau s'explique par son exposition aux apports fluviaux de la Vaine et de la Loire (Figure 13.B). Les valeurs très faibles observées au cours de cette campagne s'expliquent essentiellement par niveau de précipitation en 2018 bien supérieur à celui de 2017.

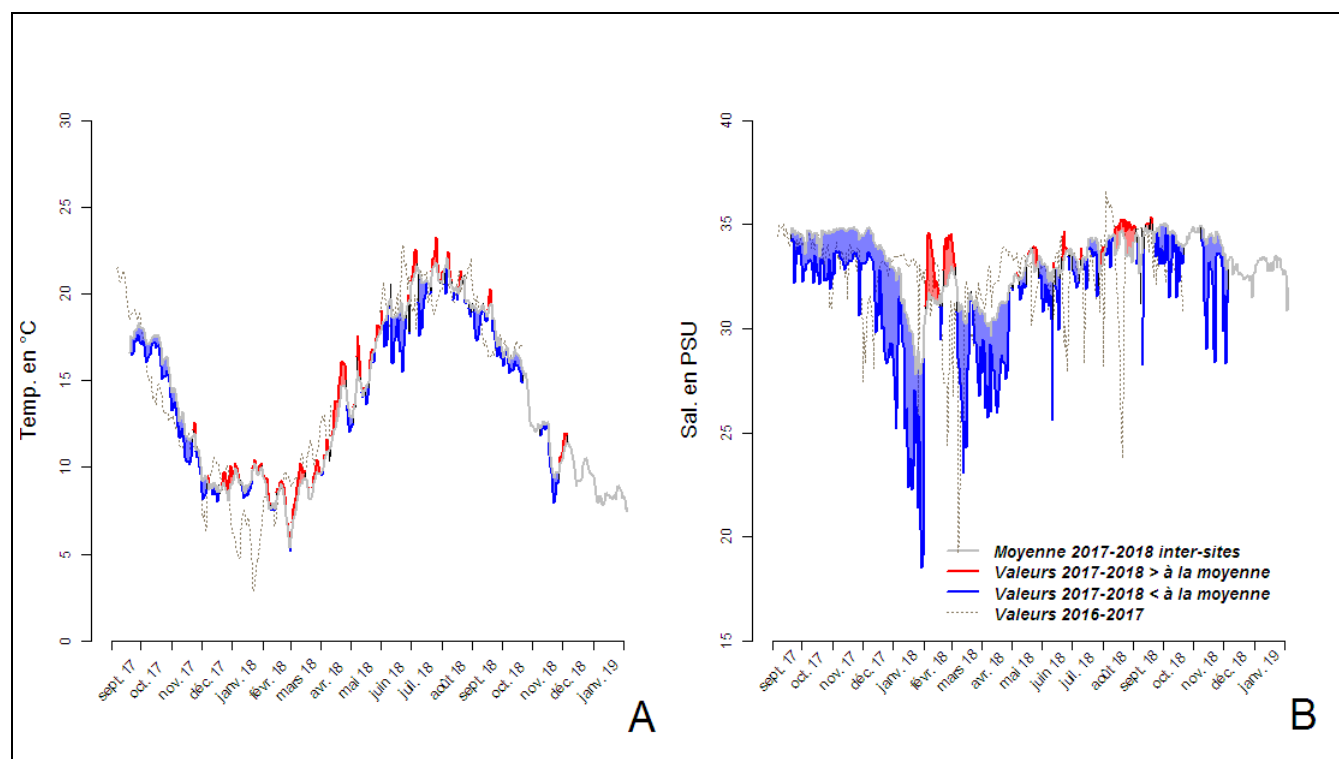


Figure 13 : Evolution au cours du temps et sur le site de Pont-Mahé **A)** de la température de l'eau de mer (moyenne journalière en °C) et **B)** de la salinité (moyenne journalière en PSU). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque les valeurs de la station sont supérieures à la moyenne inter-sites et en bleu lorsque les valeurs de la station sont inférieures à la moyenne inter-sites.

III.1.4.Site de Maison Blanche

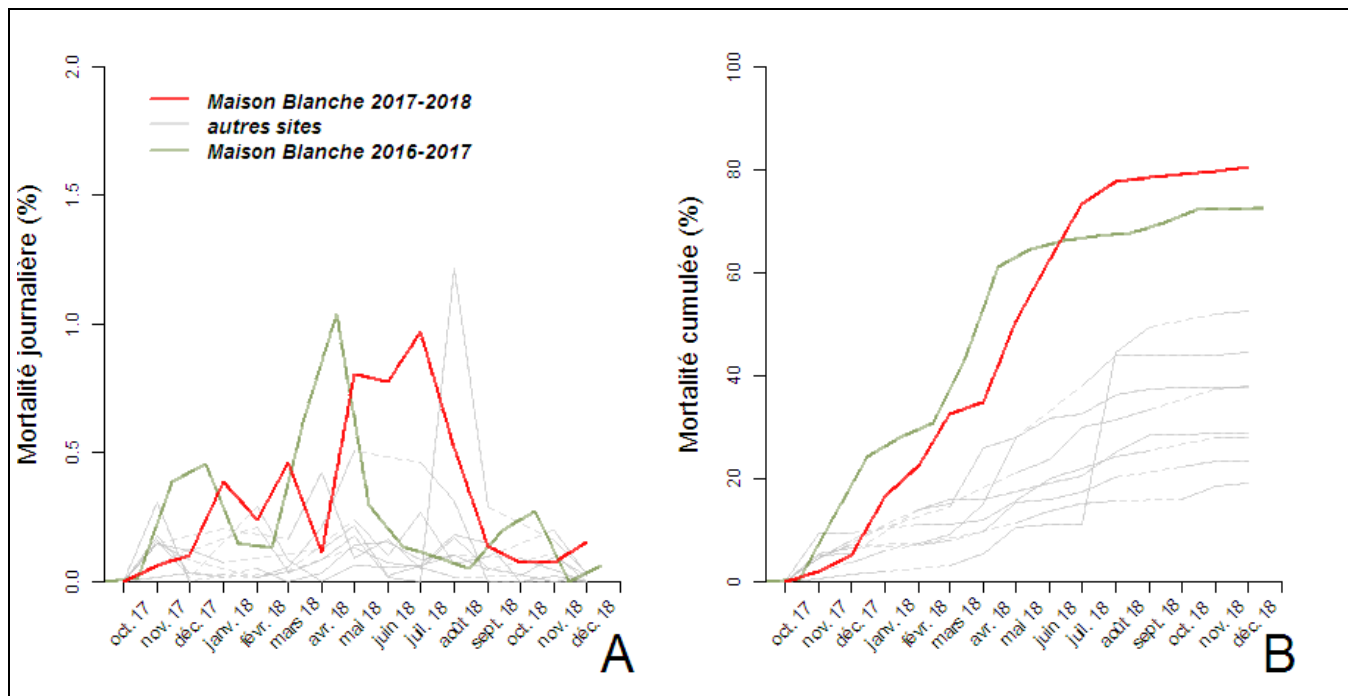


Figure 14 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentage, sur le site de Maison Blanche, **A)** Mortalité journalière et **B)** Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau. Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Les mortalités observées sur le site de Maison Blanche sont les plus importantes relevées au cours de la campagne 2017-2018. Sur ce secteur, les proportions journalières de mortalité ont été comprises entre 0,1 et 0,4 % entre novembre 2017 et avril 2018 et supérieures à 0,5 % entre mai et août 2018 (la valeur maximale étant relevée au mois de juillet) (Figure 14.A). Les proportions de mortalité finales, au mois de décembre, ont atteint 81 % de l'effectif, en légère augmentation par rapport aux résultats de l'année précédente (Figure 14.B).

Sur le site de maison Blanche, la croissance, qu'elle soit décrite par le suivi de la longueur ou de la masse moyenne individuelle suit habituellement la même tendance que sur le site de Pont-Mahé dont il est géographiquement très proche (Figures 15.A et 15.B). La longueur moyenne individuelle a ainsi cru fortement et de façon relativement monotone tout au long de la période d'observation (Figure 15.A). La croissance des individus en masse a accéléré au début du printemps 2018 et les taux de croissance sont restés élevés jusqu'à la fin de la campagne. Au mois de décembre 2018, la longueur moyenne individuelle atteignait alors 43,39 mm pour une masse moyenne de 8,0 g.

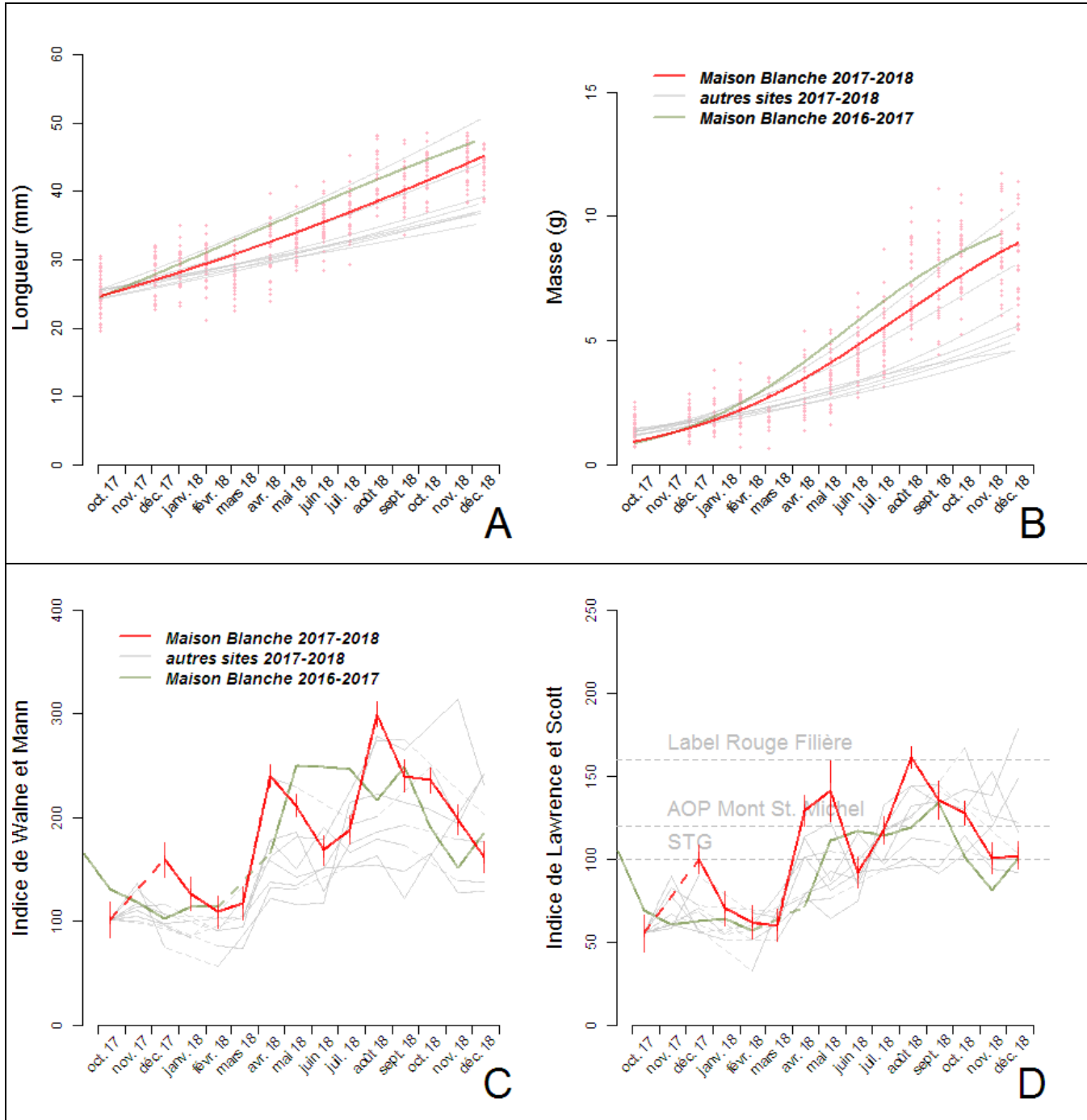


Figure 15 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de Maison Blanche. Modèles de croissance (lignes continues) et observations (points) pour **A)** la Longueur droite (en mm), **B)** la Masse totale (en g). Moyenne \pm erreur-standard pour **C)** l'Indice de Walne et Mann (sans unité), **D)** l'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).

Le suivi des indices de condition sur le site de Maison Blanche indique un taux de remplissage moyen globalement très supérieur à la moyenne inter-sites, et présentant de fortes variations temporelles (Figures 15.C et 15.D). Les valeurs maximales atteintes par les indices (respectivement 299 pour l'indice de Walne et Mann et 162 pour l'indice de Lawrence et Scott au mois de juillet 2018) le classent effectivement comme l'un des secteurs sur lesquels les plus forts taux de remplissage ont été mesurés précocement : la valeur seuil de l'indice de Lawrence et Scott pour l'appellation STG a ainsi

été dépassé dès le mois d'avril 2018 (Figure 15.D). L'alternance rapide de phases d'accroissement, et de diminution des indices suggère que le cheptel a connu, au cours de la période d'étude, plusieurs épisodes successifs de maturation gonadique suivis d'évènements d'émission des produits gamétiques.

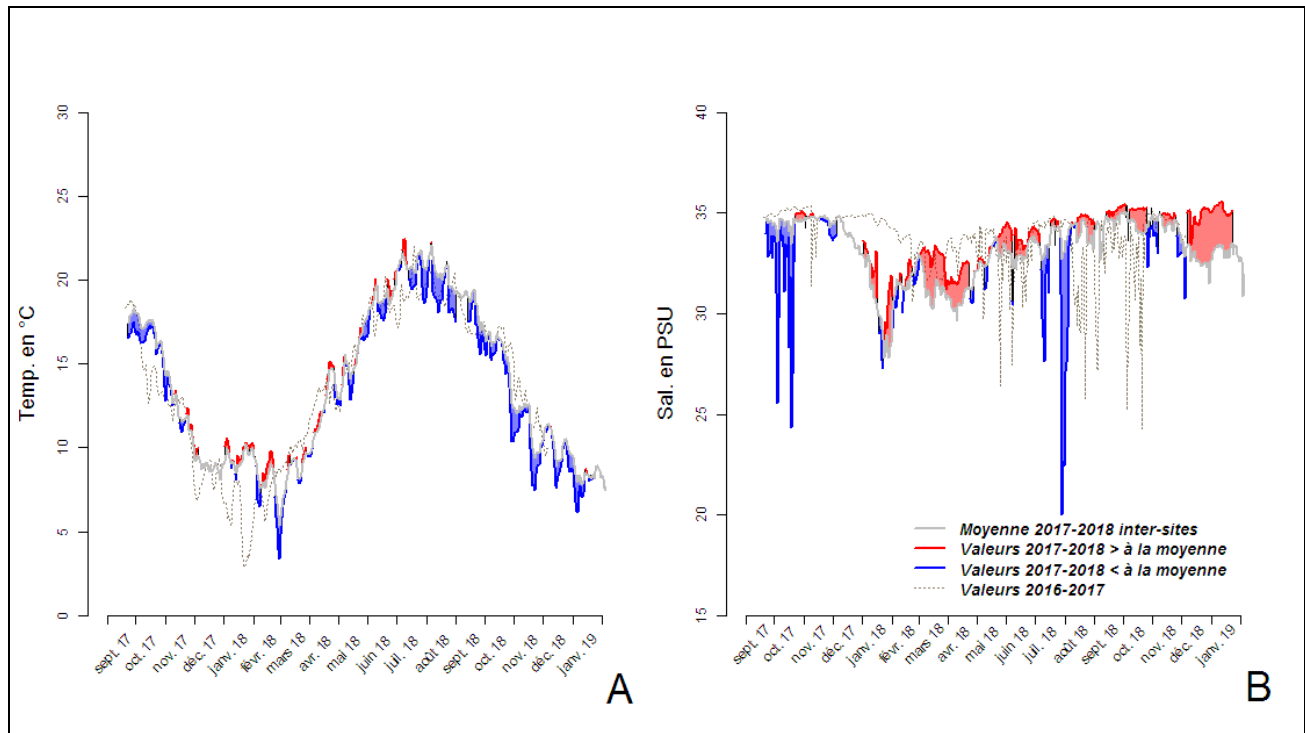


Figure 16 : Evolution au cours du temps et sur le site de Maison Blanche **A)** de la température de l'eau de mer (moyenne journalière en °C) et **B)** de la salinité (moyenne journalière en PSU). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque les valeurs de la station sont supérieures à la moyenne inter-sites et en bleu lorsque les valeurs de la station sont inférieures à la moyenne inter-sites.

Sur ce secteur, les températures se sont avérées globalement très proches de la moyenne inter-sites jusqu'à l'été 2018, avant de devenir franchement inférieures à celle-ci et ce, jusqu'à la fin de la période d'observation (Figure 16.A). La salinité est également parue assez proche de la moyenne inter-sites, voire légèrement supérieure sur la plus grande partie de la période d'observation et à l'exception de 2 épisodes marqués de dessalure entre septembre et octobre 2017 et entre juin et juillet 2018 (Figure 16.B). A l'instar de Pont-Mahé, ce site d'observation semble soumis à de fortes variations pour les paramètres hydrologiques qui trouvent sans doute leur explication dans la position géographique du point, à proximité des embouchures de la Vilaine et de la Loire.

III.1.5.Site de Roulières

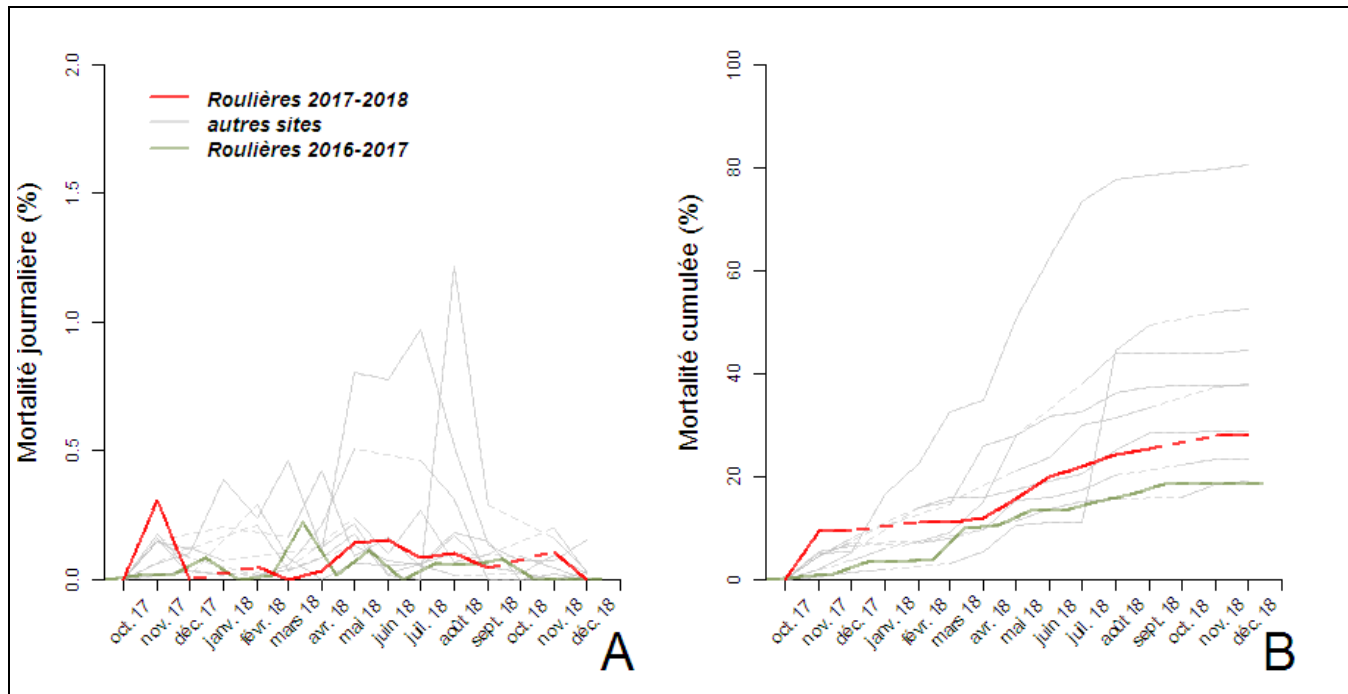


Figure 17 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentages, sur le site de Roulières, **A)** Mortalité journalière et **B)** Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau. Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Après avoir atteint des valeurs supérieures à 80 % pendant la campagne 2015-2016, les mortalités observées depuis 2 ans sur le site de Roulières sont relativement modérées. Sur ce site, les proportions journalières de mortalité n'ont jamais dépassé 0,3 % de l'effectif par jour (Figure 17.A) et sont restées stables tout au long du suivi. A la fin de celui-ci en décembre 2018, ces mortalités avaient entraîné la perte de 27,8 % de l'effectif (Figure 17.B), en légère progression (+ 9 %) par rapport à la campagne précédente.

Sur le site de Roulières, l'évolution de la longueur individuelle et de la masse totale s'est avérée légèrement inférieure à celle de la moyenne inter-sites (Figures 18.A et 18.B). Contrairement aux 3 stations qui présentent chaque année les meilleurs croissances (Pont-Mahé, Maison Blanche et Filière), l'évolution de ces paramètres sur le secteur a paru monotone et n'a pas connu d'accélération marquée au printemps 2018. A l'issue de la saison d'observation, les longueurs et masses moyennes des moules atteignaient respectivement les valeurs de 38,20 mm et 7,87 g, proches de la moyenne inter-sites, avec des performances très nettement inférieures à celles observées en 2017 (Figures 18.A et 18.B).

Les indices de condition mesurés sur le site de Roulières indiquent des niveaux de remplissage parmi les plus hauts mesurés au cours de la campagne (Figures 18.C et 18.D). Le site se distingue notamment des autres sites des pertuis charentais, avec des valeurs de l'indice de Lawrence et Scott supérieures à 120 sur toute la période comprise entre juillet et novembre 2018, comme c'était déjà le cas au cours de l'année précédente.

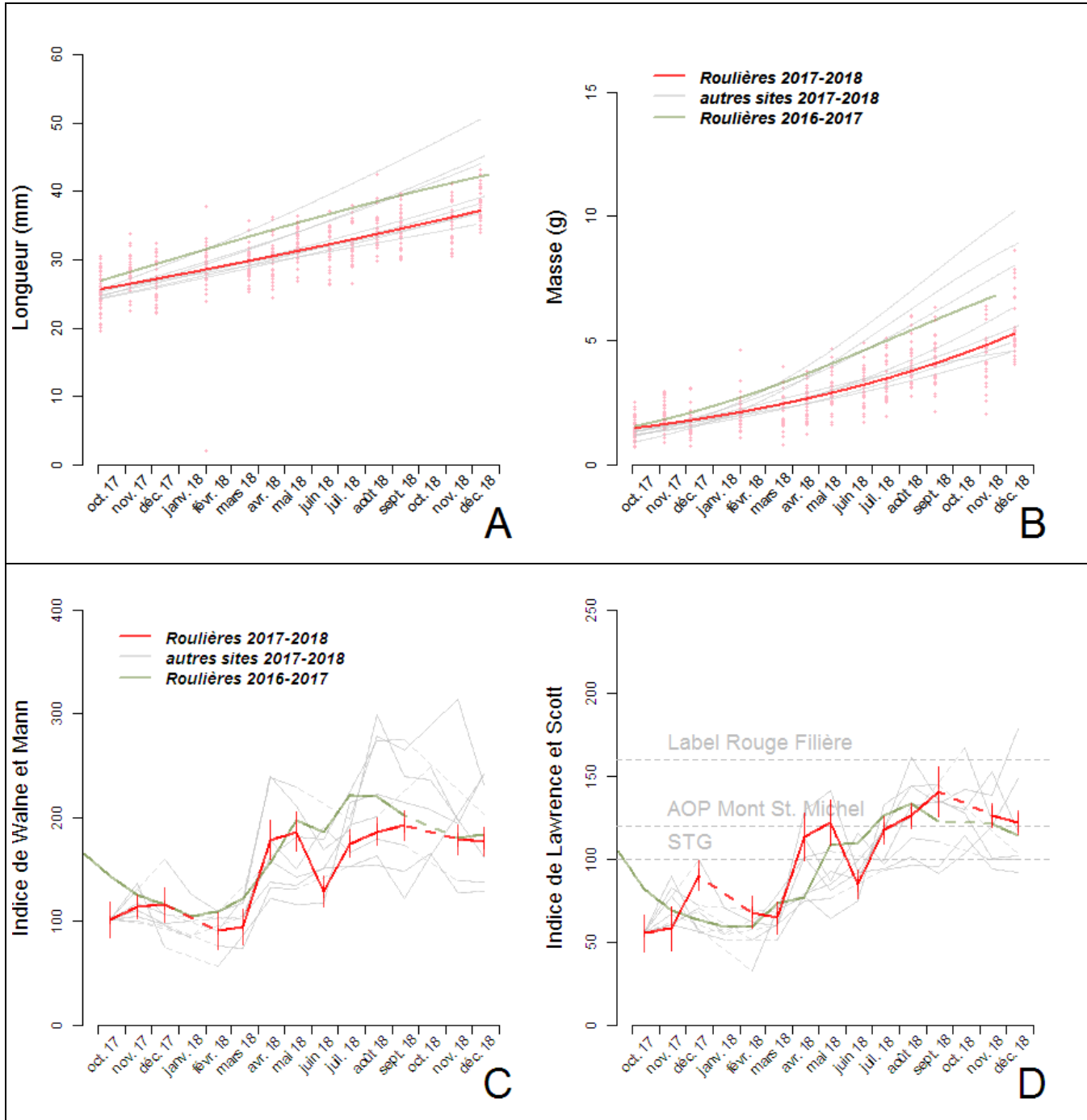


Figure 18 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de Roulières. Modèles de croissance (lignes continues) et observations (points) pour **A)** la Longueur droite (en mm), **B)** la Masse totale (en g). Moyenne \pm erreur-standard pour **C)** l'Indice de Walne et Mann (sans unité), **D)** l'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 sur le site de Roulières sont apparues très clairement supérieures à la moyenne inter-sites pendant la majeure partie de la période d'observation, comme ce fut le cas d'ailleurs pour les autres sites sur estran des pertuis charentais (Figure 19.A). L'évolution des températures en 2017 sur ce site indique un hiver 2016-2017 plus doux que l'hiver précédent, et une hausse des températures printanières rapide, comme cela a été observé sur nombre de sites du MYTILOBS

Par rapport à un site très exposé aux apports fluviaux (comme Pont-Mahé par exemple), le site de Roulières est en général relativement peu soumis à des variations de salinité. Au cours de la campagne 2017-2018, les salinités y sont restées très proches de 35 PSU jusqu'à la fin du mois de décembre 2017, et sur une longue période comprise entre juin et novembre 2018. Contrairement aux observations effectuées au cours de la campagne précédente toutefois, une période marquée de dessalure a pu être observée entre janvier et avril 2018, avec des moyennes journalières inférieures à 30 PSU (Figure 19.B).

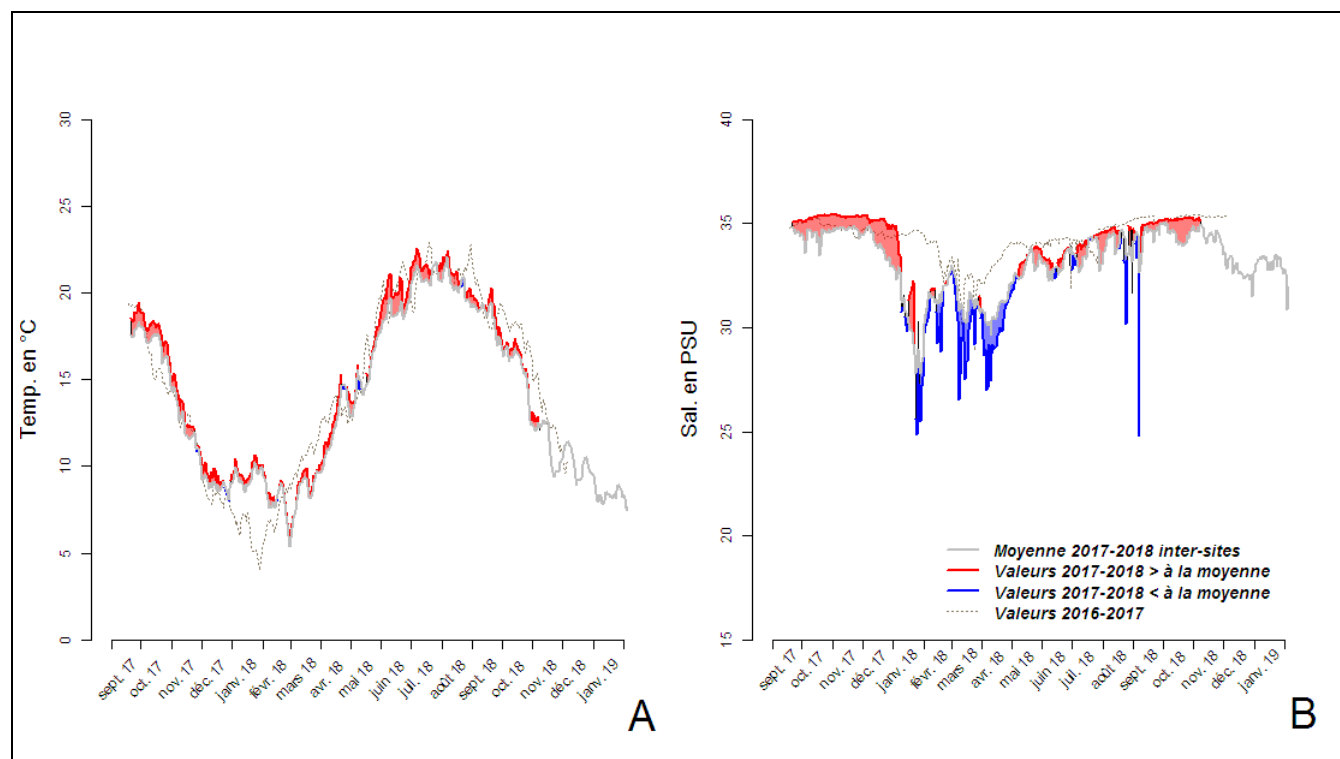


Figure 19 : Evolution au cours du temps et sur le site de Roulières **A)** de la température de l'eau de mer (moyenne journalière en °C) et **B)** de la salinité (moyenne journalière en PSU). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque les valeurs de la station sont supérieures à la moyenne inter-sites et en bleu lorsque les valeurs de la station sont inférieures à la moyenne inter-sites.

III.1.6.Site de Filière

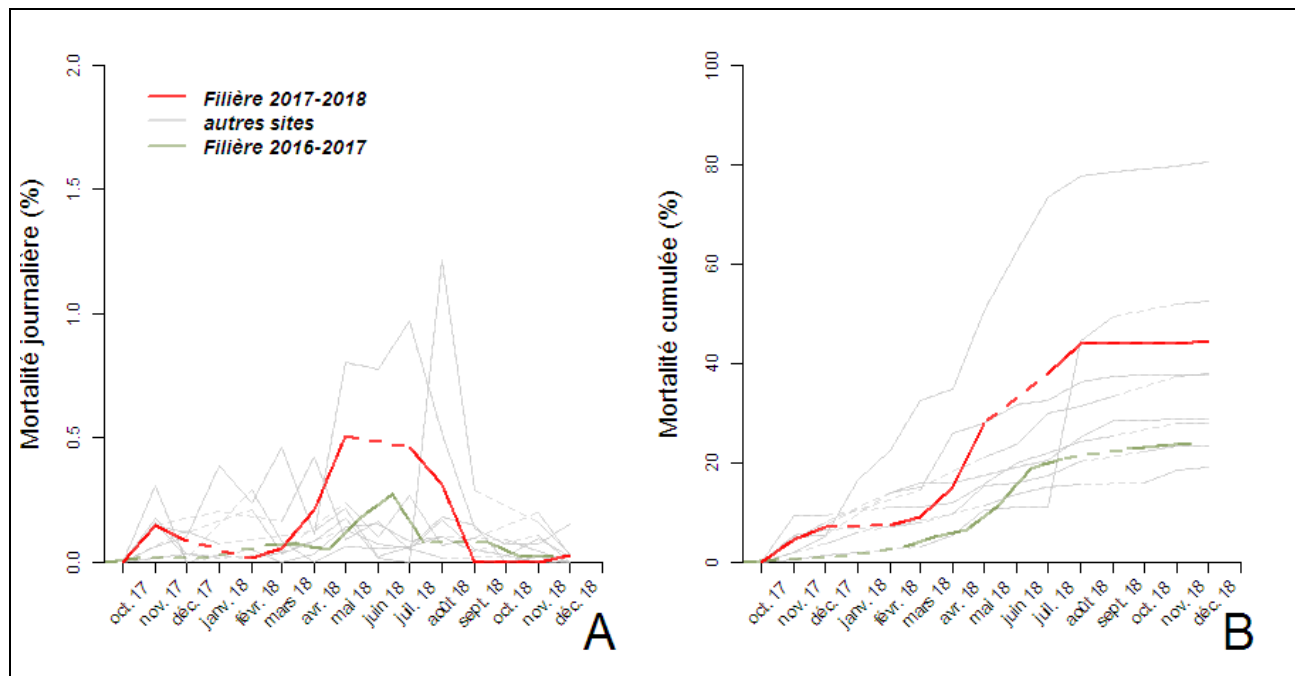


Figure 20 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentages, sur le site de Filière, **A**) Mortalité journalière et **B**) Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau. Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Alors que les mortalités observées sur le site de Filière en 2017 étaient restées relativement faibles, les pertes enregistrées au cours de la campagne 2017-2018 ont une nouvelle fois augmenté. L'évolution des proportions de mortalité journalière indique ainsi un épisode de mortalité entre avril et juillet 2018, caractérisé par des valeurs supérieures à 0,2 % entre avril et août 2018 (Figure 20.A). Au mois de décembre 2018, à l'issue de cet épisode de mortalité, les proportions de mortalité cumulées ont finalement atteint 44,5 %, en nette recrudescence par rapport à la proportion estimée au cours de la campagne précédente (qui avait atteint 24 % au mois de décembre 2017) (Figure 20.B).

La croissance sur ce site s'est avérée largement supérieure à celle enregistrée sur les autres sites du réseau, pour la longueur et pour la masse totale (Figures 21.A et 21.B), venant confirmer la tendance observée au cours des campagnes précédentes d'observation. Comme pour les sites de Maison Blanche et de Pont-Mahé, une accélération nette de la croissance de la masse moyenne individuelle a ainsi été constatée à partir du mois d'avril. A l'issue de la campagne, les moules atteignaient en moyenne une taille de 48,33 mm pour 8,66 g, classant le site au premier rang pour la croissance en 2018. Ces croissances exceptionnelles, qui se répètent d'une année sur l'autre, sont évidemment liées en grande partie au mode d'élevage. Les moules étant constamment immergées sur les filières de pleine eau, elles ont accès à la nourriture à chaque instant, ce qui n'est pas le cas sur les bouchots pour lesquels la proportion moyenne de temps passée en émergence est de 21 %.

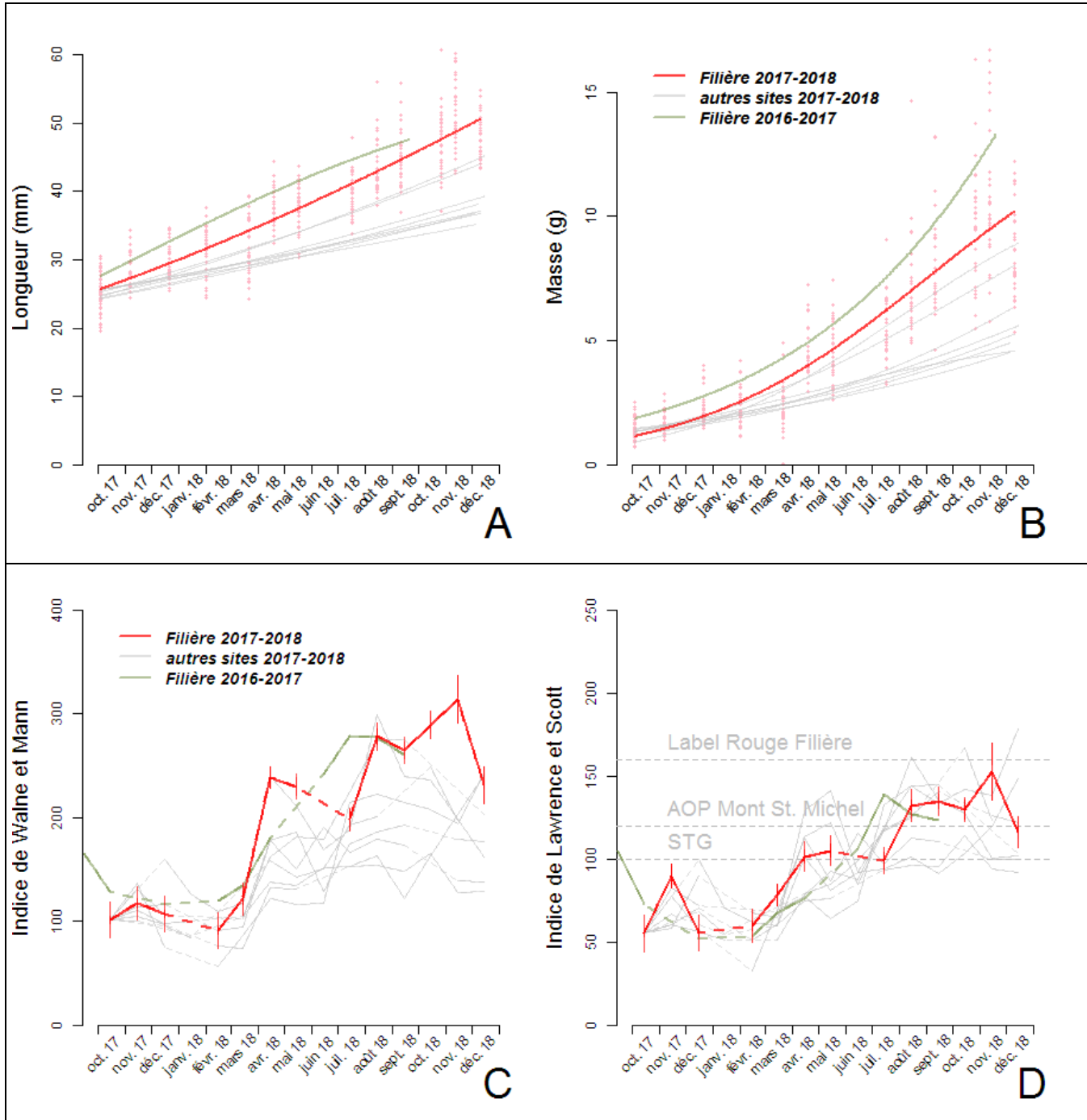


Figure 21 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de Filière. Modèles de croissance (lignes continues) et observations (points) pour **A**) la Longueur droite (en mm), **B**) la Masse totale (en g). Moyenne \pm erreur-standard pour **C**) l'Indice de Walne et Mann (sans unité), **D**) l'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 températures sur le site de Filière a décrit la même tendance que celle observée au cours des campagnes précédentes, et qui est typique d'un site soumis à une forte influence océanique. La masse d'eau y est apparue ainsi moins sujette aux forçages météorologiques locaux : les températures sont restées supérieures à la moyenne pendant les périodes automnales et hivernales au cours desquelles les températures ont fortement décliné sur les autres sites (Figure 22.A). A l'inverse, les températures sont devenues rapidement inférieures à la moyenne pendant

toute la période comprise entre la fin janvier et la fin juin 2017. La salinité a présenté également une évolution en relation avec le contexte environnemental particulier du site, peu soumis aux apports fluviaux. Les valeurs de salinité journalières sont ainsi restées supérieures à la moyenne inter-site sur toute la période comprise entre novembre 2017 et mars 2018. Contrairement aux observations effectuées au cours de la campagne précédente, une chute marquée des salinités a toutefois été observée entre janvier et juillet 2018, conséquence d'un hiver et d'un printemps moins secs (Figure 22.B). Les dessalures observées plus tard, entre juin et juillet puis en octobre 2018 restent plus difficiles à expliquer dans la mesure où le même phénomène n'est pas observé sur les stations de l'Aiguillon et de Roulières, pourtant proches géographiquement, et a priori plus exposés aux apports fluviaux de la Sèvre niortaise et du Lay.

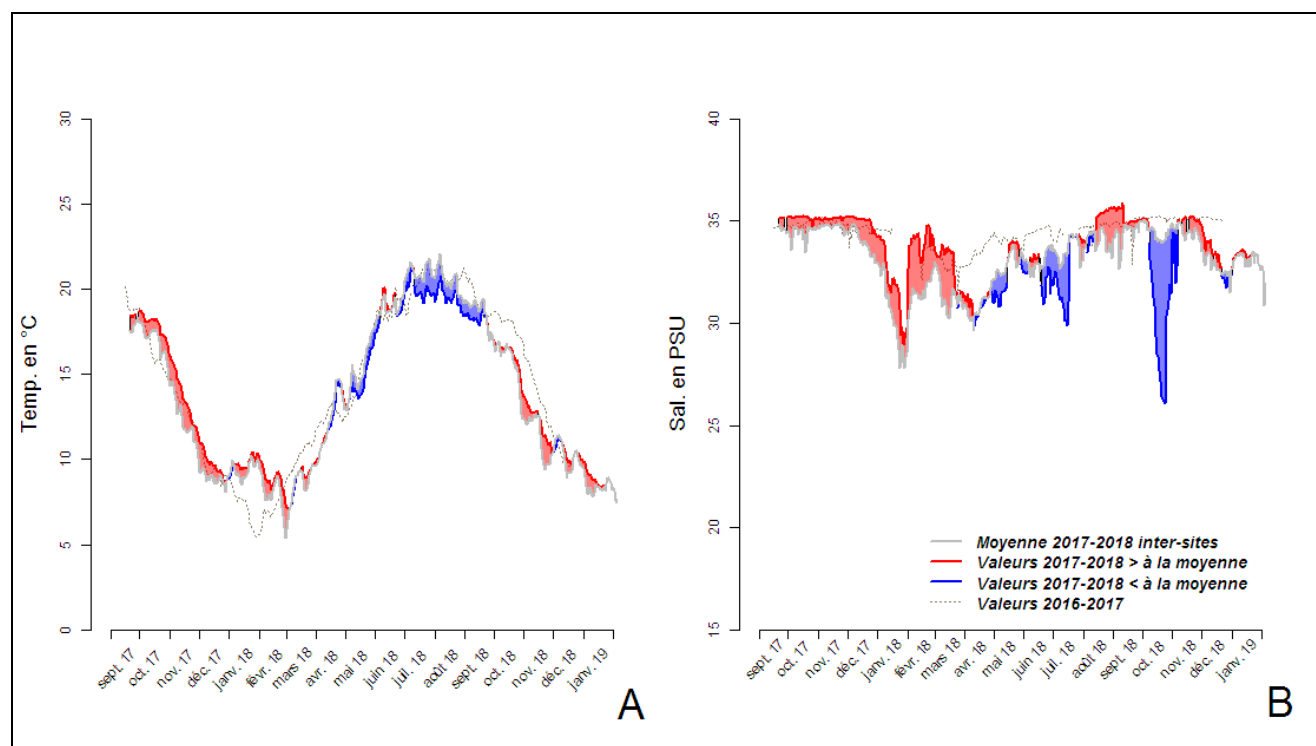


Figure 22 : Evolution au cours du temps et sur le site de Filière **A**) de la température de l'eau de mer (moyenne journalière en °C) et **B**) de la salinité (moyenne journalière en PSU). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque les valeurs de la station sont supérieures à la moyenne inter-sites et en bleu lorsque les valeurs de la station sont inférieures à la moyenne inter-sites.

III.1.7.Site de l'Aiguillon

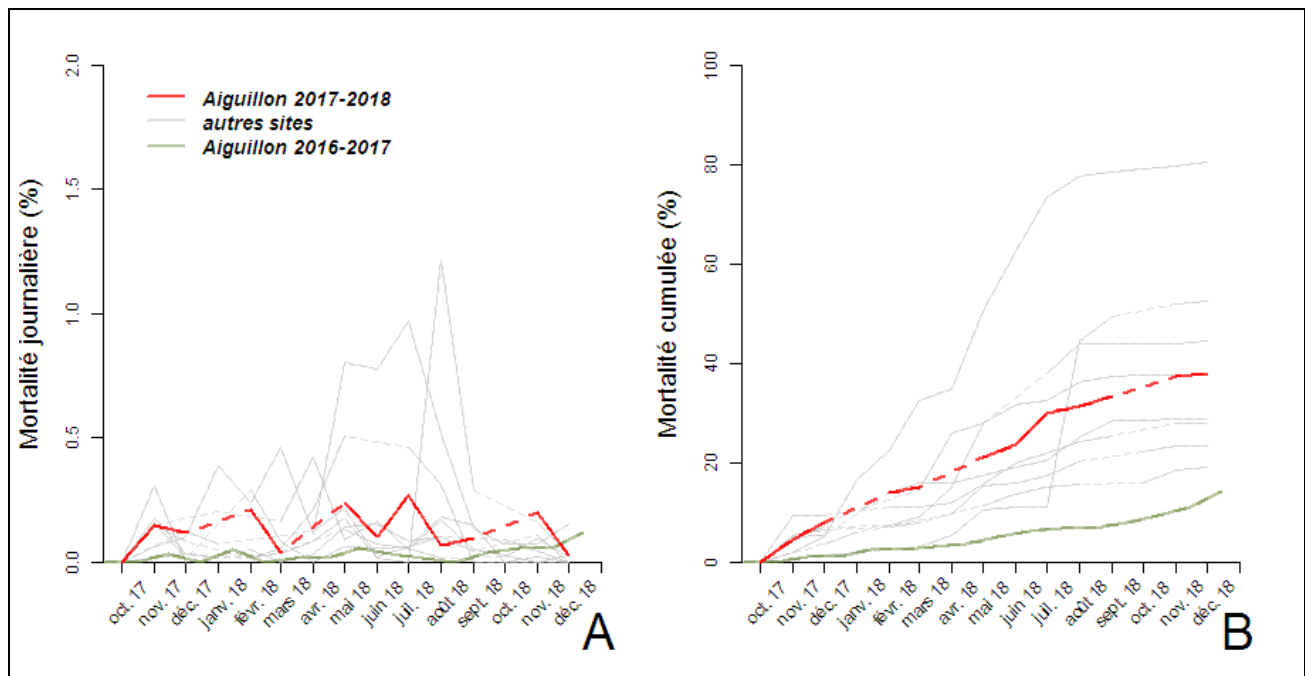


Figure 23 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentages, sur le site de l'Aiguillon, **A**) Mortalité journalière et **B**) Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau. Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Sur le site de l'Aiguillon, une mortalité modérée mais chronique, a été observée durant toute la durée de la campagne 2017-2018 (Figure 23.A). Les pertes constatées n'ont ainsi jamais dépassé le seuil de 0,3 % de mortalité journalière, mais la disparition régulière d'une petite proportion du cheptel, tout au long de la saison, a conduit à une mortalité cumulée de 38 % de l'effectif initial au mois de décembre 2018 (Figure 23.B). Comme c'est le cas pour la majorité des sites du réseau, les mortalités observées sur le site de l'Aiguillon se sont avérées supérieures à celles observées au cours de l'année précédente.

Les longueurs et masses individuelles mesurées sur le site de l'Aiguillon sont restées proches de la moyenne inter-sites pendant toute la période comprise entre octobre 2017 et juin 2018 (Figures 24.A et 24.B). A partir de cette date et jusqu'à la fin de la campagne, la croissance s'est avérée extrêmement modérée, et nettement plus faible qu'au cours de la saison précédente. Au mois de décembre, la longueur et la masse totale atteignaient respectivement 35,37 mm et 4,44 g, ce qui classe ce site au dernier rang pour la croissance en 2018.

Les indices de remplissage sur le site de l'Aiguillon ont montré un fort accroissement de ceux-ci entre les mois de mars et avril 2018, également observée pour les autres sites des pertuis charentais (Figures 24.C et 24.D). A l'issue de cette phase printanière d'accroissement rapide, les indices de remplissage ont fluctué jusqu'à la fin de la saison d'observation, les périodes de croissance et de maturation gonadique alternant avec des épisodes d'émission gamétique. A l'issue de cette seconde période, les niveaux de remplissage observés sur ce site sont restés relativement modérés, mais stables, compris entre 137 et 177 pour l'indice de Walne et Mann (Figures 24.C), entre 87 et 113 pour l'indice de Lawrence et Scott (Figures 24.D).

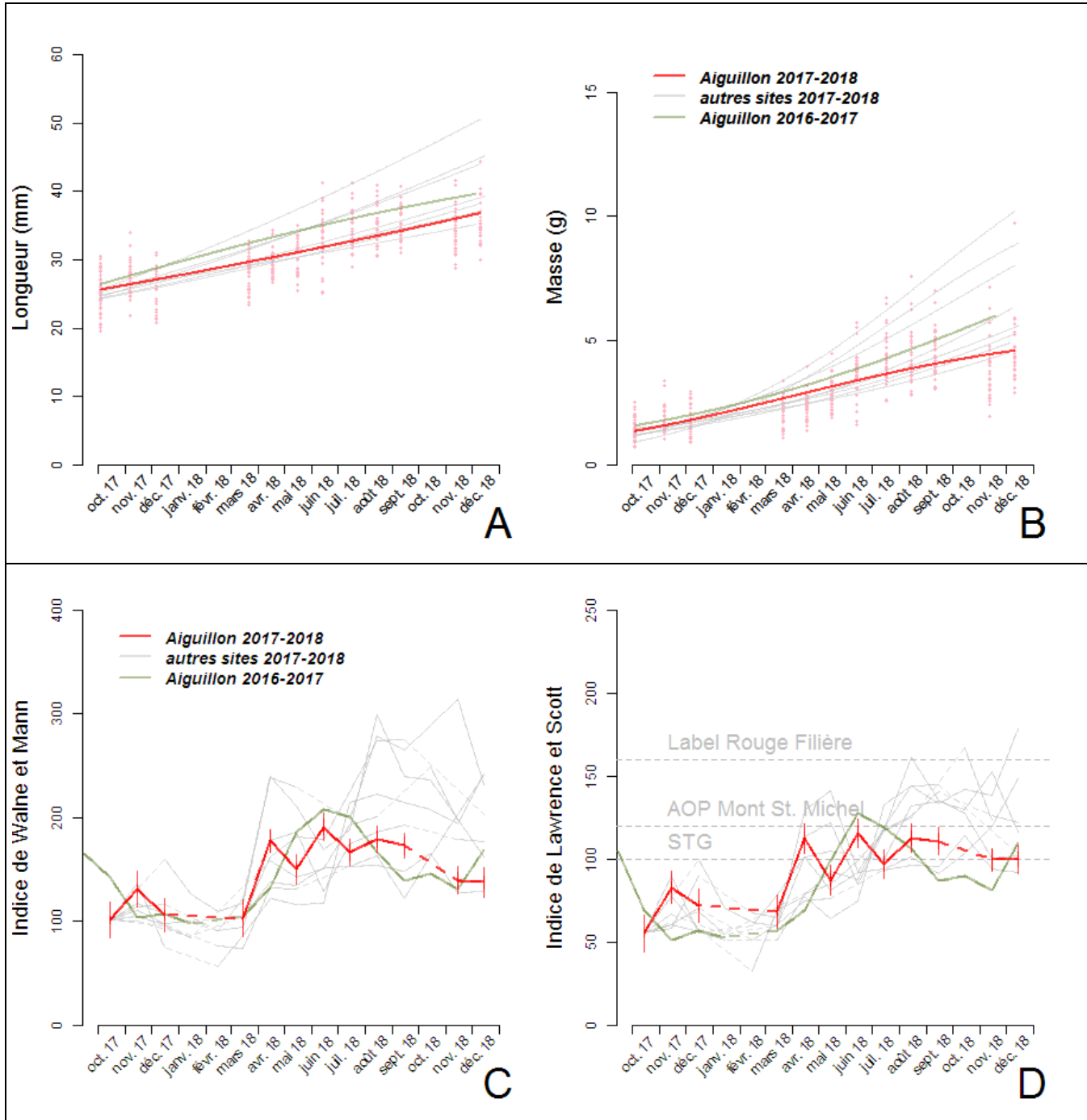


Figure 24 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de l'Aiguillon. Modèles de croissance (lignes continues) et observations (points) pour **A)** la Longueur droite (en mm), **B)** la Masse totale (en g). Moyenne \pm erreur-standard pour **C)** l'Indice de Walne et Mann (sans unité), **D)** l'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, les températures mesurées se sont avérées supérieures à la moyenne inter-sites pendant la presque totalité de la campagne d'observation, comme c'est le cas des sites sur estran des pertuis charentais (Figure 25.A). Des valeurs inférieures à la moyenne inter-site ont toutefois été observées au cours de 2 courtes périodes comprises entre novembre 2017 et janvier 2018, puis entre novembre 2018 et janvier 2019. Comme sur les autres sites, la comparaison des

températures enregistrées au cours de la campagne 2017-2018 avec celles de la campagne précédente montre un hiver moins rigoureux et plus tardif que l'hiver précédent.

Les salinités mesurées se sont avérées très supérieures à la moyenne inter-site pendant la majeure partie de la période d'observation à l'exception de 2 périodes comprises entre janvier 2018 et mai 2018, puis entre novembre 2018 et janvier 2019 (Figure 25.B). La coïncidence entre ces périodes de dessalure et les périodes au cours desquelles la température s'est avérée inférieure à la moyenne inter-sites suggère que ces phénomènes sont liés aux apports d'eau douce sur ce site, situé à proximité immédiate de l'embouchure du Lay et de la Sèvre Niortaise. Comme c'est le cas pour tous les sites (et particulièrement pour les sites soumis à de fortes influences estuariennes), les salinités mesurées au cours de la campagne 2017-2018 sur le site de l'Aiguillon se sont avérées très inférieures à celles observées au cours de la campagne précédente, témoignant d'apports fluviaux nettement plus importants induits par un hiver 2017-2018 beaucoup plus humide que le précédent.

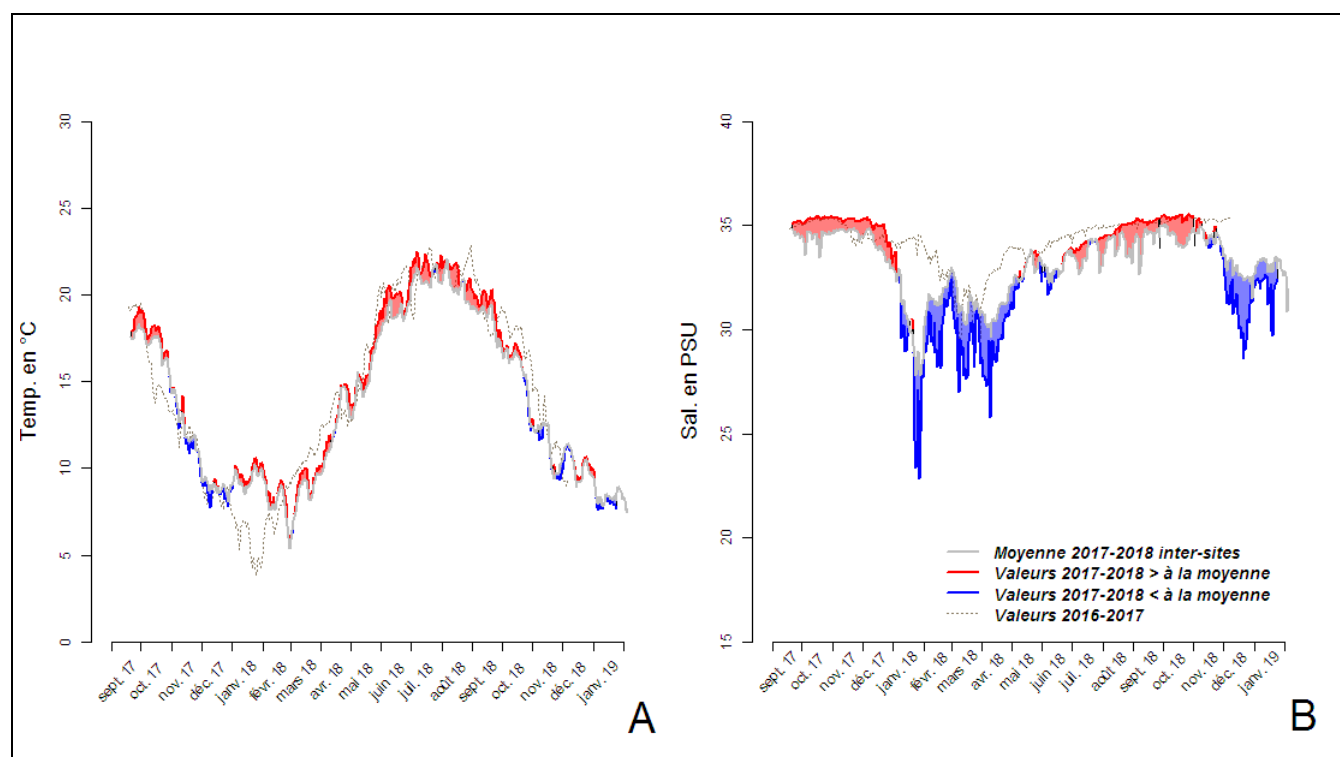


Figure 25 : Evolution au cours du temps et sur le site de l'Aiguillon **A)** de la température de l'eau de mer (moyenne journalière en °C) et **B)** de la salinité (moyenne journalière en PSU). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque les valeurs de la station sont supérieures à la moyenne inter-sites et en bleu lorsque les valeurs de la station sont inférieures à la moyenne inter-sites.

III.1.8.Site de Yves

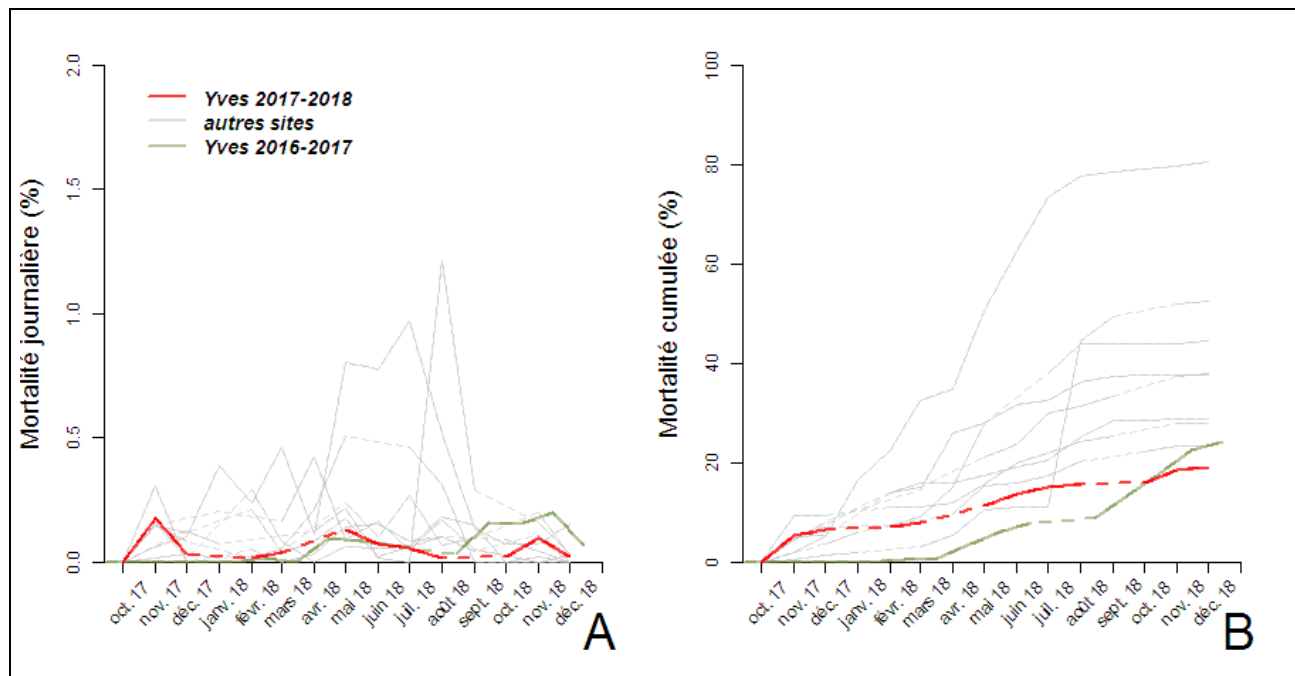


Figure 26 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentages, sur le site d'Yves, **A)** Mortalité journalière et **B)** Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau. Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Le site de Yves est le seul site du réseau sur lequel des mortalités (très légèrement) inférieures à celles de la campagne précédente ont été enregistrées entre octobre 2017 et décembre 2018 (Figures 26.A et 26.B). Sur ce secteur, les mortalités journalières sont restées cantonnées en deçà de 0,2 % de l'effectif sur toute la période d'observation (Figure 26.A) conduisant à un taux de pertes de 19 % à la fin décembre (Figure 26.B).

Sur le site d'Yves, les croissances en longueur et en masse ont suivi, une évolution très similaire à celles observées sur les autres sites des pertuis charentais positionnés sur l'estran (Figures 27.A et 27.B). Après une période de croissance faible entre les mois d'octobre 2017 et mars 2018, celle-ci s'est très légèrement intensifiée à partir du mois d'avril 2018, sans toutefois présenter l'inflexion observée pour les sites de Pont-Mahé, de Maison Blanche ou de Filière (Figures 27.A et 27.B). Au mois de décembre 2018, les moules atteignaient en moyenne 37,5 mm de longueur moyenne pour 5,0 g de masse totale, soit des valeurs légèrement inférieures à celles mesurées au cours de la campagne précédente.

A l'inverse, et contrairement aux observations de 2017, les valeurs mesurées pour les indices de remplissage de Lawrence et Scott et de Walne et Mann sur le site de Yves se sont révélées particulièrement élevées à partir du mois de juillet 2018. L'indice de Walne et Mann a ainsi présenté des valeurs supérieures à 200 depuis cette date et jusqu'à la fin de la période (Figure 27.C), l'indice de Lawrence et Scott dépassant même la valeur seuil du label rouge en fin de saison (Figure 27.D).

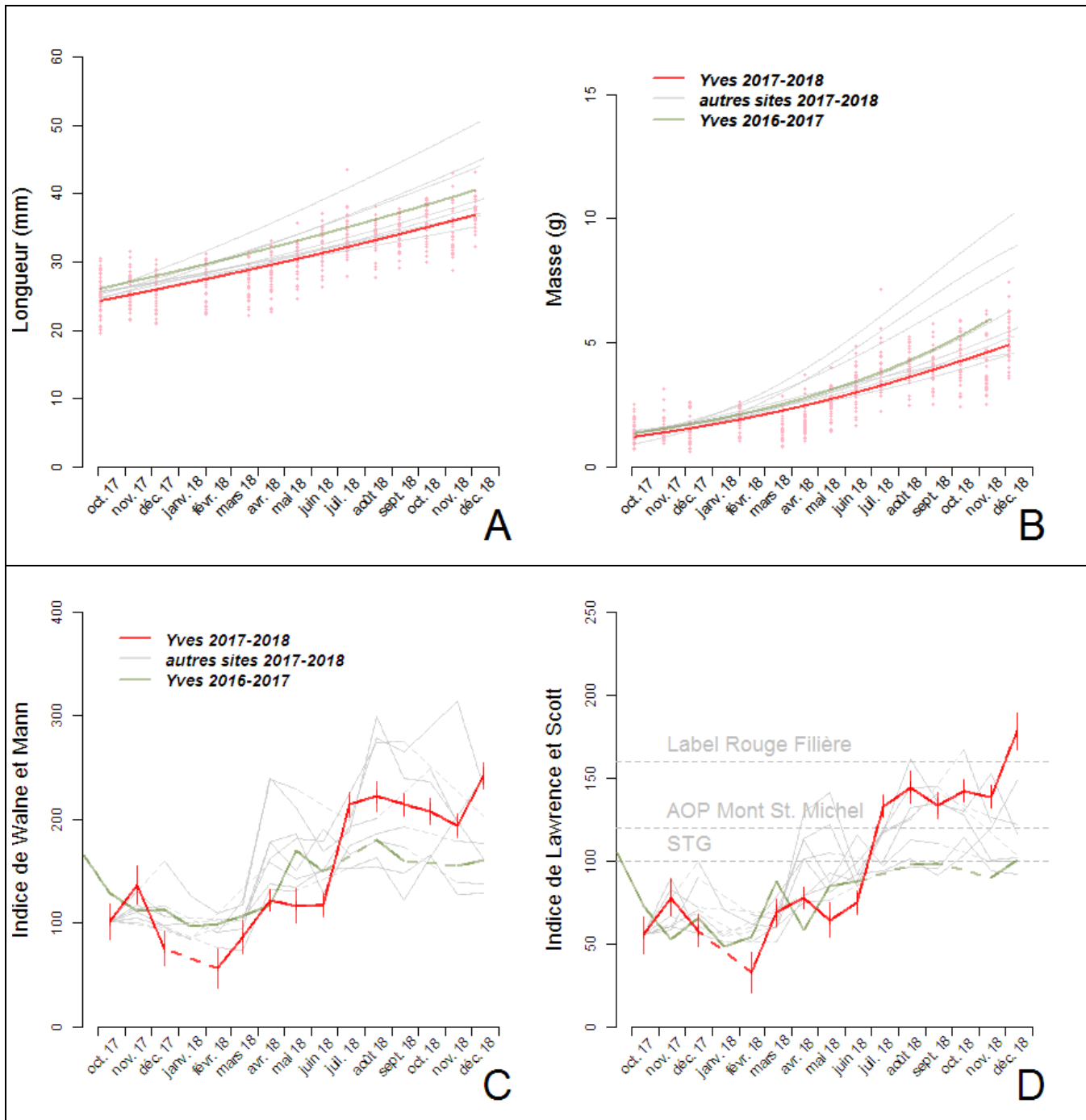


Figure 27 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site d'Yves. Modèles de croissance (lignes continues) et observations (points) pour **A**) la Longueur droite (en mm), **B**) la Masse totale (en g). Moyenne \pm erreur-standard pour **C**) l'Indice de Walne et Mann (sans unité), **D**) l'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 Yves, les températures mesurées se sont avérées supérieures à la moyenne inter-sites pendant la presque totalité de la campagne d'observation, à l'exception de 2 périodes couvrant la fin de l'automne 2017, et la fin de l'automne 2018 (Figure 28.A). Pendant tout l'été, d'importantes différences thermiques ont pu être constatées entre le site d'Yves et la moyenne inter-sites, pouvant ponctuellement dépasser 3°C lors des journées les plus chaudes. C'est sur ce site que les températures maximales ont été enregistrées au cours de cette campagne.

A l'instar de ce qui avait pu être observé au cours de la campagne précédente, les mesures de salinité se sont avérées clairement inférieures à la moyenne inter-sites sur la majeure partie de la période d'observation (Figure 28.B). Ce site, placé à proximité immédiate de l'exutoire de la Charente, apparaît en effet très soumis à l'influence fluviale, et bénéficie d'apports d'eau douce conséquents. Les valeurs mesurées se sont toutefois révélées très inférieures à celles observées au cours de la campagne 2016-2017, du fait du fort déficit en précipitations observé au cours de cette période, et de la réduction du débit de la Charente qui s'en était suivie.

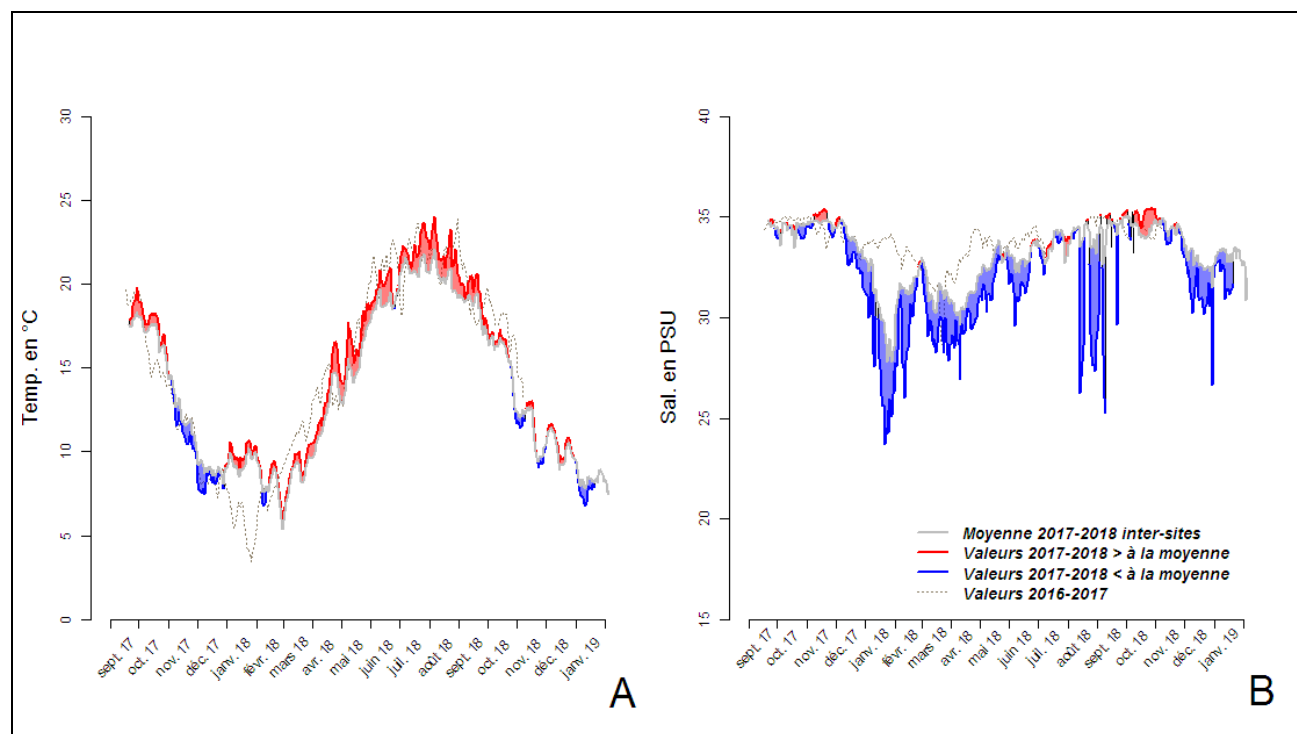


Figure 28 : Evolution au cours du temps et sur le site d'Yves **A)** de la température de l'eau de mer (moyenne journalière en °C) et **B)** de la salinité (moyenne journalière en PSU). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque les valeurs de la station sont supérieures à la moyenne inter-sites et en bleu lorsque les valeurs de la station sont inférieures à la moyenne inter-sites.

III.1.9.Site de Boyard

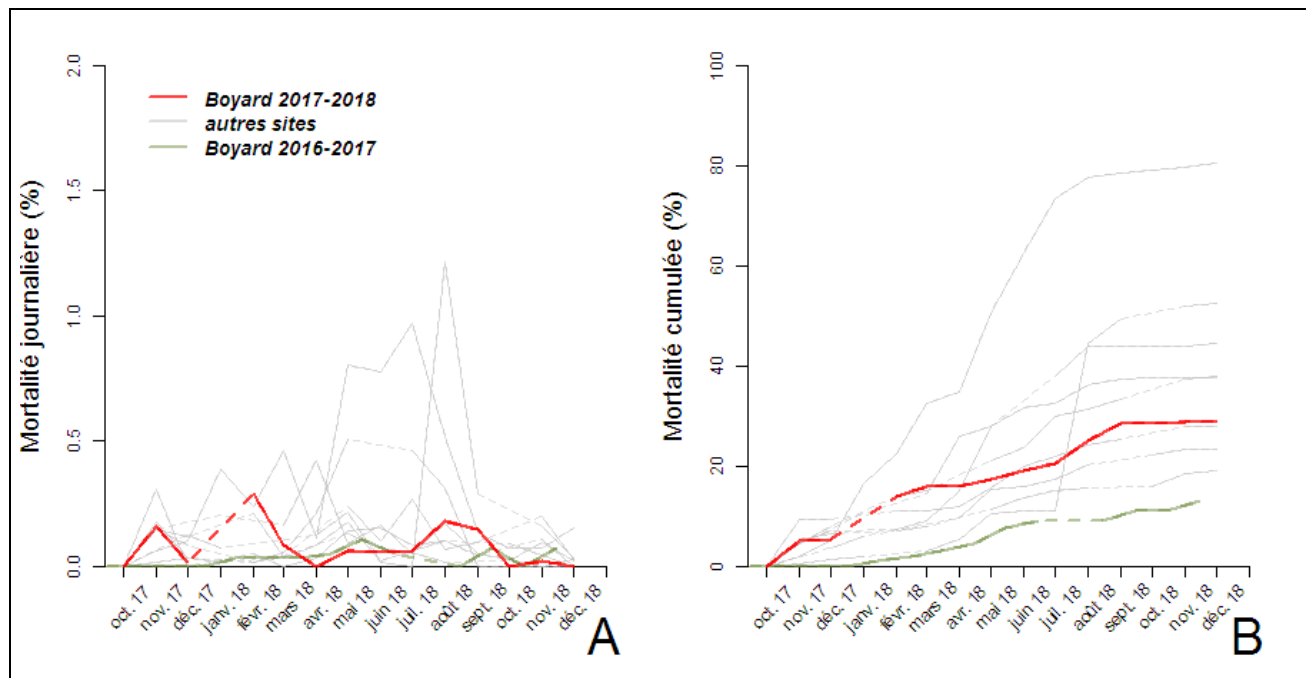


Figure 29 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentages, sur le site de Boyard, **A)** Mortalité journalière et **B)** Mortalité cumulée depuis la mise à l'eau. Les parties de la courbe en pointillés correspondent aux périodes où la donnée a été interpolée (absence de données pour au moins un passage).

Les mortalités observées au cours de la campagne 2017-2018 sur le site de Boyard ont montré la même dynamique que sur les autres sites des pertuis charentais situés sur l'estran (Figures 29.A et 29.B). Des mortalités faibles, mais récurrentes, ont ainsi été mesurées tout au long de la période d'étude, avec des proportions de mortalités journalières comprises entre 0 et 0,3 % de l'effectif. Au mois de décembre 2018, la proportion de mortalité cumulée atteignait finalement 28,9 % de l'effectif initial. Comme pour les autres sites du réseau à l'exception de Yves, ces mortalités sont apparues en augmentation par rapport à celles observées au cours de la campagne 2016-2017 du réseau (Figure 29.B).

La longueur et la masse totale sur le site de Boyard ont montré des évolutions dans le temps très proches de celles observées sur les sites de l'Aiguillon et de Yves (Figures 30.A et 30.B). La croissance y est apparue relativement monotone pendant toute la campagne. Les longueurs et les masses moyennes calculées pour un individu se sont révélées inférieures à la moyenne inter-sites sur la quasi-totalité de la période d'observation. Au mois de décembre 2018, les moules mesuraient en moyenne 36,4 mm de longueur pour un poids de 4,73 g, classant le site de Boyard comme l'un des sites parmi ceux du réseau présentant les plus faibles croissances.

Les indices de condition observés pendant la campagne se sont également avérés très inférieurs à la moyenne inter-sites sur la majeure partie de la période d'observation (Figures 30.C et 30.D). Les croissances et les remplissages médiocres observés sur le site de Boyard apparaissent en partie liés à sa position haute sur l'estran (voir le Tableau 2) qui va de pair avec un accès limité à la nourriture pour les individus, plus fréquemment exondés que sur les autres sites.

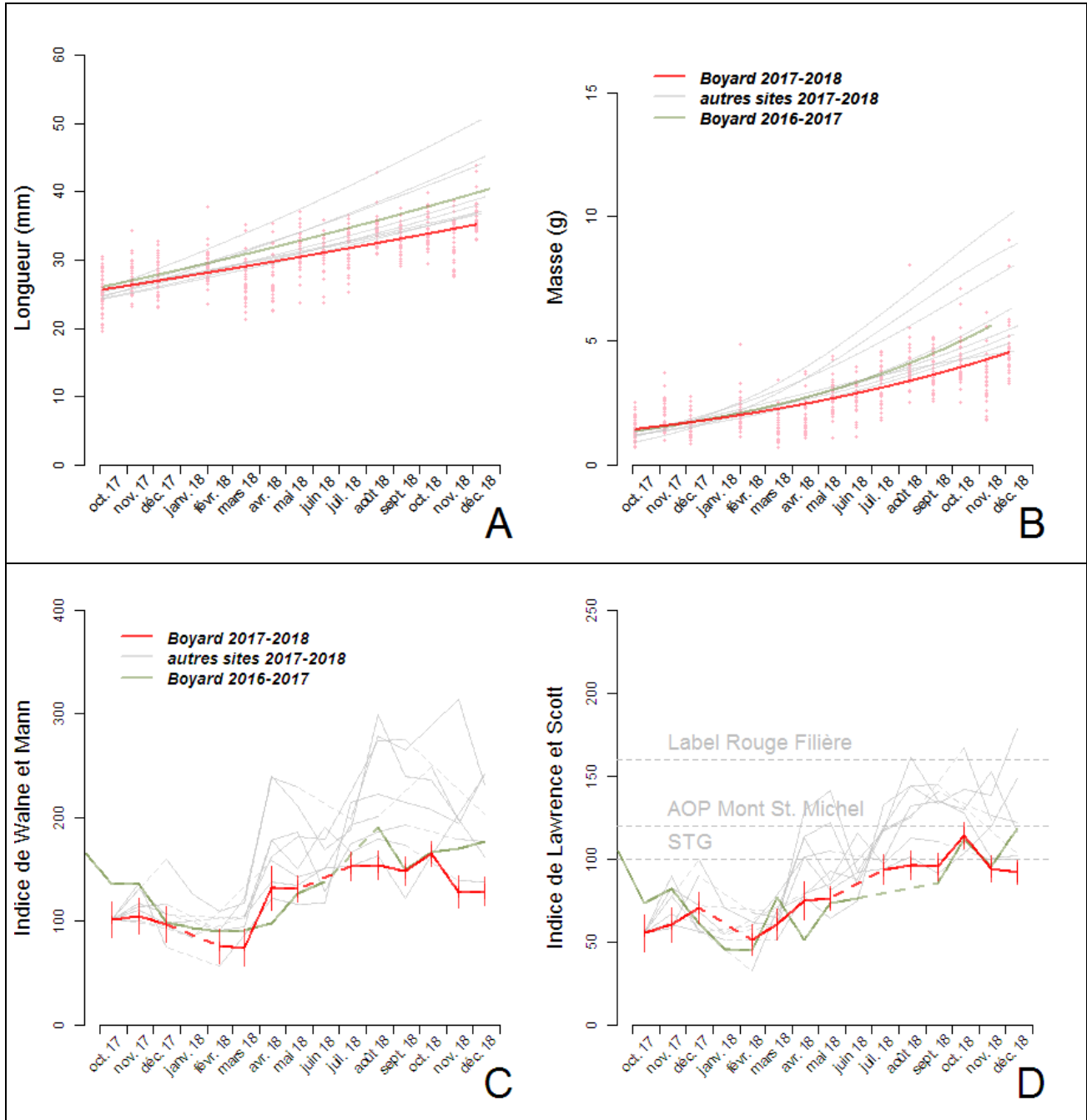


Figure 30 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de Boyard. Modèles de croissance (lignes continues) et observations (points) pour **A)** la Longueur droite (en mm), **B)** la Masse totale (en g). Moyenne \pm erreur-standard pour **C)** l'Indice de Walne et Mann (sans unité), **D)** l'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 à Boyard pendant la campagne 2017-2018 ont montré un signal proche de celui relevé sur le site de Filière. Les températures se sont avérées généralement supérieures à la moyenne inter-sites entre septembre 2017 et avril 2018, puis entre octobre 2018 et janvier 2019. En dehors de ces 2 périodes, les températures moyennes journalières se sont révélées en grande partie inférieures à la moyenne inter-sites. Comme pour Filière, la salinité s'est avérée généralement supérieure à la moyenne inter-sites, à l'exception de quelques épisodes de dessalures, en février-mars 2018, en juin de la même année et entre décembre 2018 et janvier 2019. L'évolution de la

température et celle de la salinité sont caractéristiques des sites soumis à influence océanique, et s'expliquent sans doute par la position du site, localisé sur l'île d'Oléron.

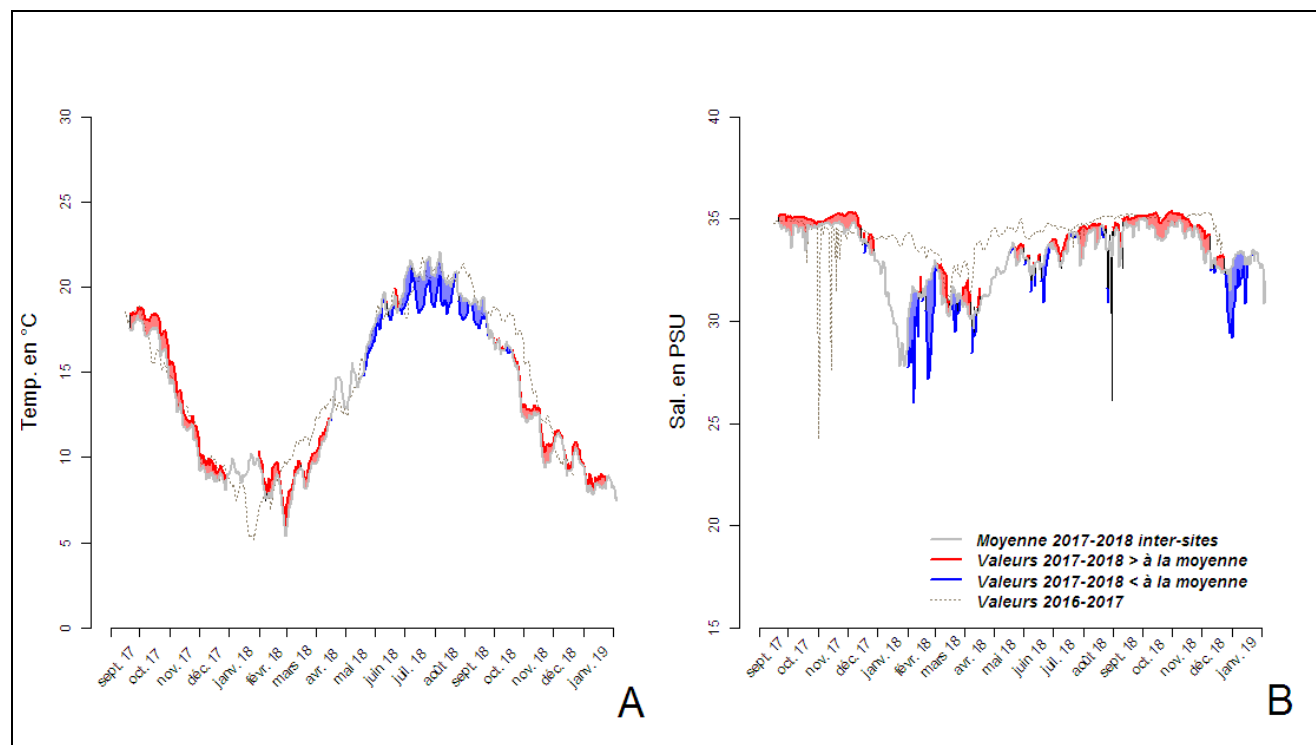


Figure 31 : Evolution au cours du temps et sur le site de Boyard **A)** de la température de l'eau de mer (moyenne journalière en °C) et **B)** de la salinité (moyenne journalière en PSU). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque les valeurs de la station sont supérieures à la moyenne inter-sites et en bleu lorsque les valeurs de la station sont inférieures à la moyenne inter-sites.

III.2. Comparaison des protocoles d'estimation des mortalités

Comme au cours de la campagne précédente, une action spécifique a été mise en œuvre afin d'étudier l'effet des manipulations répétées sur l'estimation des taux de mortalité. En effet, les individus contenus dans la **poche de suivi de la mortalité** sont extraits de la poche et individualisés à chaque passage afin de dénombrer les individus vivants et les individus morts. Cette opération provoque nécessairement l'arrachement du byssus, et semblait donc susceptible de fragiliser les moules et de biaiser les estimateurs de mortalité produits dans le cadre du MYTILOBS.

En plus des comptages réalisés sur la poche de suivi de la mortalité, manipulée à chaque passage, des comptages supplémentaires ont donc été réalisés sur les **poches de prélèvement mensuel**. Celles-ci ne sont en effet manipulées qu'à de rares occasions, lorsqu'un nettoyage ou un changement de poche devient nécessaire pour que les moules contenues dans ces structures conservent assez de place pour grossir, et que la circulation de l'eau y soit la plus libre possible. Ces individus étant *a priori* moins stressés que ceux contenus dans les poches de suivi de la mortalité, ces structures ont été utilisées comme « témoin négatif » pour comparer l'effet des manipulations répétées sur les estimateurs des taux de mortalité.

Le traitement des données a consisté à recalculer les proportions de mortalité par site et par date pour les poches de prélèvement mensuel selon la méthodologie présentée dans la partie 2.4.1 du Matériel et Méthode. L'analyse statistique des différences entre les proportions de mortalité estimées pour les 2 types de poches, pour chaque combinaison d'un site et d'une date, a été conduite de la manière suivante. Pour chaque site, et chaque date de comptage, les nombres d'individus vivants et morts pour les 2 types de poches ont été extraits, et regroupés dans une matrice de comparaison de la forme de celle présentée dans le tableau 3.

Tableau 3 : Modèle de la matrice de comparaison des proportions générée pour chaque combinaison site x date.

Site x Date	Nb. de moules mortes	Effectif initial
Poche de prélèvement mensuel	N_1	N_2
Poche de suivi de la mortalité	N_3	N_4

Un test du Khi d'indépendance a été conduit sur chacune des matrices générées. Dans ce cas, l'hypothèse nulle considérée était que les proportions observées n'étaient pas influencées par le type de poche. Afin de satisfaire aux conditions d'utilisation du test, celui-ci n'a été conduit que dans les cas où toutes les cellules de la matrice de comparaison présentaient une valeur supérieure à 5 (au total, 78 cas). Les cas où la p-value était inférieure à 0,5 (et donc, ceux pour lesquels la probabilité de rejeter l'hypothèse nulle était supérieure à 95 %) sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 4).

Le premier résultat de cette étude tient dans la grande similarité des proportions observées entre les 2 poches de comptage (Figure 32 et Tableau 4). La même étude avait été menée au cours de l'année précédente, et avait d'ailleurs rendu des conclusions très similaires. Il apparaît ainsi clairement que les manipulations successives effectuées sur la poche de suivi de la mortalité n'ont pas contribué, dans la grande majorité des cas considérés ici, à biaiser nos estimations. L'hypothèse nulle d'une homogénéité des proportions quel que soit le type de poche n'est rejetée que dans 9 cas sur 78 au seuil de 5 % de probabilité (Tableau 4).

Tableau 4 : Tableau des résultats du Khi^2 pour les combinaisons site x date pour lesquelles la p-value du test est inférieure à 0,05.

Site	Date	Valeur de Chi^2	Degré de Liberté	P-value
Agon	Juin 2018	6,75	1	< 0,05
Agon	Juil. 2018	9,05	1	< 0,05
Agon	Août 2018	10,09	1	< 0,05
Agon	Sept. 2018	12,46	1	< 0,05
Agon	Oct. 2018	15,81	1	< 0,05
Agon	Nov. 2018	17,22	1	< 0,0001
Agon	Déc. 2018	18,16	1	< 0,0001
Vivier	Janv. 2018	6,75	1	< 0,05
Filière	Août 2018	9,05	1	< 0,05

Comme pour la campagne précédente, la majorité de ces cas (7/9) concernent les derniers comptages effectués en fin de campagne sur la station d'Agon. L'observation de l'évolution des proportions de mortalité pour les 2 poches met en évidence une surestimation nette des proportions de mortalité lorsqu'elles sont estimées à partir des effectifs contenus dans les poches de prélèvement mensuel (Figure 32), et ce particulièrement en fin de campagne. Le même phénomène avait été observé lors de la campagne précédente. L'hypothèse la plus probable expliquant celui-ci est la suivante : sur cette station (et uniquement sur celle-ci), la prédation par les gastéropodes perceurs a été très importante, comme elle l'est chaque année. Afin de comparer les différents sites du réseau sur une base commune, ces mortalités ne devraient toutefois pas être considérées ici, et la procédure de comptage permet normalement d'identifier séparément les pertes de cheptel liées à la prédation par les nucelles de celles induites par d'autres causes de mortalité. En fin de saison toutefois, les coquilles des moules consommées par les gastéropodes étaient restées dans les poches de prélèvement mensuel depuis de nombreux mois, et ces coquilles ont été fractionnées et érodées par l'action des vagues, faisant disparaître les perforations. Il est donc fort probable que les pertes dues à l'action des gastéropodes aient été sous-estimées dans ce cas, passant pour des mortalités liées à d'autres causes, qui s'en sont donc trouvées surestimées.

Les 2 derniers cas pour lesquels l'hypothèse nulle est rejetée concernent la station du Vivier pour le comptage effectué en janvier 2018, et le site de Filière, pour le comptage effectué en août 2018 (Tableau 4). Dans le premier cas, la proportion de mortalité déterminée à partir des moules contenues dans la poche de prélèvement mensuel s'est avérée supérieure de 13,2 % à celle estimée à partir des moules contenues dans la poche de suivi de la mortalité. Dans le deuxième cas, la proportion de mortalité déterminée à partir des moules contenues dans la poche de prélèvement mensuel s'est avérée inférieure de 23,5 % à celle estimée à partir des moules contenues dans la poche de suivi de la mortalité. Ces différences constatées trouvent leur origine dans la variabilité inter-poches qui reste susceptible de biaiser les estimateurs. Celle-ci reste toutefois suffisamment contenue pour que les proportions de mortalité estimées par les 2 méthodes restent très proches dans la plupart des cas, comme en atteste la Figure 32.

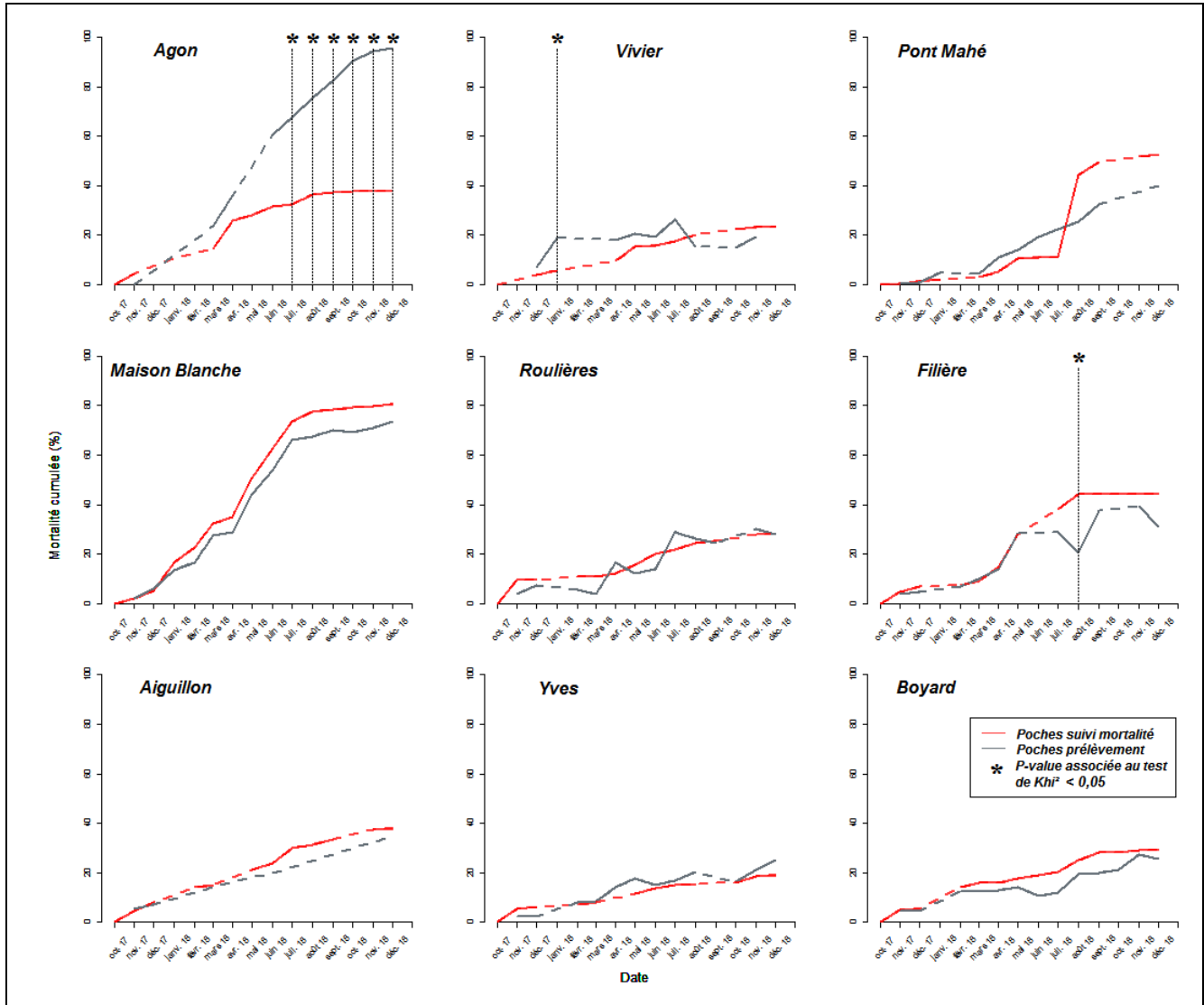


Figure 32 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité cumulée depuis la mise à l'eau, exprimées en pourcentage, sur l'ensemble des sites. Les proportions estimées par dénombrements successifs de l'effectif contenu dans la poche de suivi de la mortalité sont figurées par le trait rouge. Les proportions estimées par comptages successifs de plusieurs poches de prélèvement mensuel prélevées sur le terrain.

En conclusion, nous recommanderons d'appliquer le même protocole (prévoyant donc un double comptage) pour l'estimation des taux de mortalité dans les futures campagnes d'observation du réseau. Le suivi longitudinal du même groupe d'individus contenu dans la poche de suivi des mortalités présente pour avantage de ne générer que des mortalités strictement croissantes (les moules mortes à la date $n-1$ ne pouvant revenir au statut de moules vivantes à la date n). La contrepartie d'une telle méthode est qu'elle n'intègre pas la variation inter-poches et que les estimateurs générés dans le cas du suivi d'une seule poche tendent à être biaisés par celle-ci. Le suivi effectué par échantillonnage successif de plusieurs poches garanti la production d'estimateurs non-biaisés par la variabilité inter-poches. Il présente l'inconvénient d'imposer un lissage *a posteriori* des données (par l'ajustement d'un modèle par exemple, comme effectué ici pour les variables biométriques, voir la section II.4.2.).

IV. Conclusion

IV.1. Mortalités

La comparaison des proportions de mortalités acquises dans le cadre du MYTILOBS depuis 2013 met en évidence la forte interaction entre les effets du site d'élevage, et de l'année d'observation (Tableau 5) : la moyenne inter-sites des taux de mortalité varie ainsi fortement à la fois selon la campagne et le site considérés. Après une diminution sensible entre 2016 et 2017, les mortalités observées en 2018 sont, encore une fois, en augmentation relative par rapport à celles enregistrées au cours de la campagne précédente.

Sur le littoral de la Manche, les mortalités observées sur les sites d'Agon et du Vivier ont ainsi atteint des proportions comparables à celles observées en 2016, après une légère diminution en 2017 (Tableau 5). Sur le site de Pont-Mahé, les proportions de mortalité observées sont en constante augmentation depuis la campagne 2013-2014, atteignant finalement 52 % à la fin de l'année 2018. A Maison Blanche, en Baie de Bourgneuf, les mortalités exceptionnelles observées au cours des années précédentes ont perduré en 2018, touchant 81 % de l'effectif. Sur les sites du Pertuis Breton (Roulières, Aiguillon, Filière), les mortalités observées au cours de la campagne 2017-2018 sont en nette recrudescence par rapport à celles observées au cours de la campagne précédente, le site de Filière étant, une fois encore, le plus affecté. Dans le Pertuis d'Antioche, une légère diminution (- 5 %) a été observée sur le site de Yves, alors qu'une augmentation plus marquée des mortalités (+ 16 %) a été constatée sur Boyard.

Tableau 5 : 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.

Site / Année	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	
Agon	pas de données	20	43	10	38	
Vivier	18	9	21	19	23	
Pont-Mahé	10	18	27	31	52	
Maison Blanche	pas de données	pas de données	84	73	81	
Roulière	pas de données	38	84	19	28	
Filière	100	51	85	24	45	
Aiguillon	100	22	84	11	38	
Yves	68	14	60	24	19	
Boyard	pas de données	24	49	13	29	

Légende

de 0 à 20 %
de 20 à 40 %
de 40 à 60 %
de 60 à 80 %
de 80 à 100 %

La campagne 2012 n'est pas considérée ici car les dates de mises à l'eau étaient, à l'époque, décalées de 6 mois par rapport au protocole adopté au cours des années suivantes.

La situation des sites de Pont-Mahé et de Maison Blanche est singulière, au regard de la variation inter-annuelle des mortalités observée sur les autres sites du réseau. Le site de Pont-Mahé, considéré jusqu'en 2016 comme indemne de mortalité, présente en effet des mortalités qui augmentent depuis 2014 selon une tendance linéaire et constante (Tableau 5). Le site de Maison Blanche présente, quant à lui, des mortalités exceptionnellement constantes, toujours supérieures à 70 % depuis 2015 (Tableau 5). Cette singulière situation du site-atelier de la Baie de Bourgneuf au regard des mortalités trouve probablement son explication dans un contexte local ayant favorisé la survenue de celles-ci, sans que l'on puisse déterminer le ou les facteurs impliqués sur la base des seules observations effectuées dans le cadre du réseau.

IV.2. Croissance

Les suivis de croissance mettent en évidence les médiocres résultats obtenus en 2018 pour ce paramètre. La campagne 2017-2018 apparaît ainsi comme l'année au cours de laquelle les plus faibles croissances ont été enregistrées depuis la création du réseau (Tableau 6), en régression par rapport à la campagne précédente sur la plupart des stations. Les croissances les plus élevées ont

été observées au printemps sur les sites de Pont-Mahé, Maison Blanche, et Filière, qui avaient également présenté les taux de croissance les plus élevés au cours des années précédentes (Tableau 6). Sur les autres sites du réseau, la croissance est restée faible et régulière pendant toute la saison, aboutissant à des gains de taille compris entre 10,16 et 13,93 mm seulement.

Tableau 6 : Croissance en longueur (en mm) entre la mise à l'eau de l'année n et décembre de l'année $n+1$, par campagne et par site.

Site / Année	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018
Agon	17,92	16,23	16,51	pas de données	11,03
Vivier	12,38	16,27	14,28	10,66	13,93
Pont-Mahé	20,39	19,49	20,31	20,91	18,52
Maison Blanche	pas de données	pas de données	13,66	19,97	18,18
Roulière	pas de données	pas de données	15,74	16,69	13
Filière	pas de données	23,48	27,31	pas de données	23,12
Aiguillon	pas de données	19,13	15,88	14,52	10,16
Yves	13,27	13,33	14,8	15,8	12,25
Boyard	pas de données	pas de données	12,85	14,6	11,22

Légende

- de 8 à 12 mm
- de 12 à 16 mm
- de 16 à 20 mm
- de 20 à 24 mm
- de 24 à 28 mm

Au cours de cette campagne, 3 sites se sont détachés clairement pour les performances de croissance : il s'agit des sites de Filière, Maison Blanche, et Pont-Mahé qui présentent en fin de saison des valeurs moyennes individuelles très supérieures à la moyenne pour la longueur droite et la masse totale. De telles performances étaient attendues sur les sites de Filière et de Pont-Mahé. Pour le premier, il s'agit en effet d'un site d'élevage en eau profonde sur lequel les individus profitent d'un accès ininterrompu à la ressource trophique. Le site de Pont-Mahé est également connu pour sa situation privilégiée en estuaire de Vilaine, qui favorise une forte production primaire. Ces 2 sites présentent d'ailleurs, année après année, des croissances très supérieures à la moyenne inter-sites. Les fortes croissances observées à Maison Blanche viennent confirmer les résultats obtenus pendant la campagne précédente, ce site étant le dernier à avoir été inclus dans le réseau.

IV.3. Température et salinité de l'eau de mer

Le suivi des paramètres hydrologiques pointe une situation hivernale climatique très différente de celle observée au cours de la campagne précédente. Après un hiver 2016-2017 qualifié par Météo-France (2017) d'« exceptionnellement sec » qui s'était traduit par des apports d'eau douce très limités, les suivis de la salinité réalisés dans le courant de l'hiver 2017-2018 révèlent de fortes dessalures sur la majorité des sites qui témoignent d'importants apports d'eau douce par les bassins versants. L'amplitude des dessalures observées semble d'ailleurs très directement liée à la proximité du site d'avec les fleuves côtiers : fugitives et de faible amplitude sur Agon, importantes et répétées sur le site de Pont-Mahé (qui se situe à proximité des exutoires de la Loire et de la Vilaine). Pour ce qui concerne les températures, les relevés météorologiques effectués montrent un hiver globalement plus doux que le précédent, avec une vague de froid tardive au mois de février (Météo-France 2018) qui s'est traduit par une chute brutale des températures mesurées dans tous les sites.

Alors que l'hiver 2017-2018 montrait un fort contraste avec le précédent, les mesures de température et de salinité effectuées entre mars et décembre 2018 suggèrent une situation très similaire à celle observée en 2017. Ce printemps 2018 s'est avéré, comme le précédent, excédentaire pour les précipitations (Météo-France 2018), et ces apports d'eau douce ont entraîné des variations de salinité importantes sur la plupart des sites. Comme au cours de la campagne 2016-2017, les températures se sont ensuite rapidement élevées au printemps pour atteindre des valeurs estivales et automnales en moyenne très légèrement supérieures (+0,2°C) à celles de l'année précédente, que Météo-France qualifiait déjà de chaude (+1,5°C par rapport à la moyenne de référence 1981-2010) (Météo-France, 2017).

V. Références citées

- Agreste, 2014. *Recensement de la conchyliculture 2012*. Numéro 316, Juillet 2014. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/primeur316.pdf> (consulté en ligne le 27/02/2018).
- 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., 2018. *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 27/02/2018).
- Météo-France, 2017. *Bilan 2017* [en ligne] [consulté le 13/02/2018]. Disponible sur : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/bilans-climatiques/bilan-2017>
- Météo-France, 2018. *Bilan 2018* [en ligne] [consulté le 13/02/2018]. Disponible sur : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/bilans-climatiques/bilan-2018>
- Nash JC., 2014. On Best Practice Optimization Methods in R. *Journal of Statistical Software*, 60:2.
- Pépin 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 27/02/2018).
- 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 28/02/2018).
- 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 28/02/2018).
- 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.