

Département Océanographie et Dynamique des Ecosystèmes, Unité Littoral et Département Ressources biologiques et Environnement, Unité Santé, Génétique et Microbiologie des mollusques : Laboratoires Environnement Ressources de Normandie (LERN), Bretagne Nord (LERBN), Morbihan-Pays de Loire (LERMPL), Laboratoire Sécurisation des Productions en Conchyliculture (LSPC) et Laboratoire Environnement Ressources des Pertuis charentais (LERPC)

Mars 2017

J. Normand, W. Louis, C. Behra, C. Mary, MP. Halm-Lemeille, A. Lejolivet, F. Dagault, J. Penot, D. Gerla, J. Cheve, JF. Bouget, R. Gabellec, H. Palvadeau, JM. Chabirand, P. Geairon, S. Guesdon, J. Grizon, O. Le Moine, S. Robert, JL. Seugnet, P. Soletchnik

MYTILOBS1 Campagne 2015-2016 : Réseau d'observation des moules d'élevage sur la côte atlantique et dans la Manche



Crédit photo : A. Lejolivet, A. Legendre Ifremer



**Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la
Mer, Direction des Pêches maritimes et de
l'Aquaculture (DPMA)**

Convention DPMA 2016 – IFREMER n°16/1212569

Fiche documentaire

Numéro d'identification du rapport : RST LERN 17-05		date de publication : 30/03/17
Diffusion : libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/>		nombre de pages : : 54
Validé par : Sylvie Lapègue		bibliographie : oui
		illustration(s) : oui
		langue du rapport : français
Titre du rapport		
Campagne 2015-2016 du réseau MYTILOBS1 : Réseau d'observation des moules en élevage sur la côte atlantique et dans la Manche.		
Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/> Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>		
Auteur principal :		Organisme / Direction / Service, laboratoire
J. Normand		IFREMER / ODE / UL / LER-N
Coordination scientifique :		
J. Normand & S. Robert		IFREMER / ODE / UL / LER-N & LER-PC
Coordination technique :		
C. Behra, W. Louis & J. Grizon		IFREMER / ODE / UL / LER-N & LER-PC
Contributeurs :		
W. Louis, C. Behra, C. Mary, B. Fontaine, F. Jacqueline, MP. Halm-Lemeille (1)	(1) IFREMER / ODE / UL / LER-N	
A. Lejolivet, F. Dagault, J. Penot, D. Gerla, J. Cheve (2)	(2) IFREMER / ODE / UL / LER-BN	
JF. Bouget, R. Gabellec (3)	(3) IFREMER / ODE / UL / LER-MPL	
H. Palvadeau (4)	(4) IFREMER / RBE / SG2M / LSPC	
JF Pépin, JM. Chabirand, P. Geairon, S. Guesdon, J. Grizon, O. Le Moine, S. Robert, JL. Seugnet, P. Soletchnik (5)	(5) IFREMER / ODE / UL / LER-PC	
Convention :		Convention DPMA 2016 – IFREMER n°16/1212569
Département de rattachement :		Ressources Biologiques et Environnement
Projet / Action :		PJ0701 Observations, analyse et prévision des performances conchylicoles / A070113

Résumé :

La campagne 2015-2016 du réseau MYTILOBS a été marquée par les fortes mortalités subies sur les sites situés en Charente maritime, Vendée et Loire-Atlantique. Pour la 3^{ème} année consécutive, les pertes d'effectifs ont atteint ou dépassé 60 % pour les moules sentinelles déployées sur les 2 sites du Pertuis d'Antioche (Yves et Boyard) et 80% pour les individus élevés dans le Pertuis Breton (Filière, Roulière et Baie de l'Aiguillon). En Baie de Bourgneuf, le site de Maison Blanche qui faisait l'objet de suivi pour la première fois au cours de la campagne 2015-2016, a présenté également des taux de mortalité particulièrement élevés, atteignant 84,2 % en décembre 2016. Comme au cours des précédentes campagnes, les sites situés au nord de l'estuaire de la Loire ont montré quant à eux des taux de mortalité relativement plus faibles, mais toujours supérieurs à 20 %.

Les meilleures croissances, en longueur et en masse totale, ainsi que les valeurs les plus élevées pour les indices de remplissage ont été observées en 2016 pour les sites de Filière et de Pont-Mahé. A l'inverse, les sites de Maison Blanche, de Yves, et de Boyard ont présenté les plus faibles valeurs à la fois pour la croissance, et pour le remplissage. On notera également que l'augmentation printanière des indices de remplissage s'est avérée relativement tardive en 2016 pour les sites d'Agon et du Vivier, pour lesquels l'indice de Lawrence et Scott est resté inférieur à 100 jusqu'à la fin du mois de juillet.

SOMMAIRE

1. CONTEXTE GENERAL	6
2. MATERIEL ET METHODE	8
2.1. PRESENTATION GENERALE DU DISPOSITIF	8
2.2. MATERIEL BIOLOGIQUE	9
2.3. SITES D'ETUDE.....	10
2.4. VARIABLES MESUREES.....	11
2.4.1. PROPORTIONS DE MORTALITE.....	11
2.4.2. REALISATION DES BIOMETRIES ET PRELEVEMENTS.....	13
2.4.3. MESURES DE LA TEMPERATURE ET DE LA SALINITE SUR LE TERRAIN	14
2.5. TRAVAUX SPECIFIQUES MENES AU COURS DE LA CAMPAGNE 2015-2016.....	15
3. RESULTATS	16
3.1. RESULTATS PAR SITE.....	16
3.1.1. SITE D'AGON	16
3.1.2. SITE DU VIVIER.....	19
3.1.3. SITE DE PONT-MAHE	22
3.1.4. SITE DE MAISON BLANCHE.....	25
3.1.5. SITE DE ROULIERE	28
3.1.6. SITE DE FILIERE	31
3.1.7. SITE DE L' AIGUILLON	34
3.1.8. SITE DE YVES.....	37
3.1.9. SITE DE BOYARD.....	40
3.2. COMPARAISONS INTER-ANNUELLE DES TAUX DE MORTALITE ET DES PERFORMANCES DE CROISSANCE.....	43
3.3. RESULTATS DU SUIVI DE LA MATURATION GONADIQUE ET DU SEX-RATIO, CAMPAGNE 2014-2015..	45
4. DISCUSSION.....	49
4.1. REPRESENTATIVITE DES RESULTATS ET PROTOCOLES DE SUIVI	49
4.1.1. PROTOCOLE D'ESTIMATION DE LA MORTALITE	49
4.1.2. COUVERTURE SPATIALE DU RESEAU D'OBSERVATION DES MORTALITES.....	50
4.1.3. SUIVI DE LA CROISSANCE ET DE LA REPRODUCTION.....	50
4.2. VARIATION INTER-SITES DES PERFORMANCES D'ELEVAGE	51
4.2.1. MORTALITE : LE CAS DE LA NORMANDIE ET DE LA BRETAGNE	51
4.2.2. DETERMINISMES ENVIRONNEMENTAUX DE LA MORTALITE ET LA CROISSANCE	5152
5. REFERENCES CITEES.....	53

1. Contexte général

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 *edulis* et *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 P., 1957) 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 REPAMO2 (Lupo *et al*, 2016). Depuis 2012, l'observation des performances d'élevage de la moule repose sur le réseau MYTILOBS, remplacé depuis 2014 par le MYTILOBS1 qui sert également de dispositif pour la surveillance événementielle des maladies (MYTILOBS2).

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

¹ <https://data.noaa.gov/dataset/national-status-and-trends-mussel-watch-program> (consulté en ligne le 28/02/2017)

(Rodriguez, 2013). Depuis 2014 toutefois, des mortalités massives, vraisemblablement dues à une maladie infectieuse (Travers *et al*, 2016), 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.). Ce dispositif sert également de support à différentes actions de surveillance et de recherche. Le réseau de surveillance des mortalités MYTILOBS2 (Lupo *et al*, 2016) est un dispositif complémentaire, adossé au MYTILOBS1, qui déclenche l'alerte en cas de mortalité et dont les moules sont alors prélevées pour la recherche d'organismes pathogènes éventuellement associés. Le projet MORBLEU (Travers *et al*, 2016), qui proposait en 2016 différentes expérimentations destinées à investiguer les facteurs associés aux mortalités mytilicoles est également associé au réseau MYTILOBS1 avec lequel il mutualise certaines actions, certaines données, et du matériel.

2. Matériel et méthode

2.1. Présentation générale du dispositif

Le protocole du MYTILOBS est inspiré par celui du REMORA (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, 2016) 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 2015-2016 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 de septembre 2015 pour un relevage final en décembre de l'année 2016 (Tableau 1). Des prélèvements et des mesures ont ensuite été successivement réalisés tous les mois entre décembre 2015 et décembre 2016 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 3 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

	2015			2016												
	Septembre	O	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 trimestrielles															
Bulletins	Edition mensuelle															

2.2. Matériel biologique

Le naissain de moule utilisé pour la campagne 2015-2016 du réseau provenait d'un captage sur corde des pertuis charentais, et prégrossi sur pieu avant son déploiement dans le cadre du MYTILOBS. Les individus ont d'abord été calibrés manuellement entre 2 et 3 cm au début du mois de septembre 2015 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, et d'analyses destinées à rechercher d'éventuels pathogènes 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 $n= 120$ individus, avant d'être expédié dans chacun des sites à raison de 15 poches minimum par site (13 pour un suivi mensualisé de décembre 2015 à décembre 2016 et 2 poches 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.

2.3. Sites d'étude

Les sites suivis par le réseau étaient, en 2016, au nombre de 9, déployés sur des zones de production mytilicole de la façade atlantique, de la Manche et de la Mer du Nord. Au sud, 5 sites sont répartis dans la zone des Pertuis charentais : Boyard et Yves dans le Pertuis d'Antioche et Aiguillon, Filière et Roulière 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. Pour la première fois, le site de Maison-Blanche, situé en Baie de Bourgneuf a été suivi au cours de la campagne d'observation 2015-2016 (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).

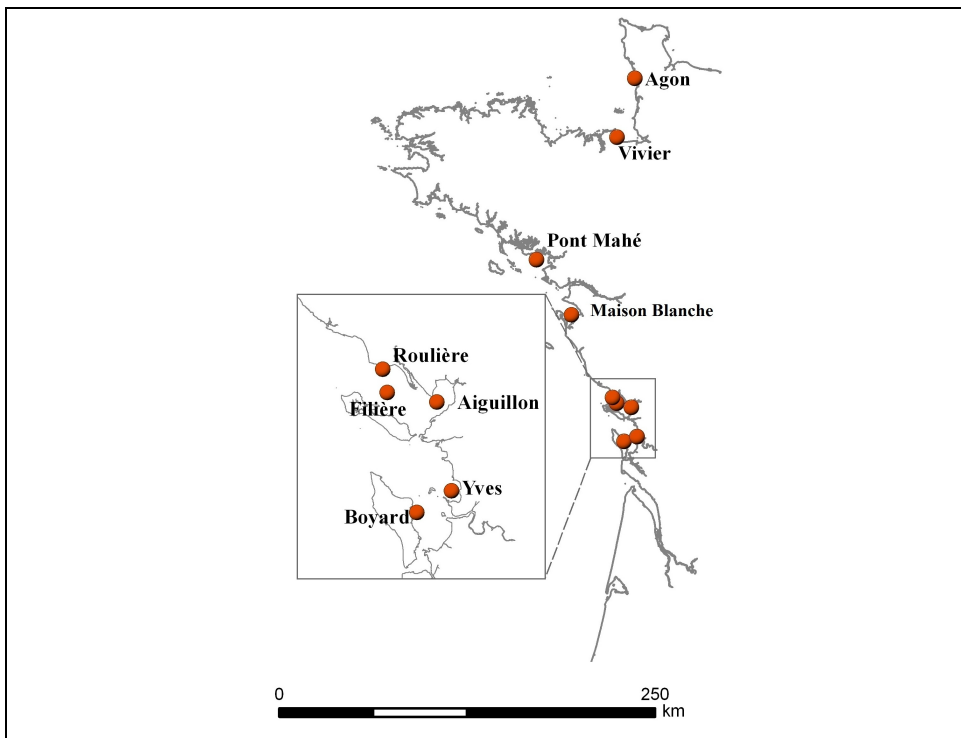


Figure 2 : Localisation des sites opérés par le réseau MYTILOBS

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

Secteur	Latitude	Longitude	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	4x4
Le Vivier	48,648	-1,722	Bouchot	90,7	12,16	Bateau
Pont-Mahé	47,438	-2,476	Bouchot	79,4	5,49	Bateau
Maison Blanche	46,996	-2,201	Bouchot	87,3	5,35	A pied
Filière	46,281	-1,370	Filière	100	8,26	Bateau
Yves	46,017	-1,060	Bouchot	81,6	5,49	Bateau
Aiguillon	46,263	-1,221	Bouchot	80,2	5,23	Bateau
Roulière	46,201	-1,214	Bouchot	76,1	5,03	Bateau
Boyard	45,572	-1,131	Bouchot	58,0	4,53	Bateau

2.4. Variables mesurées

2.4.1. Proportions de mortalité

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 : chaque poche a été décrochée, nettoyée du fouling², et son contenu a été transféré dans une bassine pour permettre le comptage. Les individus vivants par poche 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.



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 entre 2 passages consécutifs (1 mois d'intervalle) a été estimée selon la formule suivante :

$$p(x)_n = (V_{n-1} - V_n) / V_{n-1}$$

- 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
 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 :

$$P(x)_n = (120 - V_n) / 120$$

- 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 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 partie des résultats de ce rapport, les proportions de mortalités sont toujours exprimées en pourcentages de l'effectif total considéré.

2.4.2. Réalisation des biométries et prélèvements

A chaque passage sur le terrain et pour chacun des sites, une poche a été rapportée au laboratoire pour réaliser des biométries et des prélèvements. Le protocole initial prévoyait de réaliser celles-ci sur 3 sous-échantillons de 30 individus prélevés dans la poche, destinés respectivement :

- à des mesures et des pesées réalisées à l'échelle de l'individu, avec 1 individu = 1 observation ($n=30$),
- à des mesures et des pesées réalisées à l'échelle groupe d'individus, avec 1 groupe d'individus = 1 observation ($n=1$),
- à l'envoi d'échantillons pour alimenter le projet MORBLEU (cryopréservation et analyses histologiques).

Il s'est toutefois avéré qu'après le déclenchement des mortalités, et à la suite de la perte de plusieurs poches sur le terrain, les effectifs par poche ne permettaient pas toujours de réaliser ces 3 prélèvements, notamment à la fin de la campagne. Ce sont donc les mesures à l'échelle individuelle qui ont été privilégiées, le reste de l'effectif disponible étant alors destiné aux mesures « en groupe » et éventuellement à l'envoi d'échantillon pour les partenaires scientifiques de MORBLEU.

Dans un premier temps, les sous-échantillons constitués à partir de la poche prélevée ont été réhydratés en immergeant les moules 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 individus ont ensuite été séchés superficiellement en les tamponnant avec un papier absorbant et la masse de l'ensemble du sous-échantillon a été déterminée, avant d'être rapportée à une masse moyenne individuelle. Les opérations suivantes ont ensuite été conduites sur les 2 premiers sous-échantillons. Quand il était disponible, le troisième sous-échantillon était simplement destiné à l'envoi postal et n'a fait l'objet d'aucune mesure supplémentaire.

Premier sous-échantillon

Les 30 individus ont été identifiés individuellement, et pour chacun, les opérations suivantes ont été réalisées :

- 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), déshydratation (étuve à 60°C pendant 60h) ou lyophilisation (lyophilisateur pendant 72h) puis pesée des chairs déshydratées (1/100^{ème} de g).

Deuxième sous-échantillon

L'ensemble des individus a été passé au micro-onde à puissance maximale pendant 1 minute. Les tissus mous ont ensuite été séparés des coquilles, réunis dans un récipient, et leur masse a été déterminée par pesée (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 : $IC_{L\&S} = 1000 \times M_{ch} / (M_{tot} - M_{coq})$.

2.4.3. Mesures de la température et de la salinité sur le terrain

Les sites du MYTILOBS ont tous été équipés de sondes permettant l'acquisition continue de données (hauteur d'eau, salinité et température) à un pas de temps de 15 min (Figure 4). Ces sondes ont été relevées tous les 3 mois à l'occasion d'un 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 2015-2016, la gestion des sondes et la métrologie ont principalement été réalisées au laboratoire de métrologie de la station de l'Houmeau (LER-PC).



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.

2.5. Travaux spécifiques menés au cours de la campagne 2015-2016

Des travaux complémentaires ont été menés en 2016, en parallèle à la réalisation de la campagne 2015-2016.

Le premier de ces chantiers a porté sur la bancarisation des données acquises depuis 2012 sous un format unique en prévision de leur intégration future à la base de données nationale Quadrigé2. La structuration adoptée pour la bancarisation des données a été choisie afin de la rendre pleinement compatible avec celle adoptée pour la bancarisation des résultats du précédent réseau d'observation mytilicole REMOULA (Robert *et al*, 2007). La seconde tâche a consisté à achever le suivi et le traitement des échantillons collectés au cours de la campagne précédente (2014-2015) pour le suivi de la maturation gonadique et du sex-ratio en histologie. Ces résultats sont présentés ci-dessous (partie 3.3).

3. Résultats

3.1. Résultats par site

3.1.1. Site d'Agon

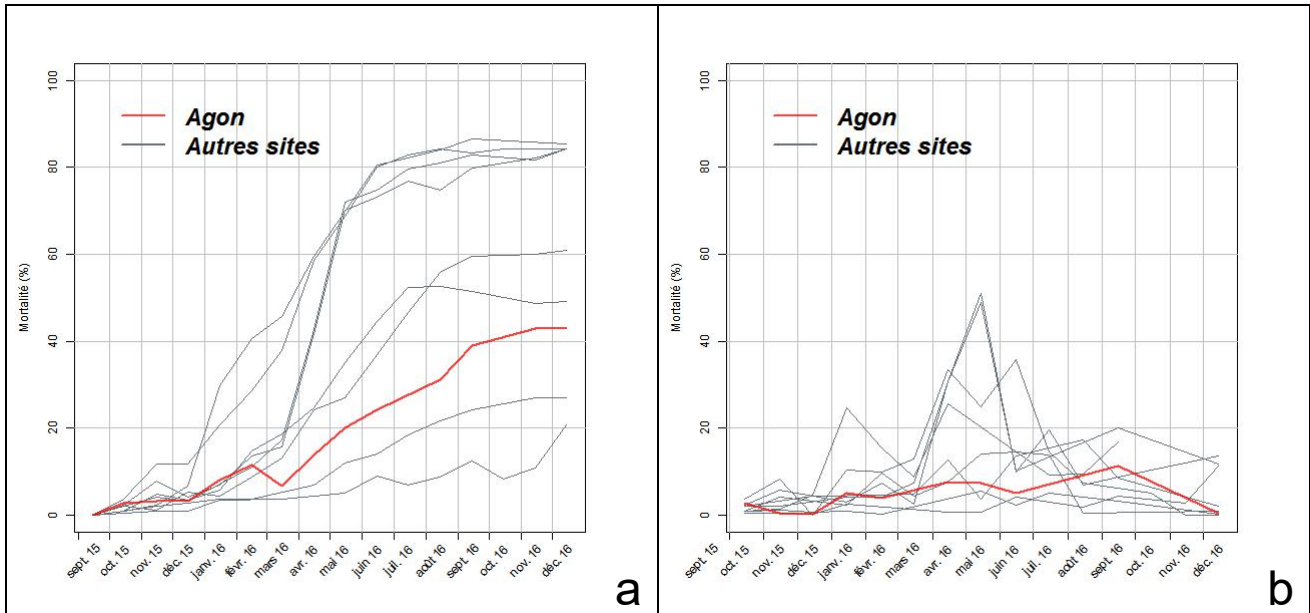


Figure 5 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentage, sur le site d'Agon, **a)** depuis la mise à l'eau et **b)** entre deux passages.

Sur le site d'Agon, le taux de mortalité atteignait 43,0 % de l'effectif initial en décembre 2016 (Figure 5.a) ce qui place la Normandie devant les sites du Vivier et de Pont-Mahé pour l'intensité des mortalités, mais derrière les sites situés au sud de l'estuaire de la Loire.

Sur ce site, la proportion de mortalité entre deux passages est restée globalement stable au cours de la campagne (Figure 5.b), et généralement inférieure à 10 % de l'effectif, sauf au mois de septembre 2016 où elle a atteint 11,2 %.

A Agon, la croissance des moules s'est avérée dans la moyenne des croissances observées pour les autres sites voire légèrement inférieure. La longueur droite moyenne des individus en décembre atteignait ainsi 41,79 mm (pour une moyenne inter-sites de 42,10 mm) (Figure 6.a), pour une masse moyenne de 6,57 g (pour une moyenne inter-sites de 7,117 g) (Figure 7.a), plaçant Agon au 3^{ème} rang (sur 9) des sites pour la longueur droite et au 5^{ème} pour la masse.

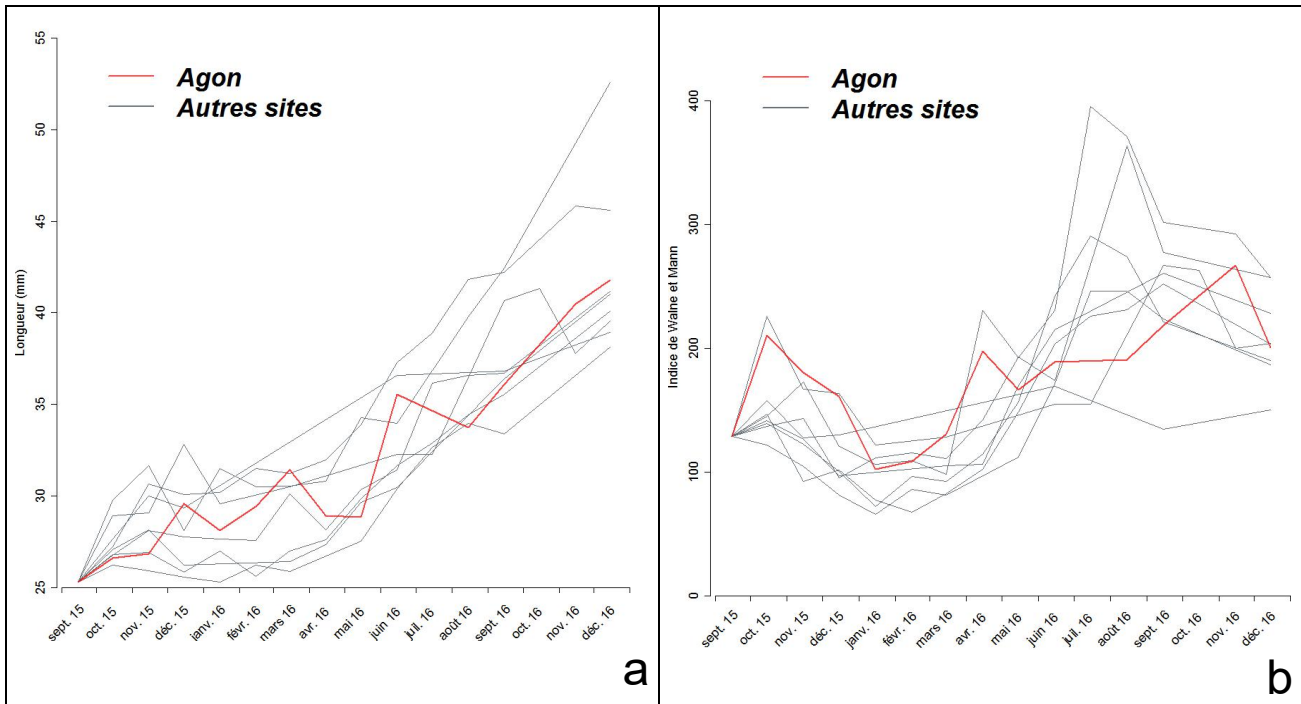


Figure 6 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site d'Agon, **a**) Longueur droite moyenne d'un individu (en mm), **b**) Indice moyen de Walne et Mann pour un individu (sans unité).

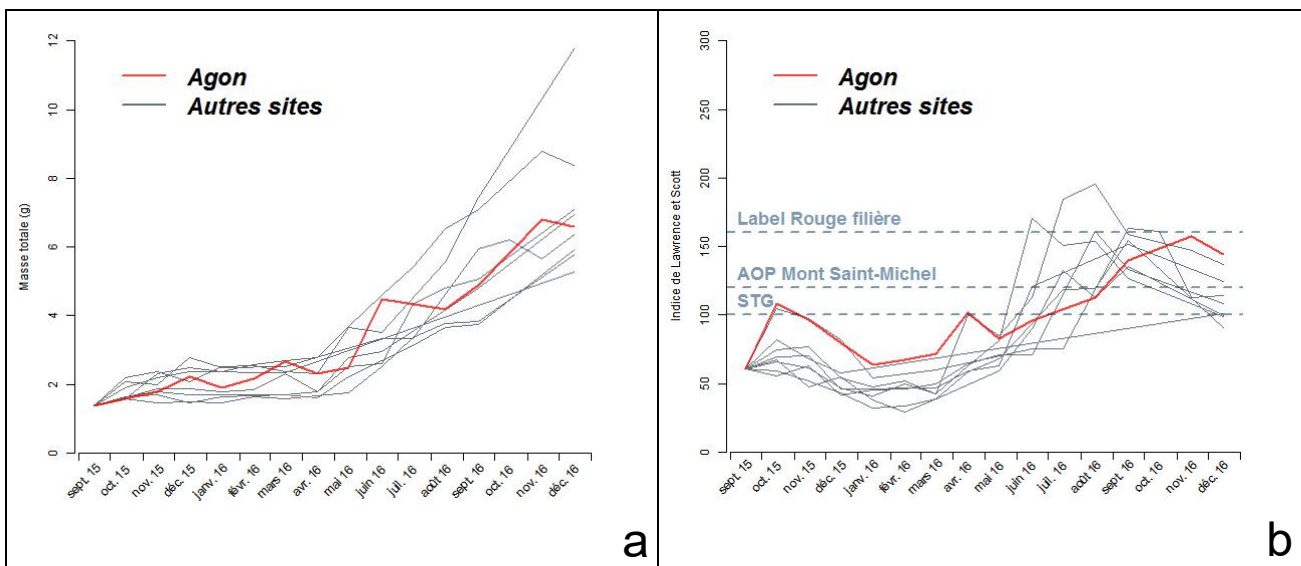


Figure 7 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau du groupe sur le site d'Agon, **a**) Masse moyenne d'un individu entier (en g), **b**) Indice de Lawrence et Scott (sans unité).

Les indices de condition ont montré un remplissage des moules très supérieur à la moyenne des sites pendant les premiers mois du suivi. En décembre 2015, les valeurs calculées pour les indices de Walne et Mann (Figure 6.b) et de Lawrence et Scott (Figure 7.b) atteignaient 161,1 et 80,01 alors que les moyennes inter-sites étaient respectivement de 116,7 et 56,7. Pour ces indicateurs, les valeurs ont diminué sensiblement pendant la période d'amaigrissement hivernal, et ont augmenté à nouveau au printemps 2016. En 2016, la croissance printanière et estivale s'est toutefois avérée relativement modérée puisque l'Indice de Lawrence et Scott a montré des valeurs inférieures à 100 (niveau de référence du label STG) jusqu'au mois de juillet. On notera la variation brutale de ces 2 indices entre mars et mai 2016, qui marque probablement un événement d'émission gamétique.

Agon apparaît clairement comme l'un des sites les plus océaniques parmi ceux opérés par le réseau : la salinité y est apapruée toujours supérieure à la moyenne inter-sites, et la période de dessalures hivernales y a été à peine perceptible, avec des salinités toujours supérieures à 30 PSU (Figure 8.a). Sur cette station, la température de l'eau de mer s'est avérée également très nettement inférieure à la moyenne inter-sites pendant toute la période septembre 2015 – juin 2016, cette différence pouvant atteindre 2°C en hiver (Figure 8.b).

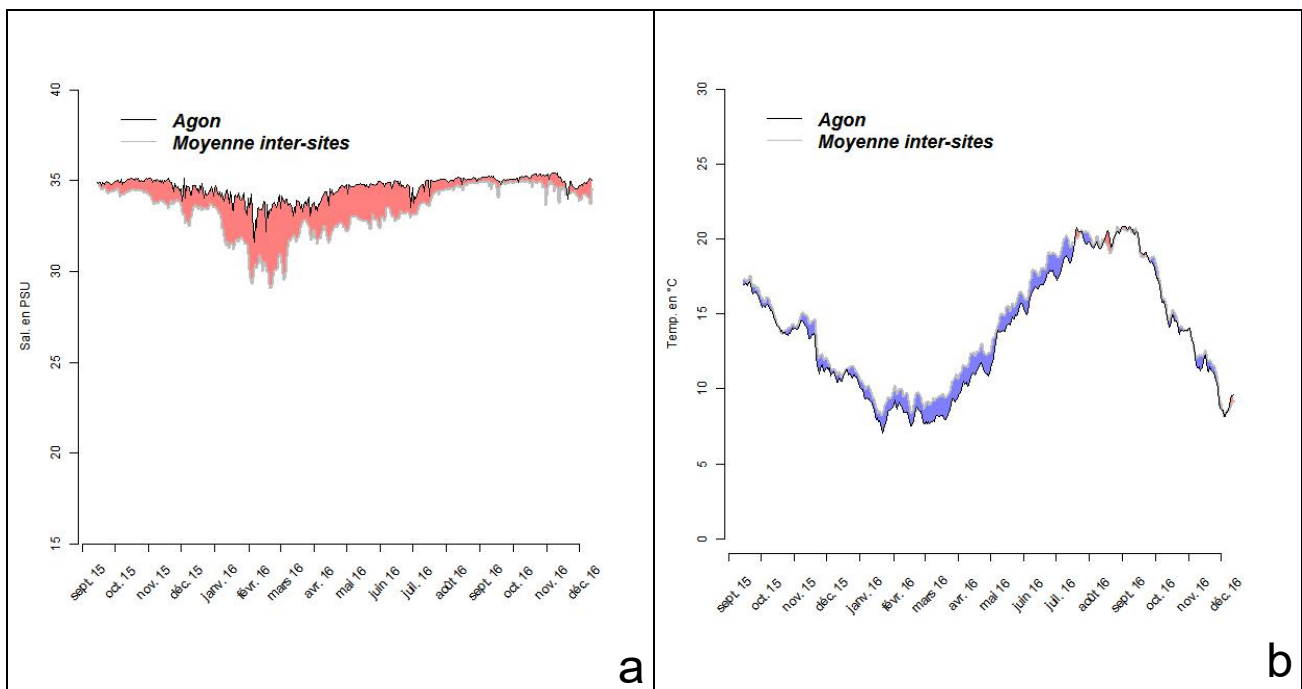


Figure 8 : Evolution au cours du temps et sur le site d'Agon **a)** de la salinité de l'eau de mer (moyenne journalière en PSU) et **b)** de la température (moyenne journalière en °C). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque les 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.

3.1.2. Site du Vivier

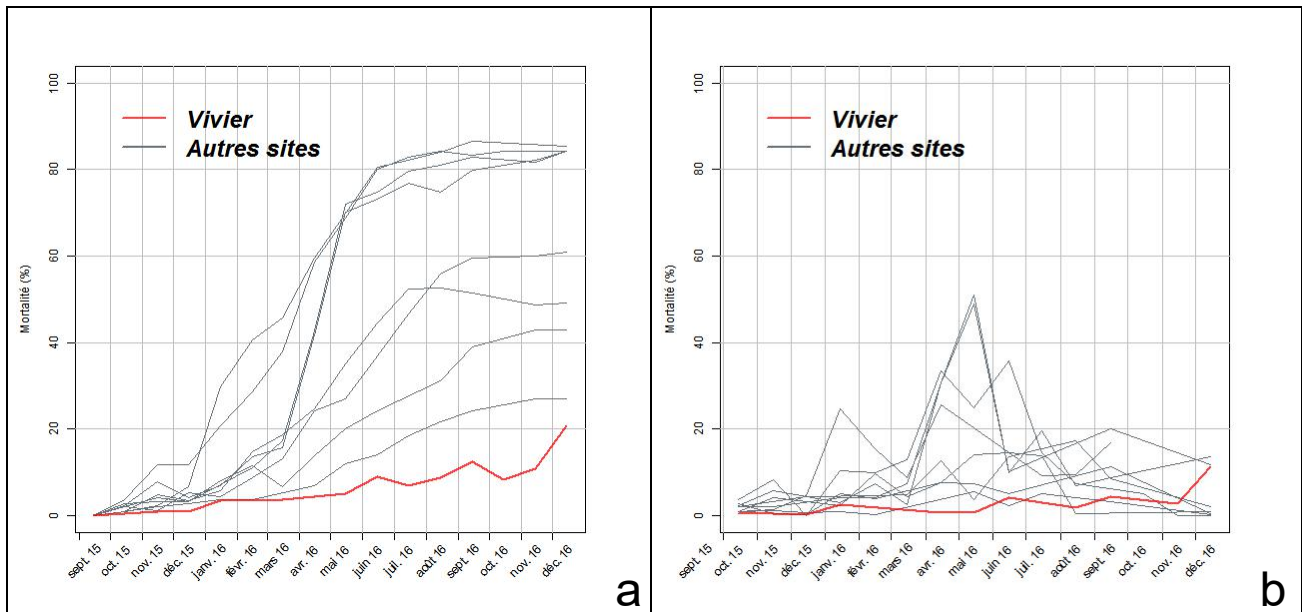


Figure 9 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentage, sur le site du Vivier, **a)** depuis la mise à l'eau et **b)** entre deux passages.

Les mortalités se sont avérées faibles en 2015-2016 sur le site du Vivier, atteignant à peine 20,8 % de l'effectif en décembre 2016 (Figure 9.a). Ces taux de mortalités placent clairement ce site comme celui présentant les plus faibles mortalités parmi ceux opérés par le réseau. On constate toutefois une brusque augmentation de la mortalité instantanée qui atteint 11,2 % pendant le dernier mois du suivi (Figure 9.b).

Sur ce site, la croissance des moules s'est avérée légèrement supérieure à la croissance moyenne inter-sites jusqu'au mois de février 2016 pour la longueur droite et la masse totale (Figures 10.a, 11.a). A partir de mars, la croissance apparaît retardée par rapport aux autres sites, et pour ces 2 paramètres les moyennes calculées en décembre sont inférieures à la moyenne inter-sites, plaçant le Vivier au 7^{ème} rang (sur 9) pour la longueur droite moyenne et au 6^{ème} rang pour la masse totale.

Comme pour Agon, les indices de condition sur le site du Vivier ont montré un remplissage des moules très supérieur à la moyenne des sites pendant les premiers mois, suivi d'un amaigrissement en hiver et au printemps (Figure 10.b, 11.b). Cet amaigrissement n'a été compensé qu'assez tard dans la saison, et il a fallu attendre le mois de juillet pour que l'indice de Lawrence et Scott dépasse la valeur seuil de 100 (Figure 11.b).

Il faut noter ici que des pertes de poches sont intervenues au cours du suivi sur ce site, et que les biométries n'ont pas pu être réalisées en février, mars, et mai 2016. La fréquence « relâchée » de ces échantillonnages a très probablement nui à l'appréciation de l'évolution des indices de remplissage, et à l'observation d'éventuels épisodes d'émission gamétique, par essence fugitifs.

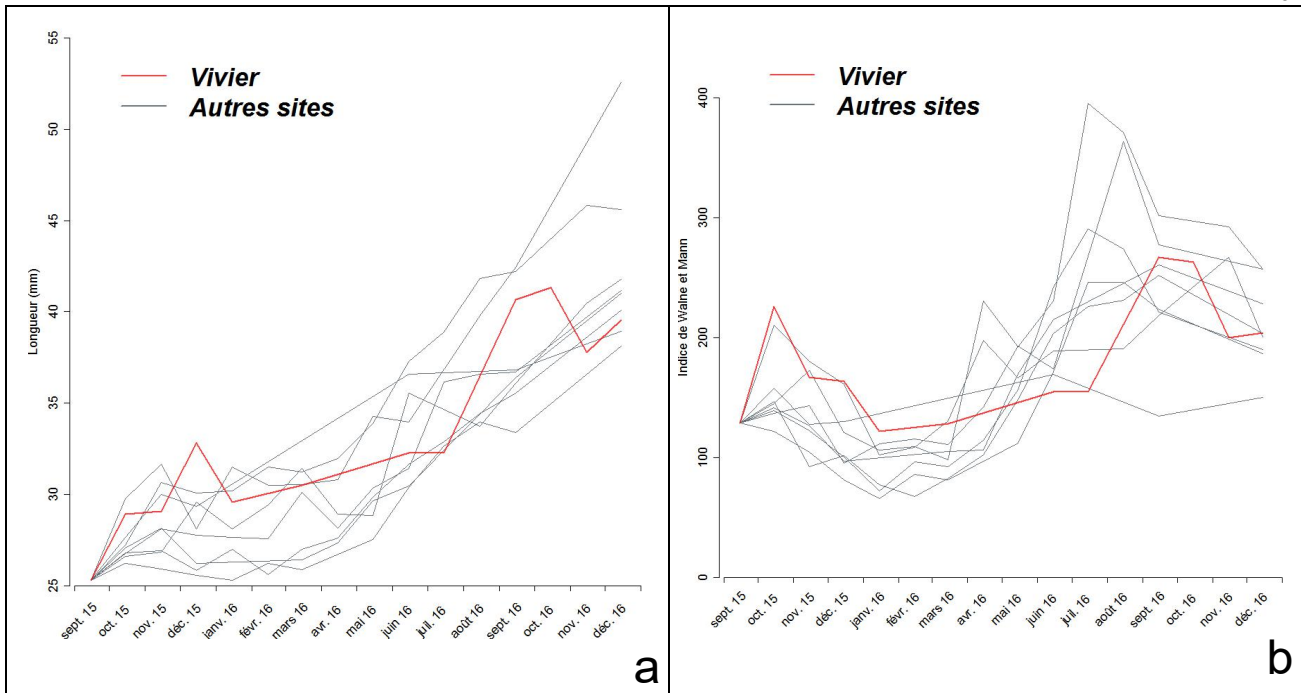


Figure 10 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site du Vivier, **a)** Longueur droite moyenne d'un individu (en mm) et **b)** Indice moyen de Walne et Mann pour un individu (sans unité).

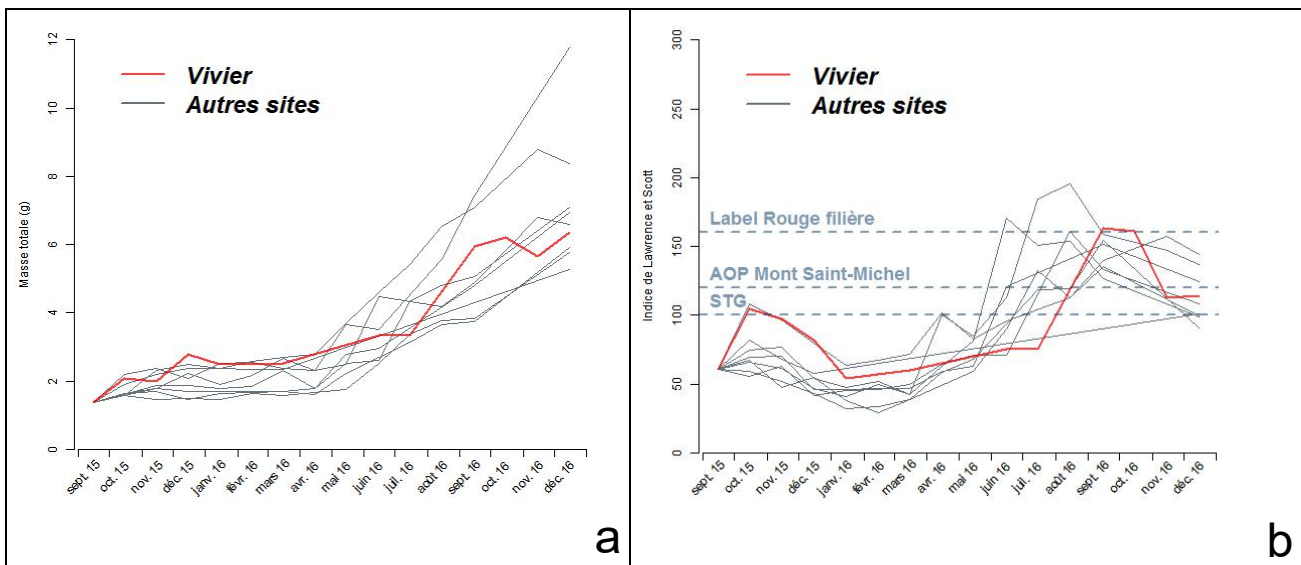


Figure 11 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau du groupe sur le site du Vivier, **a)** Masse moyenne d'un individu entier (en g), **b)** Indice de Lawrence et Scott (sans unité).

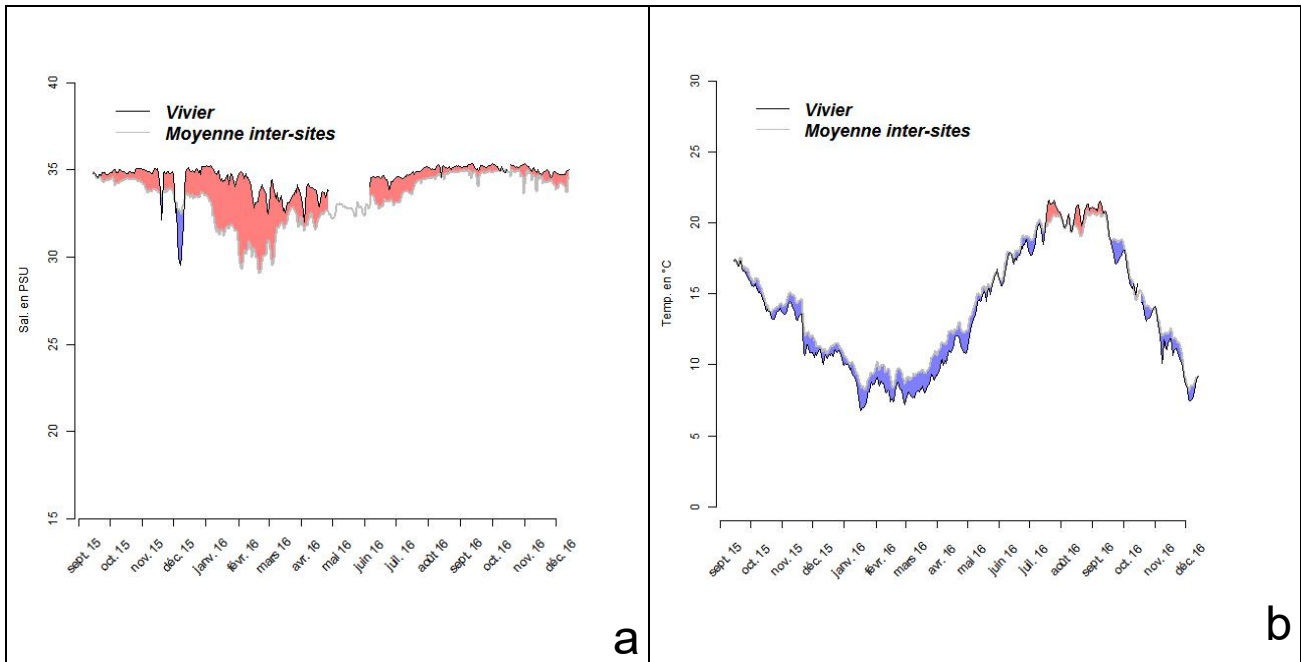


Figure 12 : Evolution au cours du temps et sur le site du Vivier **a)** de la salinité de l'eau de mer (moyenne journalière en PSU) et **b)** de la température (moyenne journalière en °C). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque 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.

Pour ce qui concerne la température et la salinité, le site du Vivier montre là encore des tendances proches de celles observées à Agon.

La salinité y est restée largement supérieure à la moyenne inter-sites tout au long de la saison (à l'exception d'un épisode apparent de dessalure courant novembre 2015) (Figure 12.a), et a très peu varié, entre 33 et 35 PSU.

La température s'est avérée inférieure à très inférieure à la moyenne inter-sites jusqu'au mois de mai 2016, ne dépassant finalement celle-ci que pendant de très courtes périodes au mois de juin et de juillet (Figure 12.b).

3.1.3. Site de Pont-Mahé

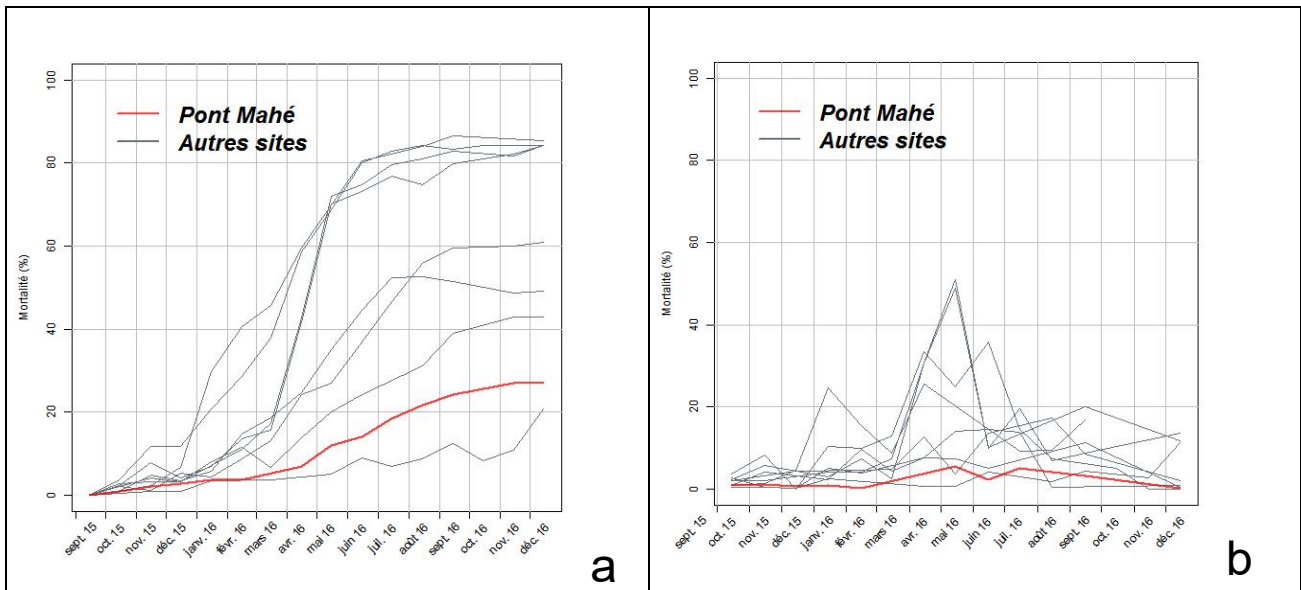


Figure 13 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentage, sur le site de Pont-Mahé, **a)** depuis la mise à l'eau et **b)** entre deux passages.

Sur le site de Pont-Mahé, les mortalités atteignaient 27,1 % de l'effectif en décembre 2016 (Figure 13.a), plaçant cette station entre le Vivier et Agon. Les mortalités observées entre deux passages sont restées modérées, avec des valeurs inférieures ou égales à 6 % tout au long du suivi (Figure 13.b).

La croissance des individus à Pont-Mahé est apparue très supérieure à la croissance inter-sites pour ce qui concerne la longueur et la masse moyenne (Figures 14.a, 15.a). Au mois de décembre 2016, la longueur moyenne d'un individu atteignait en effet 45,59 mm (contre 42,10 pour la moyenne inter-sites) et la masse d'un individu approchait les 8,37 g (contre 7,12 pour la moyenne inter-sites). Pour ces 2 paramètres, ce site se place en 2^{ème} position, se rapprochant des performances de croissance observées pour le site Filière. Contrairement à une filière de pleine eau qui reste constamment immergée, les moules élevées sur le site de Pont-Mahé ont passé plus de 20 % de leurs temps émergées et donc sans accès possible à la nourriture (voir également Tableau 2). Le fait que les performances de croissance, sur cette station, se soient avérées proches de celles d'une filière de pleine eau signe probablement des conditions environnementales très favorables à la croissance des moules en Baie de Vilaine.

Sur ce site, le remplissage des individus est apparu exceptionnellement élevé dès la fin de l'hiver 2016, avec des valeurs qui dépassent largement la moyenne inter-site à la fois pour les indices de Walne et Mann et Lawrence et Scott (Figures 14.b, 15.b). Les fortes diminutions de l'indice de Walne et Mann (Figures 14.b) observées entre les passages d'avril et de mai, puis entre les passages d'août et de septembre indiquent probablement des émissions gamétiques. En dépit de ces brusques amaigrissements, les moules de la Baie de Vilaine ont pu conserver un niveau de remplissage supérieur à la moyenne pendant toute la période été-automne 2016, avec un Indice de Lawrence et Scott compris entre 120 et 160 (Figures 15.b).

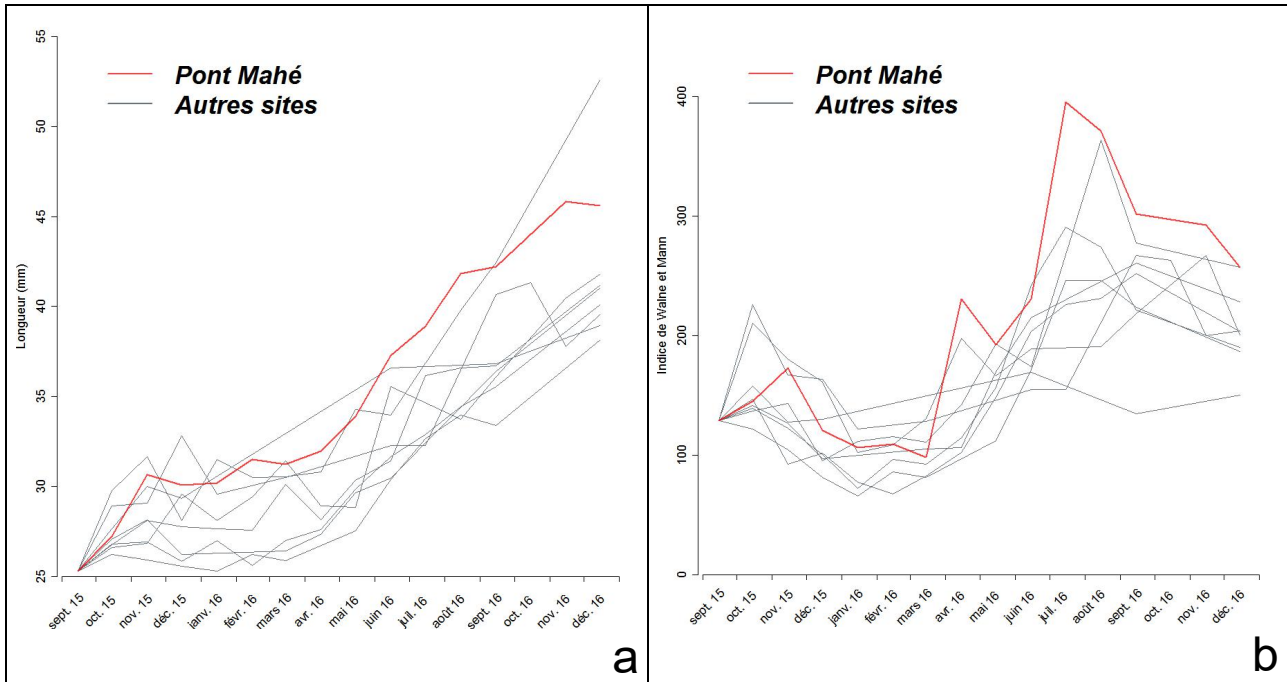


Figure 14 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de Pont-Mahé, **a)** Longueur droite moyenne d'un individu (en mm) et **b)** Indice moyen de Walne et Mann pour un individu (sans unité).

La salinité mesurée sur le site de Pont-Mahé est apparue très inférieure à la moyenne inter-sites pendant toute la période de mesure, traduisant la forte influence du panache de la Vilaine dans cette zone (Figure 16.a). Les plus fortes dessalures ont été observées entre janvier et mai 2016, avec des moyennes journalières qui ont pu atteindre 19,8 PSU. La température s'est avérée très proche de la moyenne des températures mesurées sur les autres sites du réseau sur la quasi-totalité de la période de mesures (Figure 16.b).

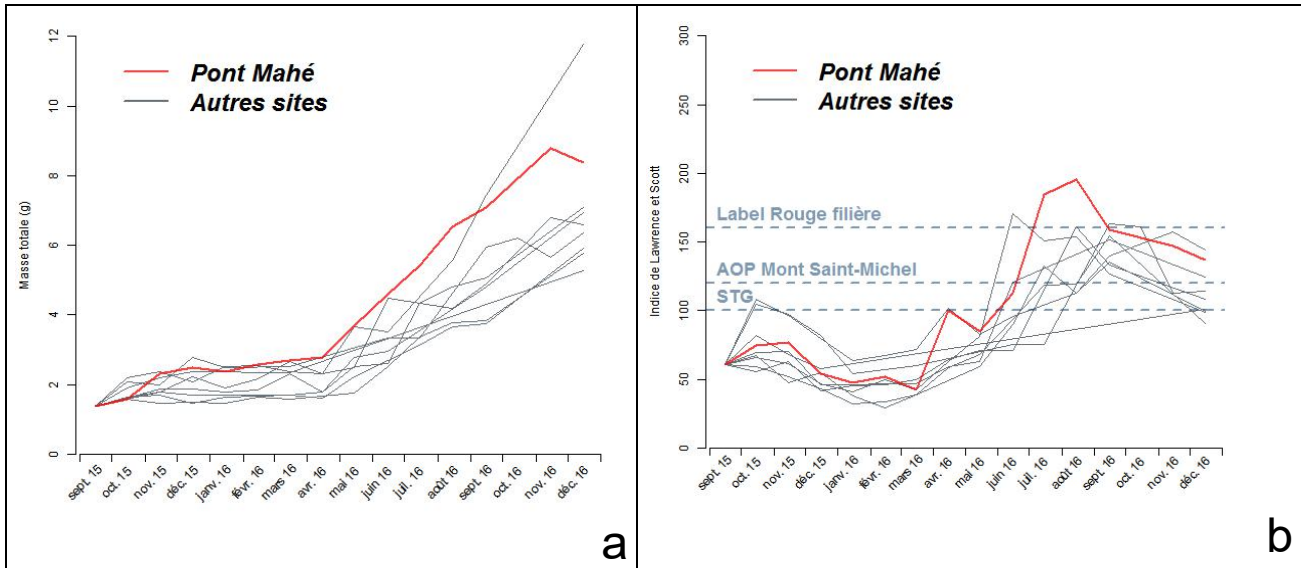


Figure 15 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau du groupe sur le site de Pont-Mahé, **a)** Masse moyenne d'un individu entier (en g), **b)** Indice de Lawrence et Scott (sans unité).

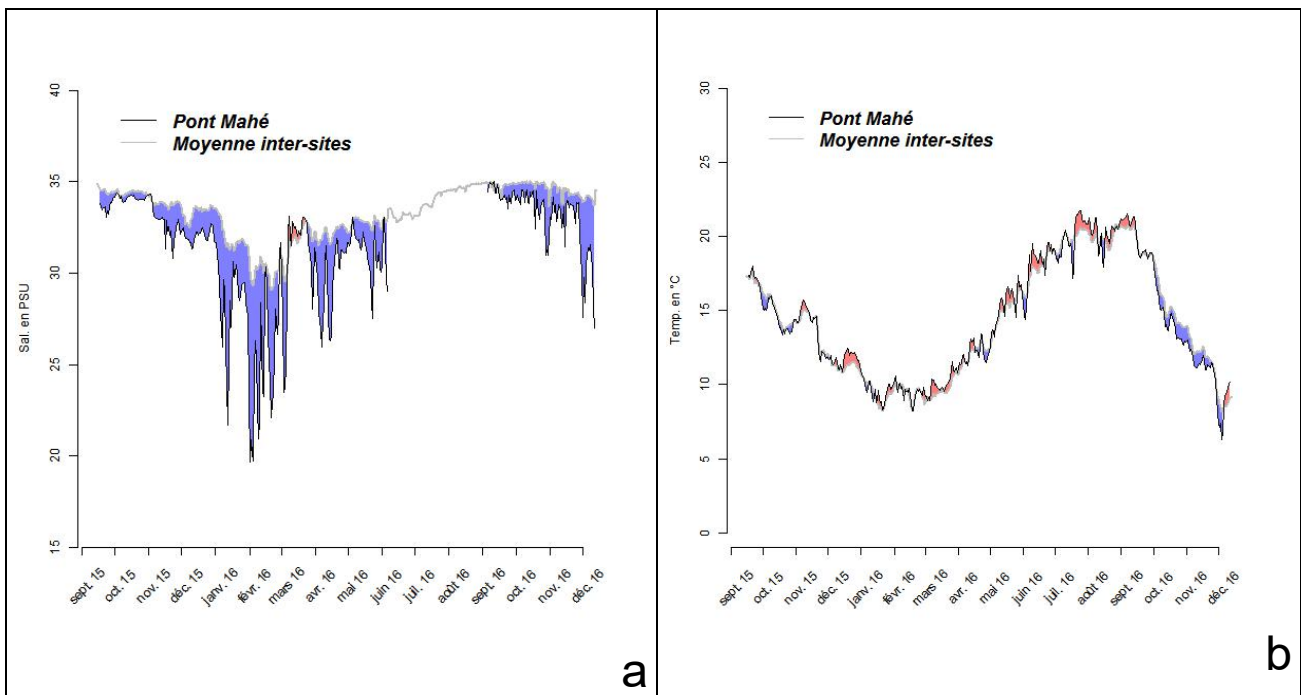


Figure 16 : Evolution au cours du temps et sur le site de Pont-Mahé **a)** de la salinité de l'eau de mer (moyenne journalière en PSU) et **b)** de la température (moyenne journalière en °C). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque 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.

3.1.4. Site de Maison Blanche

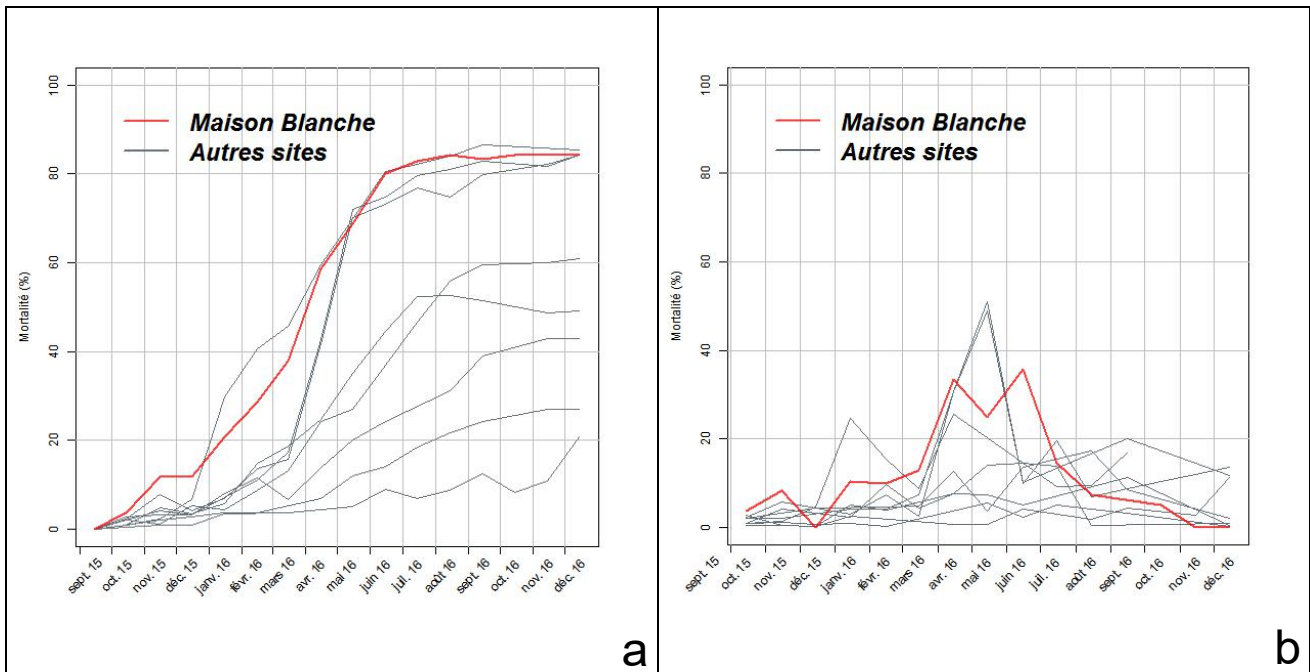


Figure 17 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentage, sur le site de Maison-Blanche, **a)** depuis la mise à l'eau et **b)** entre deux passages.

Les mortalités observées sur cette station sont parmi les plus fortes documentées au cours de la campagne 2015-2016 du réseau MYTILOBS (Figures 17.a, 17.b) : elles ont atteint 84,2 % de l'effectif au mois de décembre (Figure 17.a). L'évolution des mortalités entre deux passages montre une nette recrudescence des mortalités entre mars et juillet avec des taux de mortalité « instantanée » supérieurs à 10 % sur toute cette période, et un pic entre avril et juin (avec des taux de mortalités supérieurs à 20 %) (Figure 17.b).

Les tempêtes hivernales essuyées en Baie de Bourgneuf en février 2016, combinées à de très fortes mortalités ont conduit à une perte conséquente d'effectifs sur le site de Maison Blanche et ont finalement empêché de mener un suivi à fréquence mensuelle des paramètres biométriques. Sur les 15 échantillonnages prévus au cours de la campagne, seuls 7 ont pu être réalisés. Nous nous bornerons donc ici à commenter les résultats obtenus en fin de suivi pour la longueur et la masse sans nous intéresser à l'évolution temporelle de ces paramètres. Pour les indices de Walne et Mann et Lawrence et Scott qui, au contraire des indicateurs de croissance n'intègrent pas le signal au cours du temps (et sont donc très sensibles à la fréquence temporelle à laquelle sont effectués les échantillonnages), ces résultats ne sont pas présentés ici.

Pour ce qui concerne la croissance des moules en 2016, le site de Maison Blanche s'est donc classé au 8^{ème} rang sur 9 pour la longueur avec une valeur de 38,95 mm atteinte au mois de décembre 2016, pour une moyenne inter-sites estimée à 42,10 mm (Figure 18.a). Il s'est classé au 9^{ème} rang avec une masse moyenne de 5,26 g pour une moyenne inter-sites de 7,12 g (Figures 18.b).

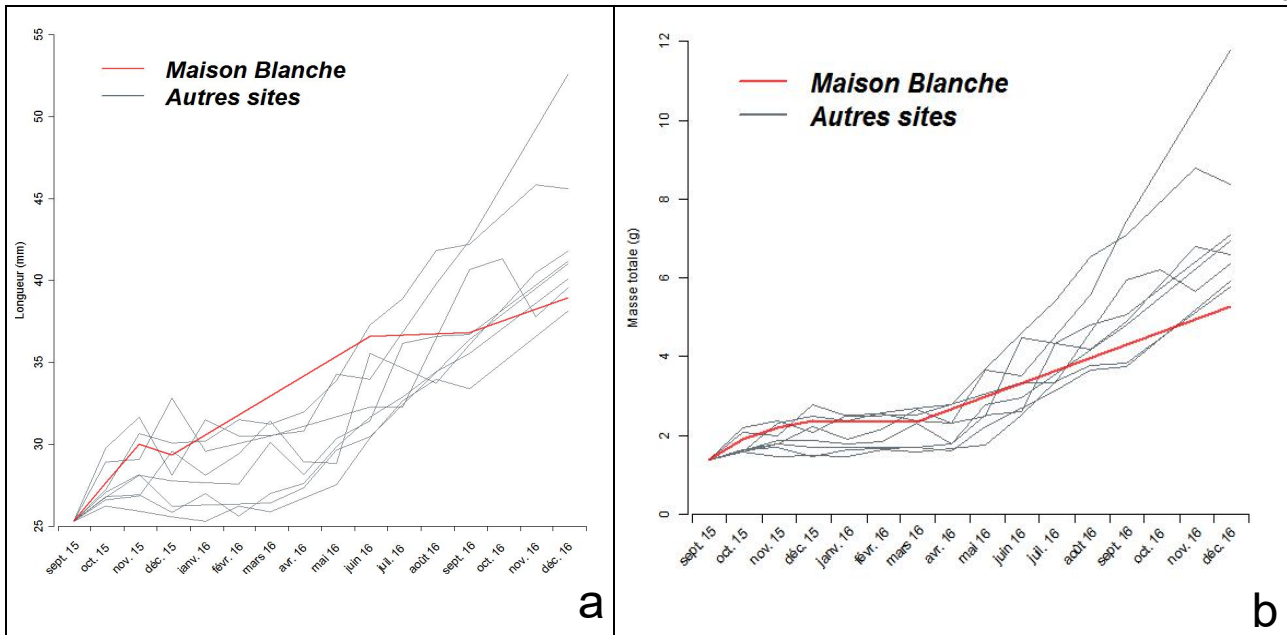


Figure 18 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de Maison Blanche, **a)** Longueur droite moyenne d'un individu (en mm) et **b)** Masse moyenne d'un individu entier (en g).

En Baie de Bourgneuf, les mesures de salinité sont apparues légèrement supérieures à la moyenne inter-sites entre octobre 2015 et janvier 2016 et très proches de celle-ci jusqu'au mois de mai 2016 (Figure 19.a). A partir du mois de juin 2016 toutefois, la sonde placée sur le site de Maison Blanche a enregistré de fortes dessalures qui ont coïncidé avec une période de très fortes précipitations et traduisent probablement l'influence du panache de la Loire sur ce site.

La température sur ce site s'est avérée là-encore très proche de la moyenne inter-sites, jusqu'au mois de juin où elle a brutalement décroché, devenant même inférieure aux températures moyennes journalières enregistrées à Agon. Là encore, il est probable que les cumuls exceptionnels de précipitations relevés en fin de printemps 2016 aient influencé cette évolution (Figure 19.b).

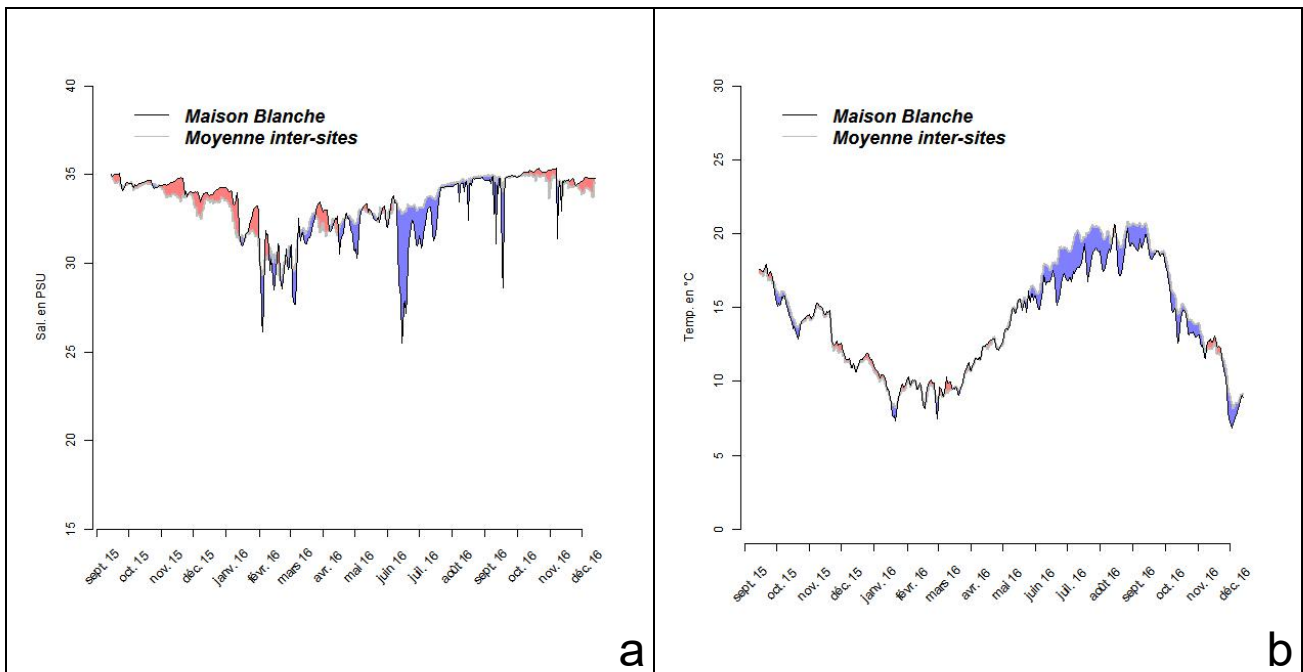


Figure 19 : Evolution au cours du temps et sur le site de Maison Blanche **a)** de la salinité de l'eau de mer (moyenne journalière en PSU) et **b)** de la température (moyenne journalière en °C). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge 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.

3.1.5. Site de Roulière

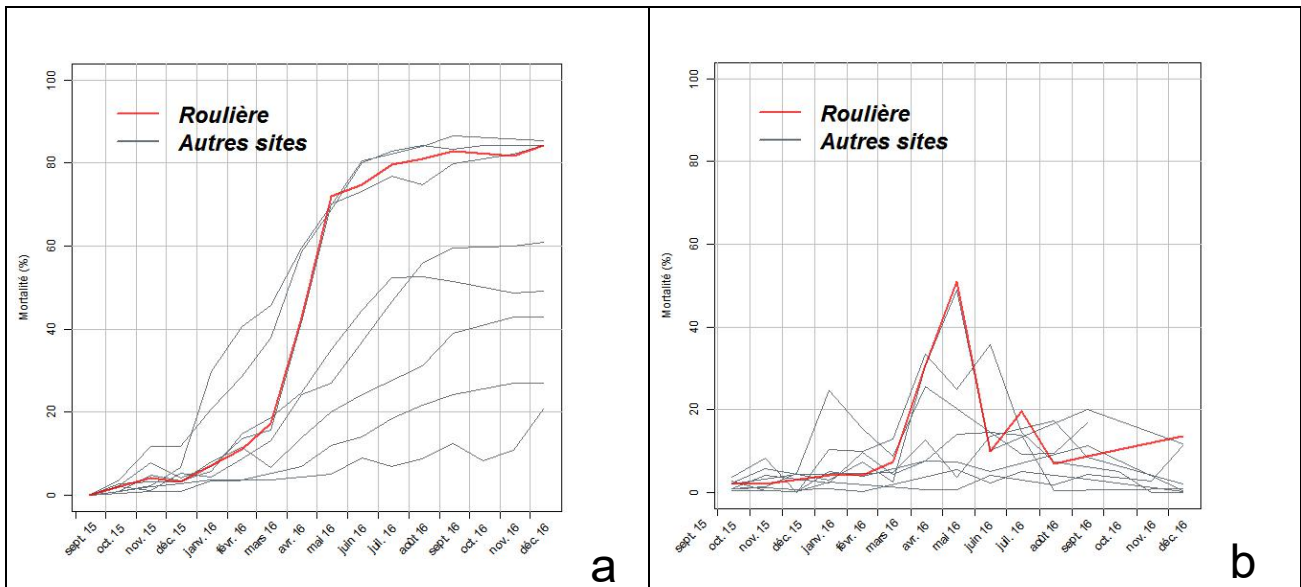


Figure 20 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentage, sur le site de Roulière, **a)** depuis la mise à l'eau et **b)** entre deux passages.

Sur le site de Roulière, le taux de mortalité atteignait 84,2 % de l'effectif initial en décembre 2016 (Figure 20.a) ce qui place cette station à égalité pour l'intensité des mortalités avec les sites de Maison Blanche et de l'Aiguillon, au deuxième rang derrière le site de Filière.

Sur ce site, la proportion de mortalité a augmenté brutalement entre les passages effectués en mars et en avril 2016. A partir de cette date, et pendant une période de quatre mois, des pertes supérieures ou égales à 10 % de l'effectif ont été observées (Figure 20.b), marquant un épisode d'intense mortalité.

La croissance des moules sur le site de Roulière s'est avérée dans la moyenne des croissances observées pour les autres sites. La longueur droite moyenne des individus en décembre atteignait ainsi 41,02 mm (pour une moyenne inter-sites de 42,10 mm) (Figure 21.a), pour une masse moyenne de 6,95 g (pour une moyenne inter-sites de 7,117 g) (Figure 22.a), plaçant Roulière au 5^{ème} rang (sur 9) des sites pour la longueur droite et au 4^{ème} pour la masse.

Les indices de condition ont montré un remplissage des moules globalement supérieur à la moyenne des sites à partir du mois de juillet 2016 (Figures 21.b et 22.b), date à laquelle l'indice de Lawrence et Scott dépasse la valeur de 100 (Figure 22.b).

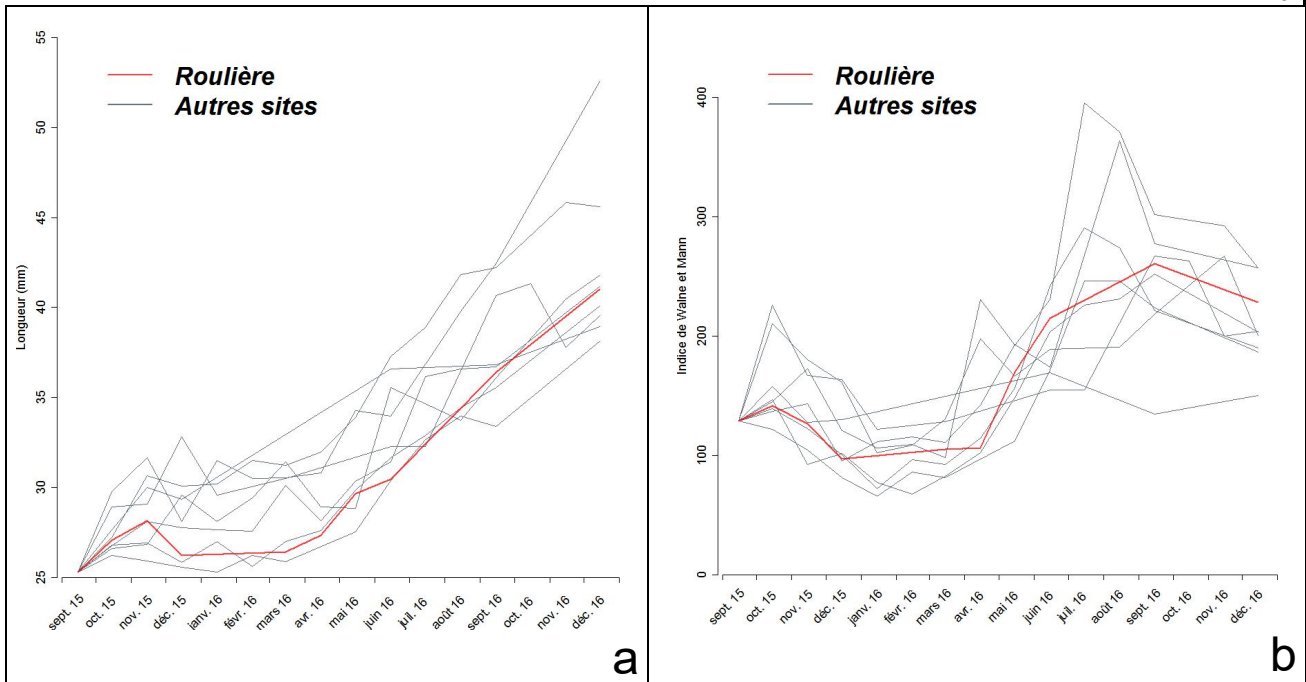


Figure 21 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de Roulière, **a)** Longueur droite moyenne d'un individu (en mm) et **b)** Indice moyen de Walne et Mann pour un individu (sans unité).

La salinité sur le site de Roulière est apparue comme particulièrement variable : largement supérieure à la moyenne inter-sites entre septembre et novembre 2015 et entre février et juin 2016, le signal a accusé de fortes variations dans le courant de l'hiver, devenant alors très inférieur à la moyenne inter-sites (Figure 23.a). Pour cette station encore, il semble que les fortes précipitations enregistrées à la fin du printemps 2016 se soient traduites par une diminution globale de la salinité sur ce site (Figure 23.a).

En 2016, les températures enregistrées sur ce secteur ont suivi dans leur évolution la moyenne inter-sites, tout en lui restant supérieur pendant la quasi-totalité du suivi (Figure 23.b).

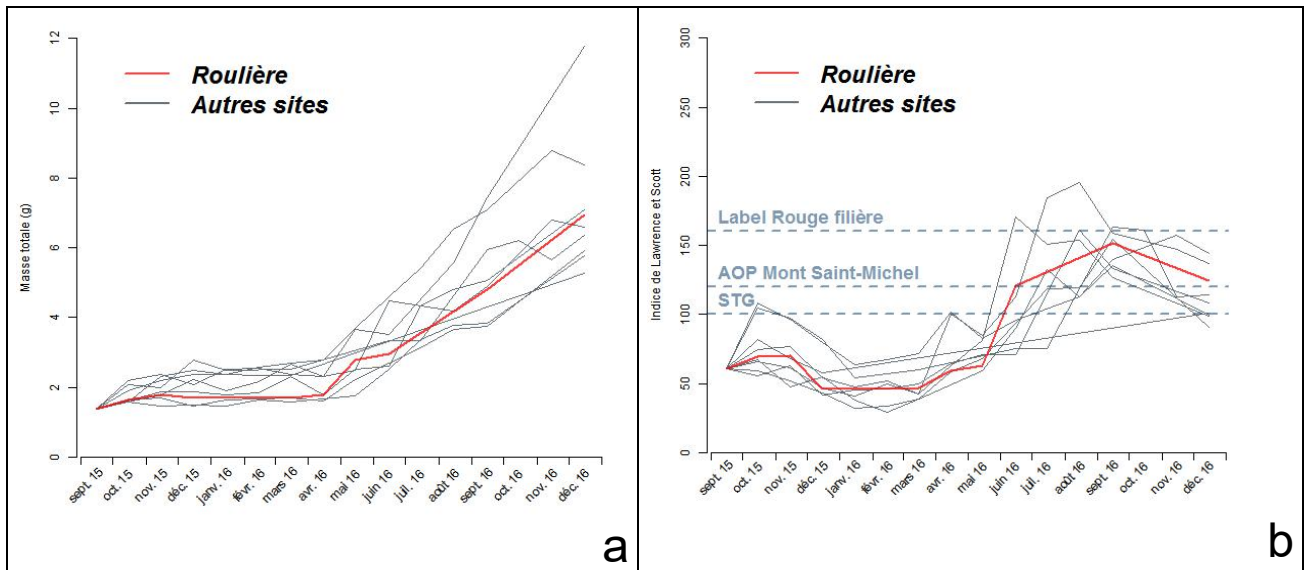


Figure 22 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau du groupe sur le site de Roulière, **a)** Masse moyenne d'un individu entier (en g), **b)** Indice de Lawrence et Scott (sans unité).

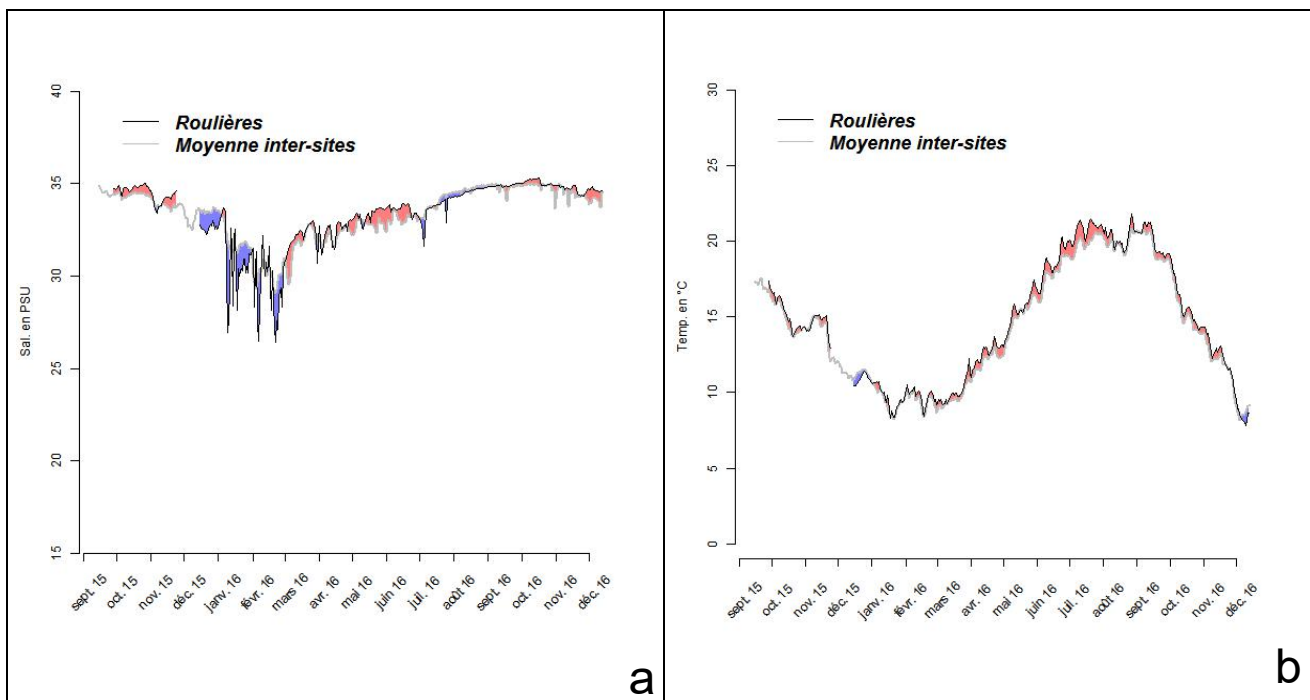


Figure 23 : Evolution au cours du temps et sur le site de Roulière **a)** de la salinité de l'eau de mer (moyenne journalière en PSU) et **b)** de la température (moyenne journalière en °C). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque 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.

3.1.6. Site de Filière

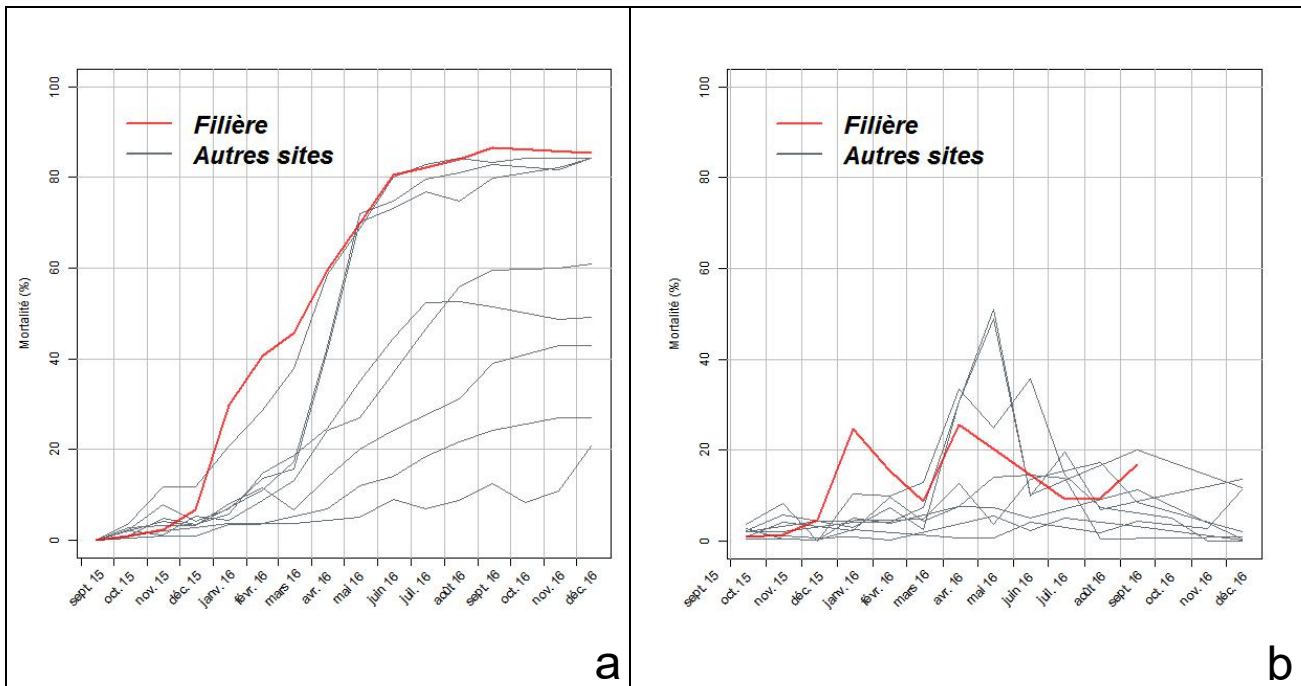


Figure 24 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentage, sur le site de Filière, **a)** depuis la mise à l'eau et **b)** entre deux passages.

Le site de Filière est, parmi les sites du réseau, celui pour lequel les plus fortes mortalités ont été observées en 2016 avec une valeur finale de 85,4 % (Figure 24.a). C'est également le site pour lequel les mortalités se sont déclarées le plus précocement. Dès le mois de janvier 2016, la proportion de mortalité atteignait 30 % de l'effectif. Par la suite, et jusqu'à septembre 2016, des pertes supérieures à 10 % de l'effectif survivant encore présent sur le site ont été observées (Figure 24.b) à chaque passage

La croissance des individus sur le site de Filière est apparue très supérieure à la croissance inter-sites pour ce qui concerne la longueur et la masse moyenne (Figures 25.a, 26.a). Au mois de décembre 2016, la longueur moyenne d'un individu atteignait en effet 52,59 mm (contre 42,10 pour la moyenne inter-sites) et la masse d'un individu approchait les 11,77 g (contre 7,12 pour la moyenne inter-sites). Pour ces 2 paramètres, ce site se place, de loin, en 1^{ère} position des sites du MYTILOBS. De telles performances sont évidemment à relier avec le mode d'élevage employé ici : les filières de pleine eau étant constamment immergées, les moules ont pu avoir accès à la nourriture à chaque instant alors que sur les autres sites, les individus passent en moyenne 20 % de leur temps en émergence (Tableau 2).

En dépit d'une croissance très supérieure à la moyenne, le site de Filière ne s'est pas distingué des autres sites par un niveau exceptionnel de remplissage des individus, tout au moins jusqu'à l'été 2016 (Figures 25.b, 26.b). Sur la période comprise entre septembre 2015 et juillet 2016, les valeurs calculées pour l'indice de Walne et Mann sont seulement légèrement supérieures à la moyenne inter-sites alors que celles calculées pour l'indice de Lawrence et Scott ne dépassent que fugitivement celle-ci au mois de mars.

L'indice de Walne et Mann a finalement atteint des valeurs très supérieures à la moyenne au mois d'août 2016 (et qui le resteront jusqu'en septembre) (Figures 25.b), alors que l'indice de Lawrence et Scott est resté très proche de la moyenne inter-sites, voire légèrement inférieur (Figures 26.b). Cette différence dans l'évolution de 2 indices pourtant proches dans leur mode de calcul tient très probablement à un rapport entre la masse moyenne et la masse de coquille (qui entrent toutes 2 en jeu pour le calcul de l'Indice de Lawrence et Scott alors que seule la première sert à estimer l'indice de Walne et Mann) spécifique pour ce site. En effet, à masse moyenne constante, il semble que les coquilles ont tendance à être plus légères sur le site de Filière que sur les autres sites.

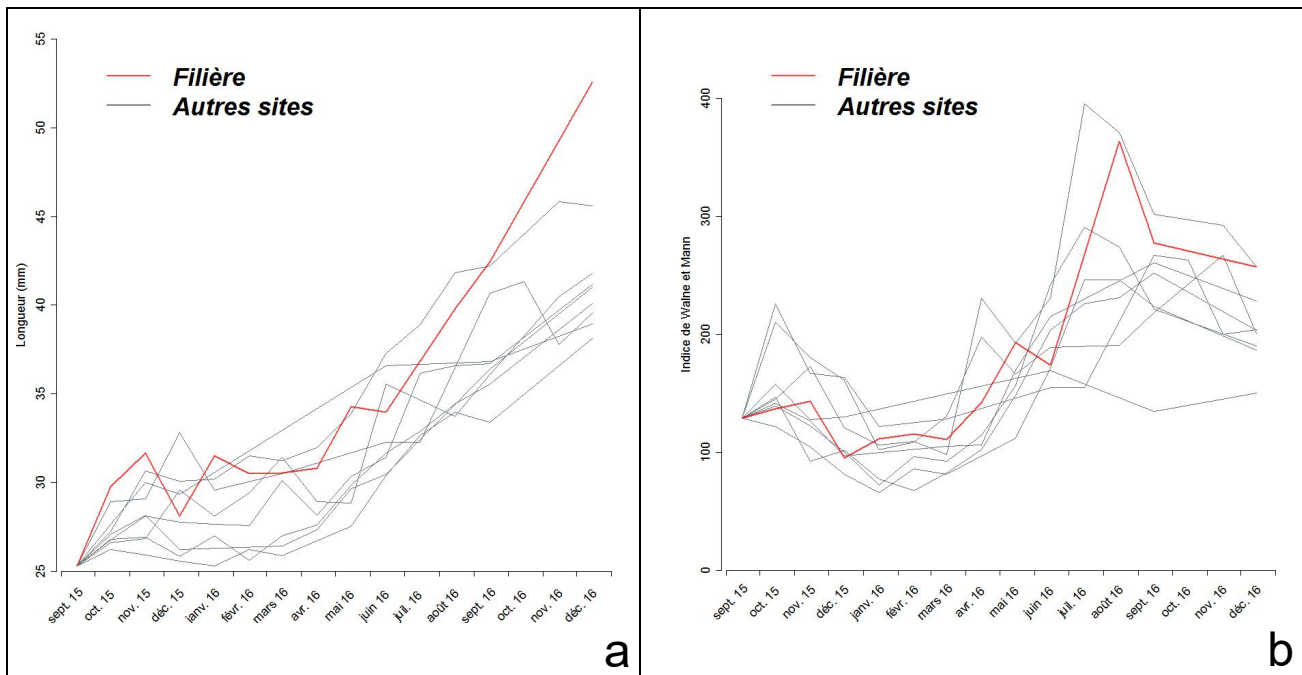


Figure 25 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de Filière, **a)** Longueur droite moyenne d'un individu (en mm) et **b)** Indice moyen de Walne et Mann pour un individu (sans unité).

Si elle suit dans son évolution la moyenne inter-sites, la salinité mesurée sur le site de Filière est apparue très supérieure à celle-ci pendant une grande partie de la période d'observation (Figure 27.a). La température s'est révélée supérieure à la moyenne pendant toute la période comprise entre octobre 2015 et avril 2016, puis entre août et décembre 2016 (Figure 27.b), et inférieure à la moyenne inter-sites entre ces 2 périodes. L'évolution de ces 2 paramètres traduit la forte influence d'une masse d'eau océanique sur ce site, situé en pleine eau et relativement éloigné du trait de côte, laquelle est par essence moins soumise aux brusques variations des paramètres du milieu ressenties dans des eaux plus côtières.

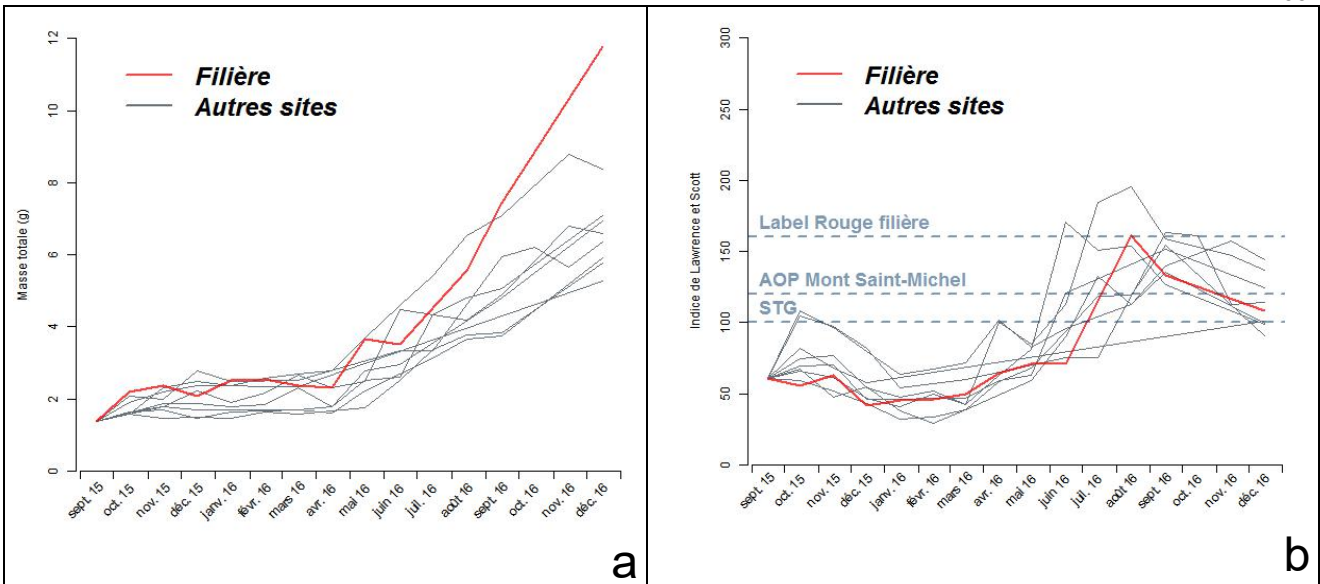


Figure 26 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau du groupe sur le site de Filière, **a)** Masse moyenne d'un individu entier (en g), **b)** Indice de Lawrence et Scott (sans unité).

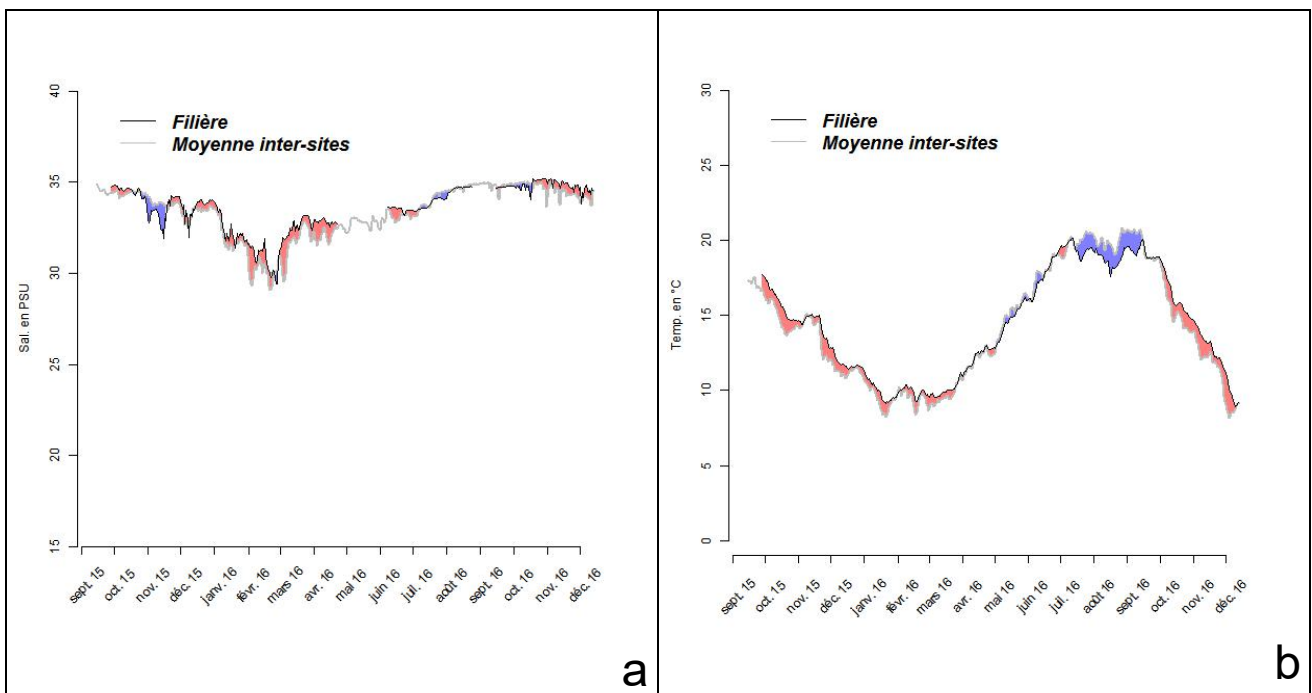


Figure 27 : Evolution au cours du temps et sur le site de Filière **a)** de la salinité de l'eau de mer (moyenne journalière en PSU) et **b)** de la température (moyenne journalière en °C). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque 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.

3.1.7. Site de l'Aiguillon

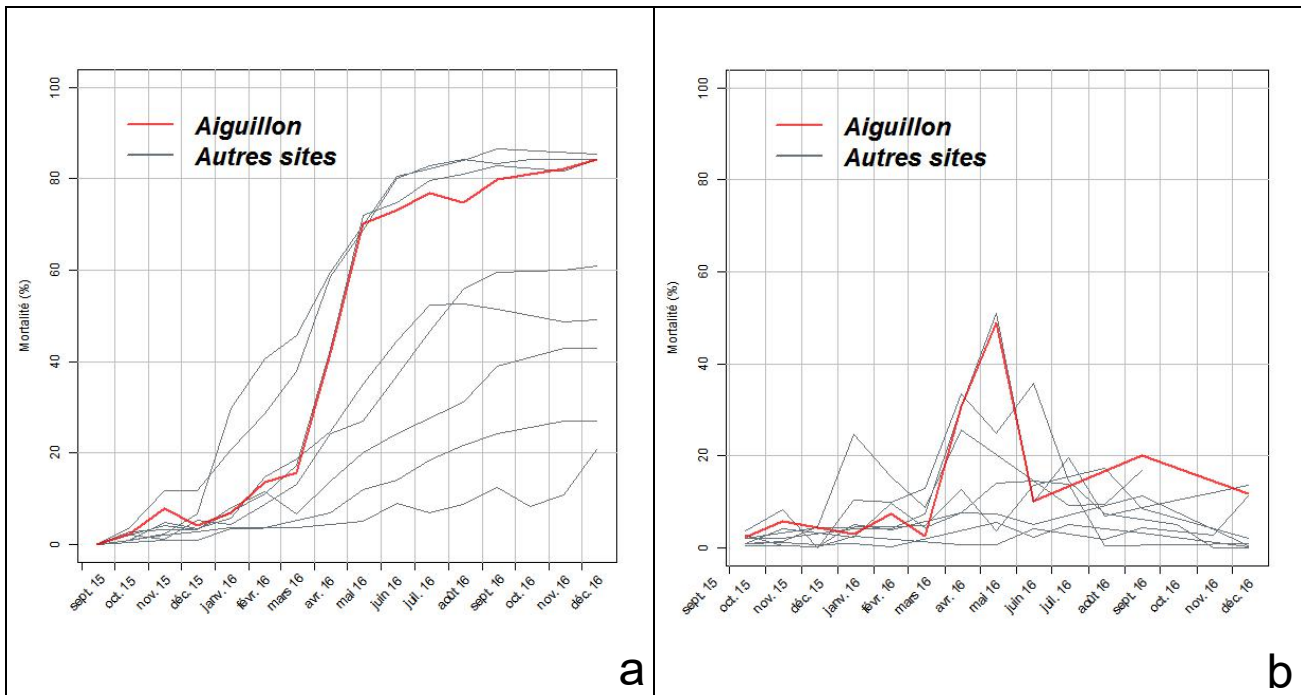


Figure 28 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentage, sur le site de l'Aiguillon, **a)** depuis la mise à l'eau et **b)** entre deux passages.

Les mortalités observées sur cette station sont parmi les plus fortes documentées au cours de la campagne 2015-2016 du réseau MYTILOBS (Figure 28.a, 28.b) : elles ont atteint 84,2 % de l'effectif au mois de décembre (Figure 28.a). L'évolution des mortalités entre deux passages montre une nette recrudescence des mortalités en avril et en mai 2016 avec des taux de mortalité « instantanée » dépassant les 30 % et restant supérieures à 10 % jusqu'à la fin du suivi (Figure 28.b).

La croissance des individus en Baie de l'Aiguillon est apparue très proche de la moyenne inter-sites pour ce qui concerne la longueur et la masse moyenne (Figures 29.a, 30.a), la dépassant légèrement à partir de l'été 2016. Au mois de décembre 2016, la longueur moyenne d'un individu atteignait en effet 41,16 mm (contre 42,10 pour la moyenne inter-sites) et la masse d'un individu approchait les 7,09 g (contre 7,12 pour la moyenne inter-sites). Pour ces 2 paramètres, ce site se place respectivement en 4^{ème} et 3^{ème} position.

Les indices de condition de Walne et Mann et de Lawrence et Scott ont présenté des valeurs proches voire légèrement inférieures à la moyenne inter-sites jusqu'au mois de mai 2016 (Figure 29.b, 30.b). Comme pour la plupart des sites, ces 2 paramètres ont montré une augmentation rapide et forte au printemps, mais cet accroissement de la quantité relative de chair s'est avéré, sur le site de l'Aiguillon, particulièrement précoce, permettant à l'indice de Lawrence et Scott de dépasser le niveau de référence de 100 dès le mois de juin (Figure 30.b). Pour ces 2 indicateurs, les valeurs maximales sont observées (respectivement) en juillet pour le premier et en juin pour le second et classent le site de l'Aiguillon parmi les 3 meilleurs sites pour le remplissage aux côtés des sites de Pont Mahé, et Filière.

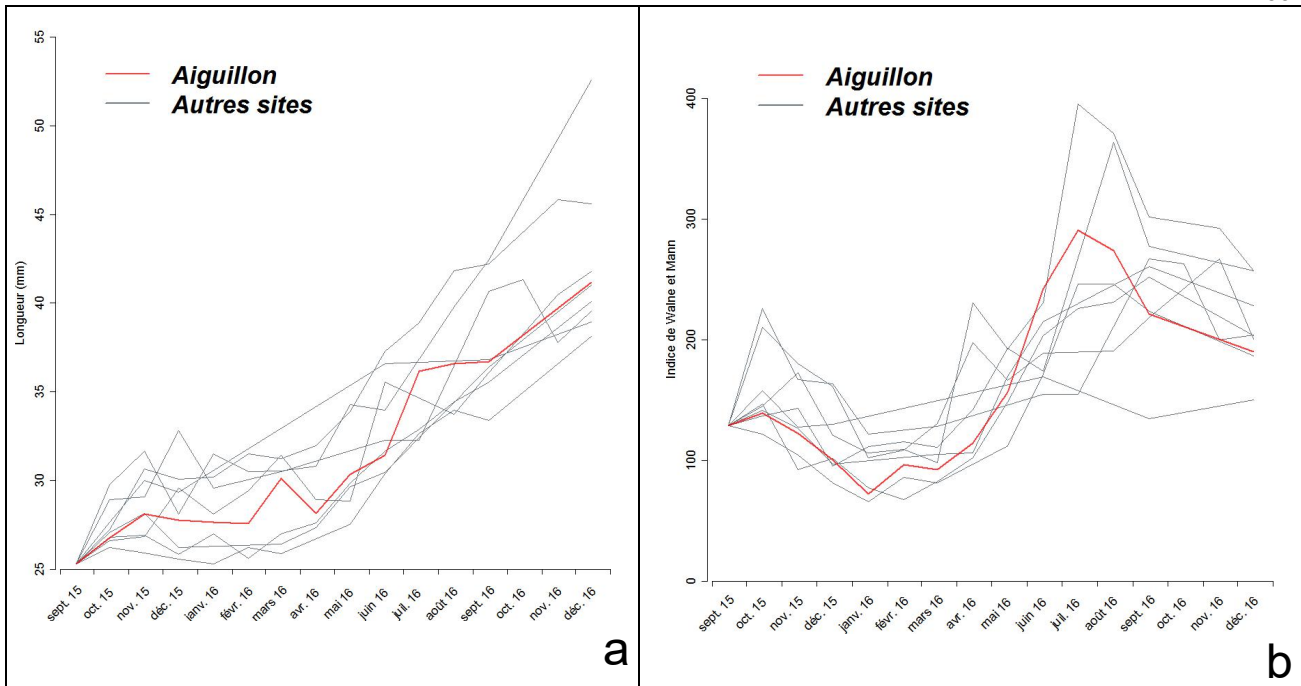


Figure 29 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de l'Aiguillon, **a)** Longueur droite moyenne d'un individu (en mm) et **b)** Indice moyen de Walne et Mann pour un individu (sans unité).

Les valeurs de salinité mesurées sur le site de l'Aiguillon étaient en général inférieures à la moyenne inter-sites (Figure 31.a). Le site a semblé toutefois moins sujet aux dessalures pendant la période hivernale que les autres sites proches de Yves, Boyard et Roulières. A l'instar de ce qui a pu être observé sur les sites de Roulières et de l'Aiguillon, la température s'est révélée supérieure à la moyenne pendant toute la période comprise entre février et septembre 2016, et très proche de la moyenne inter-sites le reste du temps (Figure 31.b).

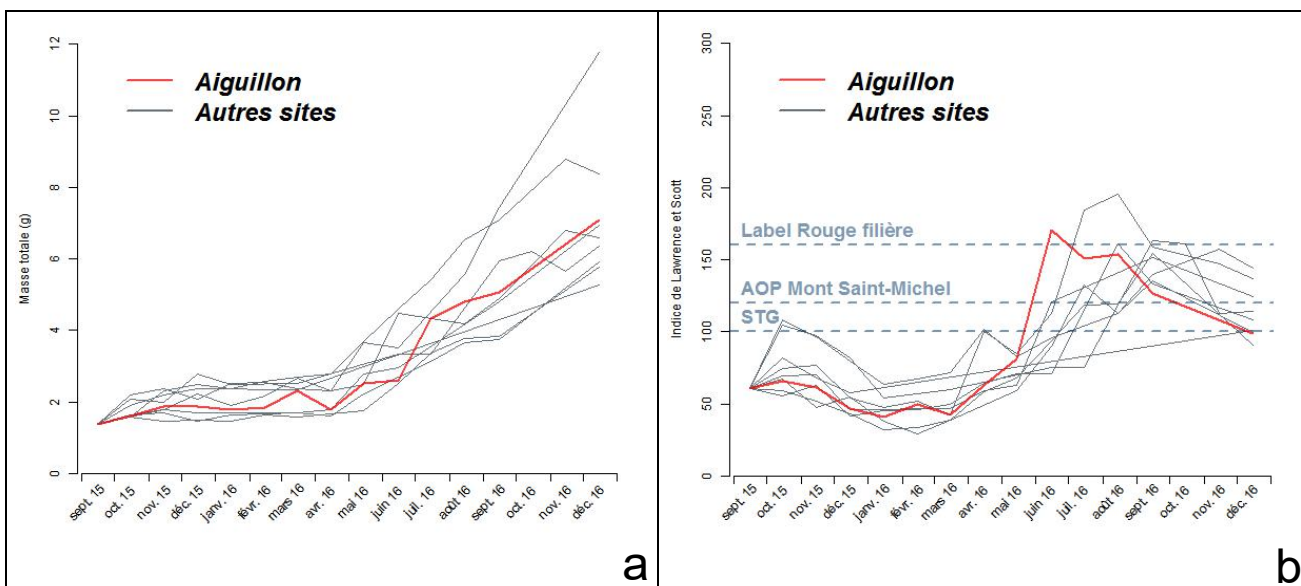


Figure 30 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau du groupe sur le site de l'Aiguillon, **a)** Masse moyenne d'un individu entier (en g), **b)** Indice de Lawrence et Scott (sans unité).

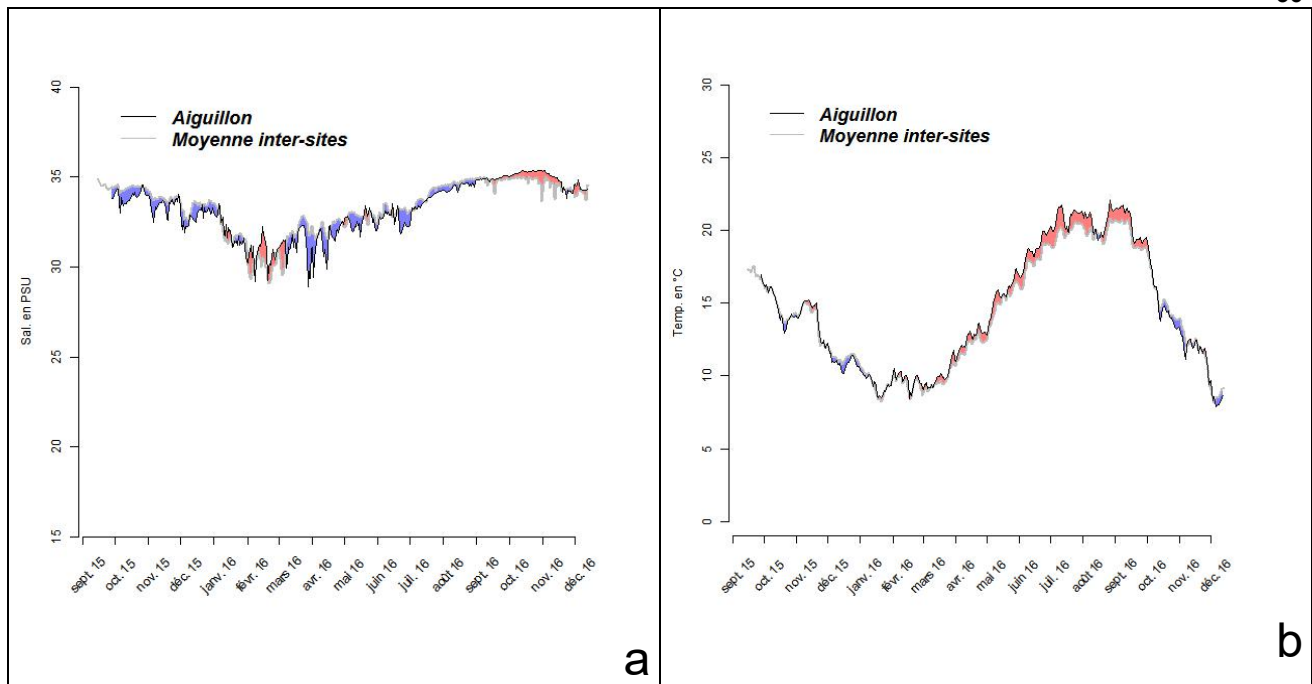


Figure 31 : Evolution au cours du temps et sur le site de l'Aiguillon **a)** de la salinité de l'eau de mer (moyenne journalière en PSU) et **b)** de la température (moyenne journalière en °C). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge 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.

3.1.8. Site de Yves

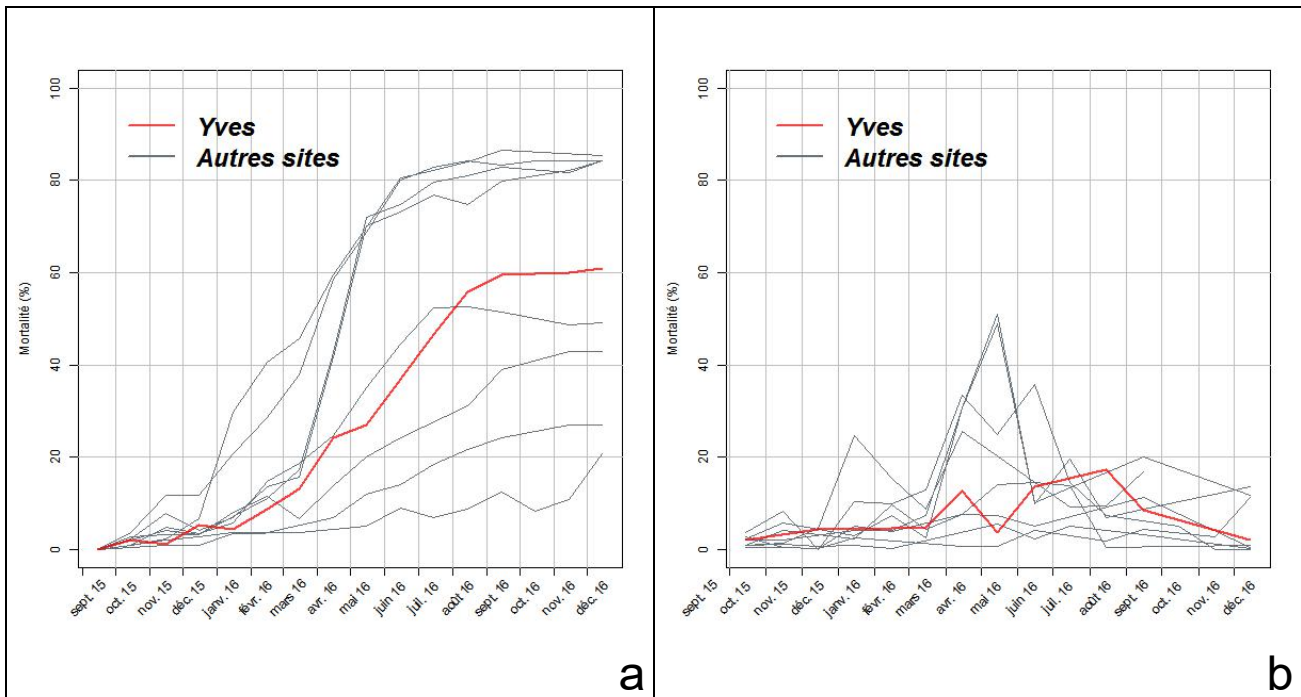


Figure 32 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentage, sur le site de Yves, **a)** depuis la mise à l'eau et **b)** entre deux passages.

Dans la Baie d'Yves, les taux de mortalités observés dans le cadre du MYTILOBS ont atteint 60,8 % au mois de décembre 2016, et classent ce site en 5^{ème} position pour l'intensité des mortalités (Figure 32.a). Comme pour les secteurs de l'Aiguillon et de Roulière, les premières pertes significatives ont été observées en avril 2016 (Figure 32.b) mais, contrairement à ces sites, les taux de mortalités relevés entre deux passages sont restés inférieurs à 20 %. Globalement, et à l'instar des observations effectuées sur le site de Boyard situé également dans le Pertuis d'Antioche, la mortalité dans ce secteur s'est avérée plus progressive dans son évolution et finalement moins importante en 2016 que dans les sites du Pertuis Breton.

Sur le secteur de la Baie d'Yves, la croissance en coquille et en masse totale ont suivi la même dynamique temporelle que sur les autres sites mais la vitesse d'accroissement s'est avérée légèrement inférieure à la moyenne inter-sites : au mois de décembre, la longueur moyenne de la coquille atteignait 40,09 mm et la masse moyenne d'un individu, 5,92 g ce qui place le site au 6^{ème} et 7^{ème} rang des sites du MYTILOBS pour ces 2 paramètres (Figure 33.a et 34.a).

Comme pour la croissance, les indices de remplissages ont présenté des valeurs en deçà de la moyenne inter-sites sur la quasi-totalité de la période d'observation, ne dépassant celle-ci qu'à une seule occasion au mois de septembre 2016 (Figure 33.b et 34.b).

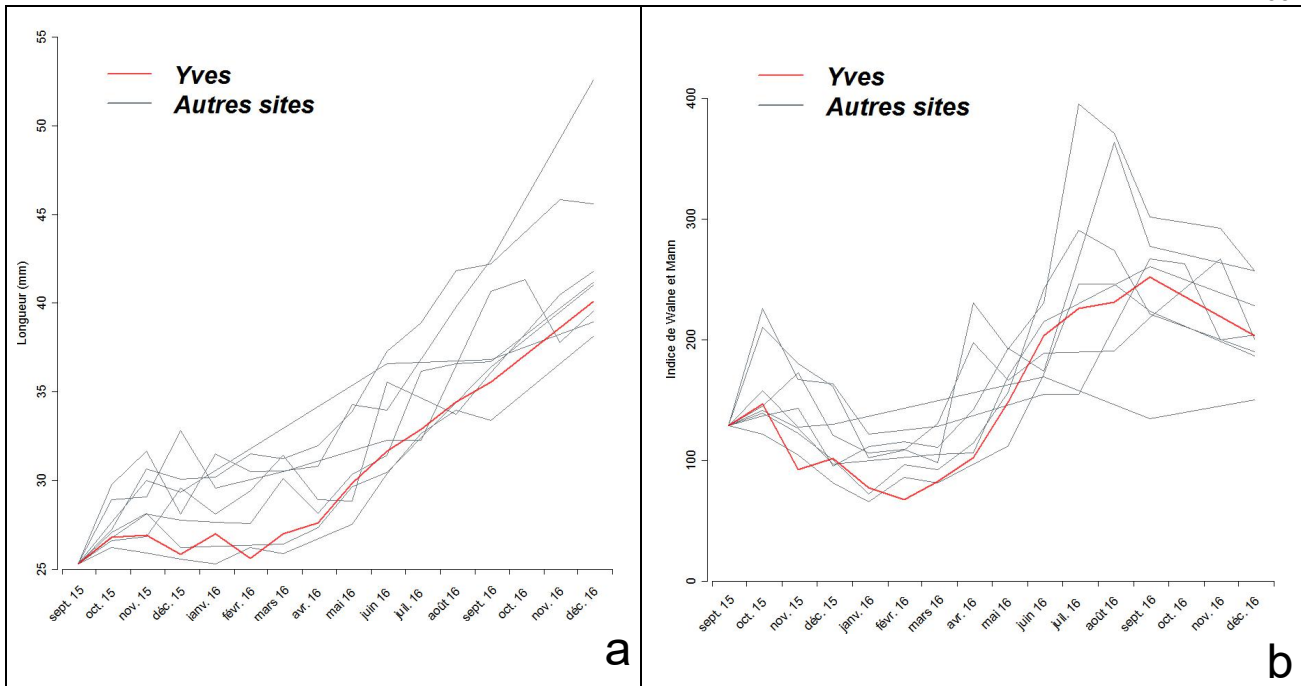


Figure 33 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de Yves, **a)** Longueur droite moyenne d'un individu (en mm) et **b)** Indice moyen de Walne et Mann pour un individu (sans unité).

Pendant toute la période comprise entre septembre 2015 et mai 2016, les moyennes journalières de salinité mesurées sur le site de Yves se sont avérées inférieures de 0,5 à 6 PSU à la moyenne inter-sites. Comme pour Pont-Mahé, il semble que ce secteur soit particulièrement sensible aux dessalures, ce qui est probablement lié à sa proximité avec l'estuaire de la Charente (Figure 35.a).

L'évolution des températures sur le site d'Yves est très proche de celle observée dans la Baie de l'Aiguillon. Les moyennes journalières pour ce paramètre sont restées très proches de la moyenne inter-sites pendant toute la période comprise entre septembre 2015 et janvier 2016. A partir de cette date, et jusqu'à la fin de l'été 2016, les températures moyennes enregistrées ont dépassé la moyenne, atteignant les plus fortes valeurs enregistrées sur l'ensemble des sites du réseau (Figure 35.b).

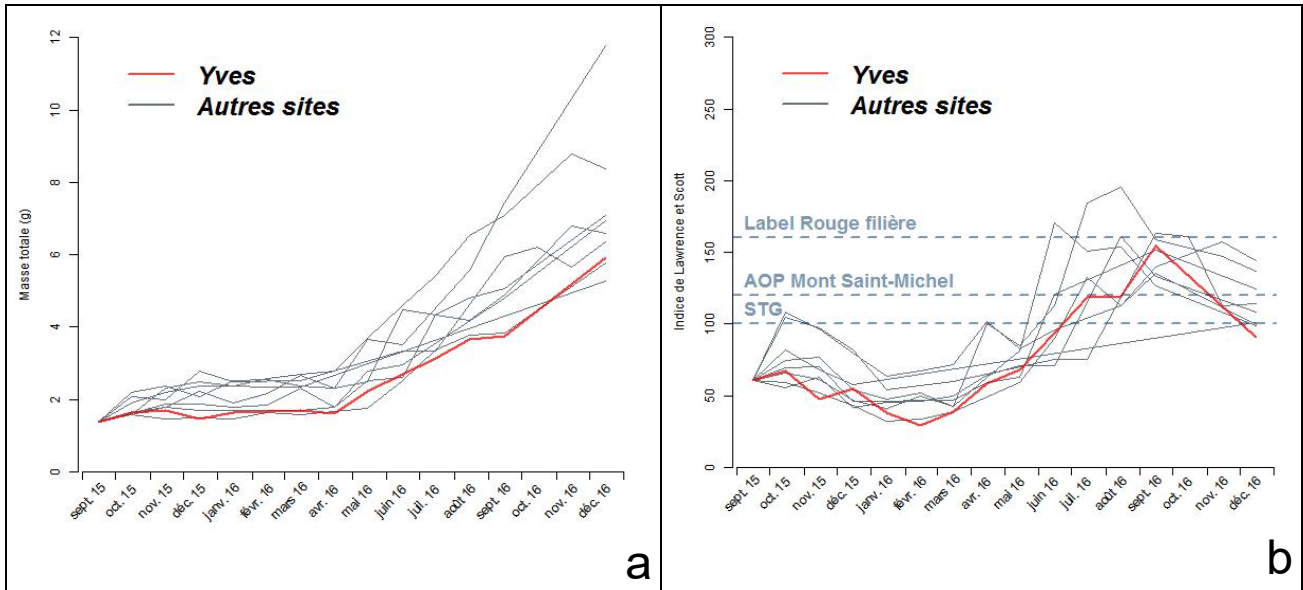


Figure 34 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau du groupe sur le site de Yves, **a)** Masse moyenne d'un individu entier (en g), **b)** Indice de Lawrence et Scott (sans unité).

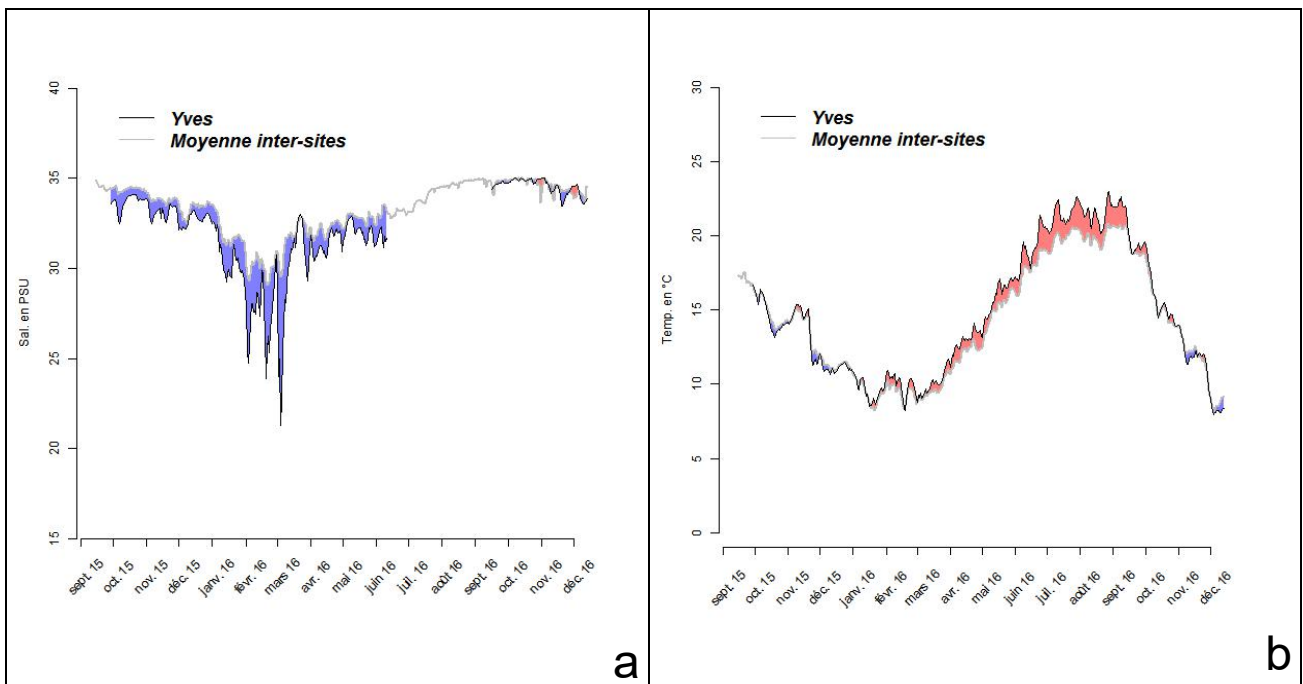


Figure 35 : Evolution au cours du temps et sur le site de Yves **a)** de la salinité de l'eau de mer (moyenne journalière en PSU) et **b)** de la température (moyenne journalière en °C). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque 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.

3.1.9. Site de Boyard

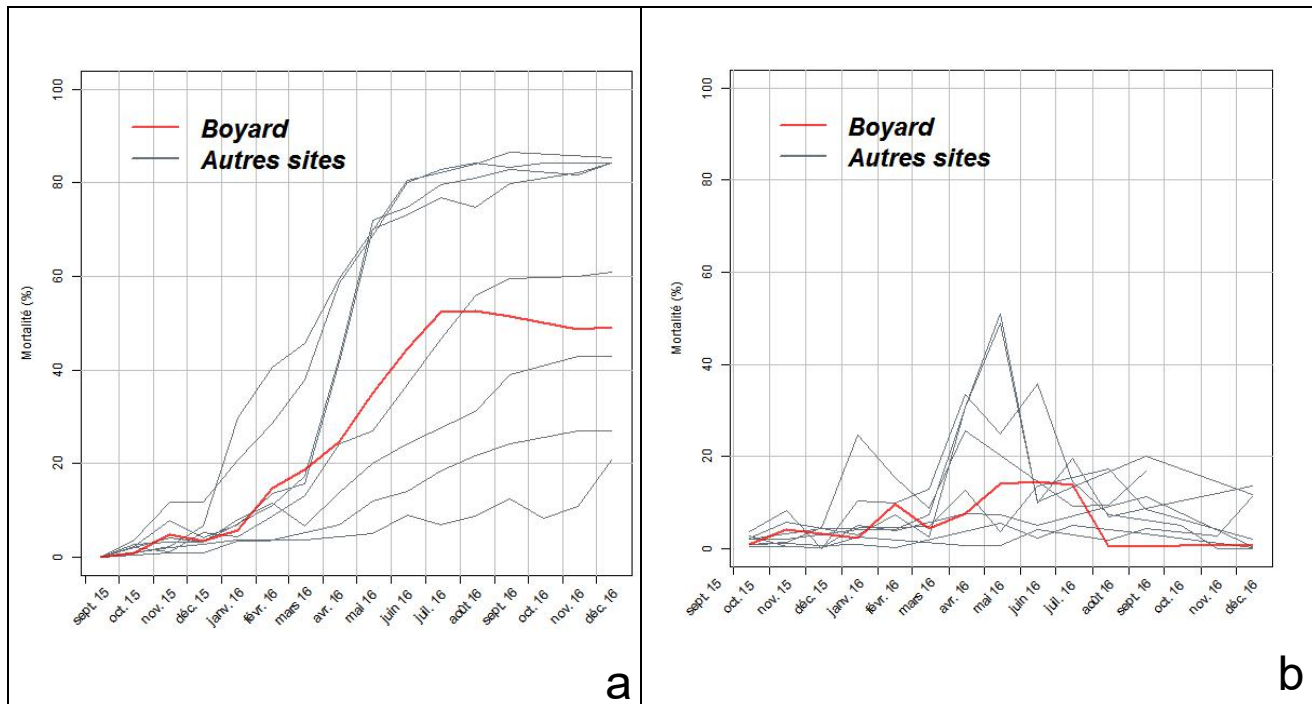


Figure 36 : Evolution au cours du temps des proportions de mortalité, exprimées en pourcentage, sur le site de Boyard, **a)** depuis la mise à l'eau et **b)** entre deux passages.

Les mortalités observées sur le site de Boyard se sont rapprochées, dans leur dynamique et dans leur intensité, de celles observées dans le site d'Yves, également situé dans le Pertuis d'Antioche (Figure 36.a et 36.b). Au mois de décembre 2016, la proportion de mortalité avait atteint 49,2 % de l'effectif (Figure 36.a) ce qui fait de Boyard le secteur le moins affecté par les mortalités parmi les sites de Charente-Maritime, Vendée et Pays-de-Loire. Sur ce site, la mortalité entre deux passages atteignait déjà 9,7 % de l'effectif en février 2016, et elle est restée supérieure à 5 % sur toute la période comprise entre avril et juillet 2016 (Figure 37.a).

La croissance des moules élevées sur le site de Boyard s'est avérée très nettement inférieure à la moyenne des croissances observées pour les autres sites. La longueur droite moyenne des individus en décembre atteignait ainsi 38,14 mm (pour une moyenne inter-sites de 42,10 mm) (Figure 37.a), pour une masse moyenne de 5,77 g (pour une moyenne inter-sites de 7,117 g) (Figure 38.a), plaçant Boyard au 9^{ème} rang (sur 9) des sites pour la longueur droite et au 8^{ème} pour la masse moyenne.

Sur ce secteur, le remplissage de individu s'est avéré, là encore, nettement inférieur à la moyenne inter-sites et ce quel que soit l'indicateur considéré (indice de Walne et Mann ou Lawrence et Scott) et la date de mesure. (Figure 37.b et 38.b). Il est très probable que ces performances de croissance et ces indices de remplissage résultent de la situation particulière du site MYTILOBS de Boyard. Sur ce site en effet, les moules ne passent que 58 % du temps en immersion (contre 82 % en moyenne pour les autres sites du réseau), et voient donc le temps auquel elles ont accès à la nourriture considérablement réduit.

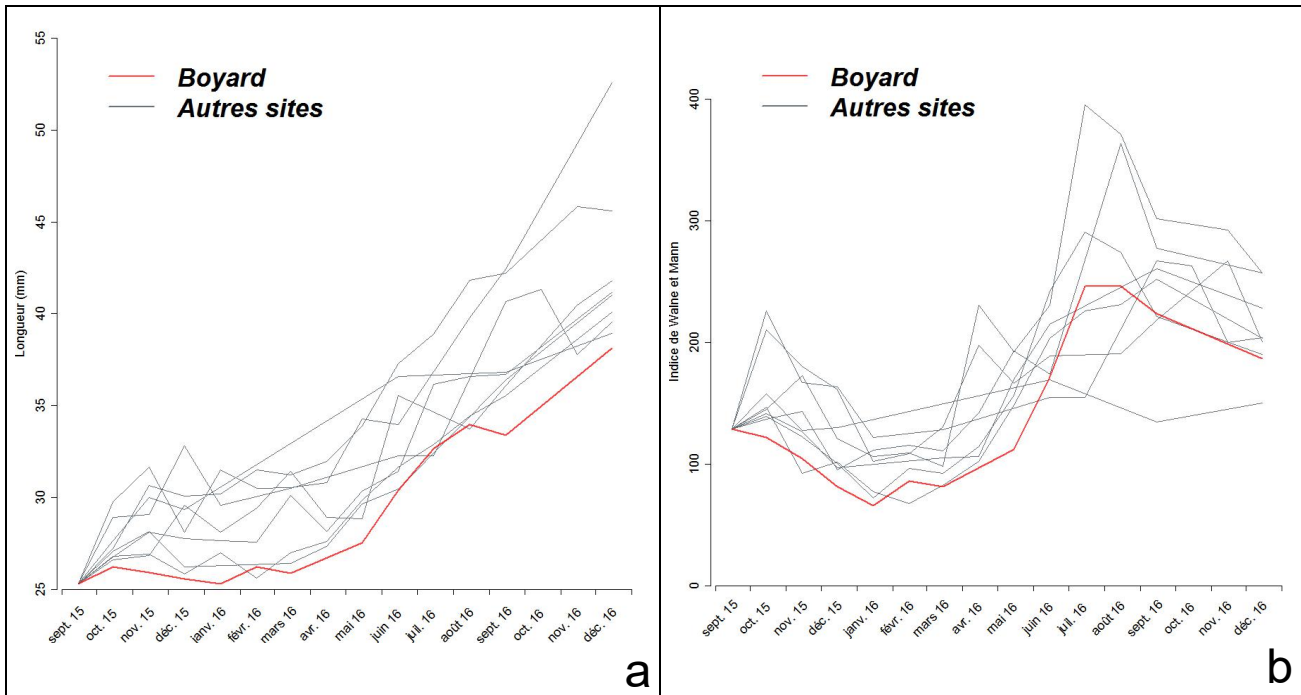


Figure 37 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau individuel sur le site de Boyard, **a)** Longueur droite moyenne d'un individu (en mm) et **b)** Indice moyen de Walne et Mann pour un individu (sans unité).

Les moyennes journalières de salinité mesurées sur le site de Boyard ont suivi globalement l'évolution de la moyenne inter-sites pendant la période comprise entre septembre 2015 et mai 2016 (Figure 39.a). Les périodes de dessalures sont apparues toutefois plus marquées que sur les autres sites des Pertuis Charentais, marquant sans doute l'influence de la Charente dont l'exutoire se trouve juste en face de Boyard. Les dessalures fugaces, mais importantes observées dans le courant de l'automne 2016 (Figure 39.a) restent difficile à expliquer par les conditions météorologiques et pourraient résulter d'artefacts de mesure.

Les températures mesurées à Boyard ont montré un signal proche de celui relevé sur le site Filière : elles se sont avérées généralement supérieures à la moyenne inter-sites entre septembre 2015 et avril 2016, puis entre septembre 2016 et décembre 2016. En dehors de ces 2 périodes, les températures moyennes journalières se sont révélées en grande partie inférieures à la moyenne inter-sites. Cette évolution est caractéristique des sites océaniques, et s'explique sans doute par la position du site, localisé sur l'île d'Oléron (Figure 39.b).

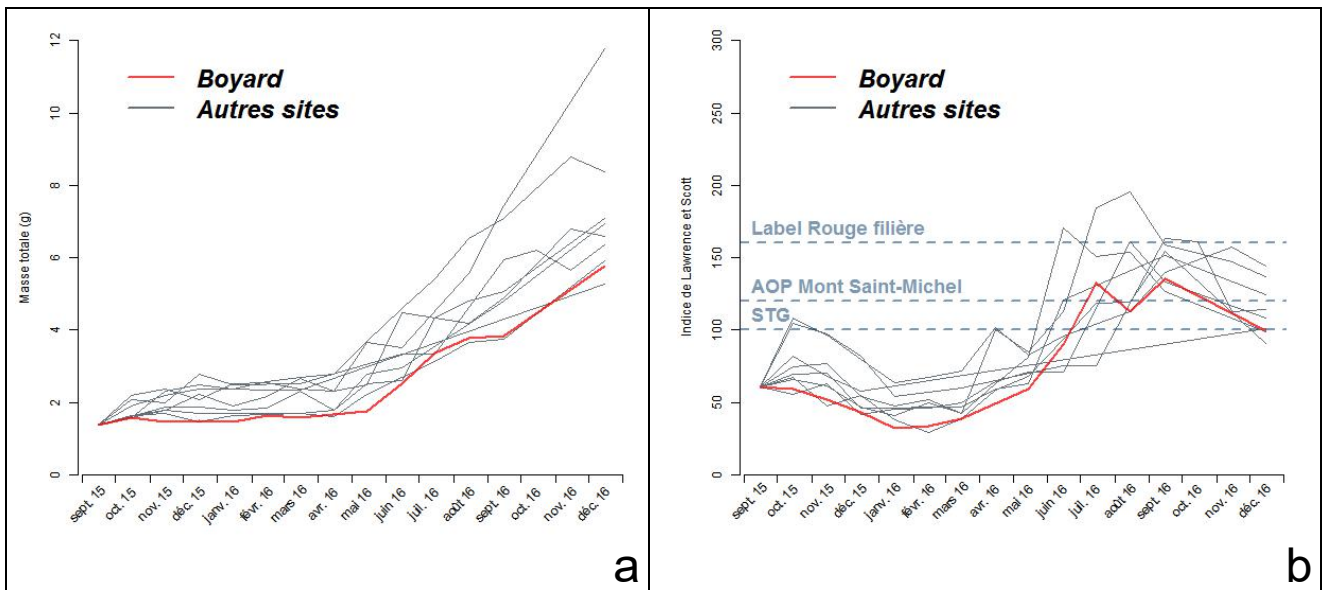


Figure 38 : Evolution au cours du temps des variables biométriques mesurées au niveau du groupe sur le site de Boyard, **a**) Masse moyenne d'un individu entier (en g), **b**) Indice de Lawrence et Scott (sans unité).

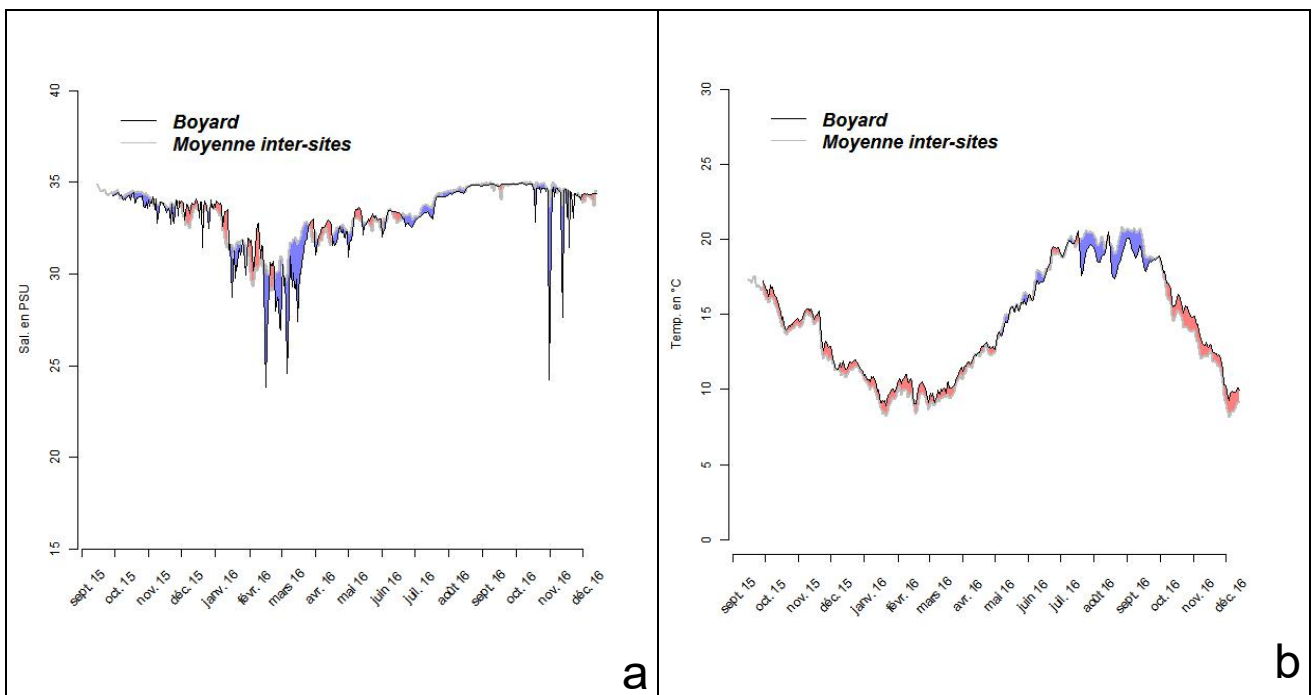


Figure 39 : Evolution au cours du temps et sur le site de Boyard **a**) de la salinité de l'eau de mer (moyenne journalière en PSU) et **b**) de la température (moyenne journalière en °C). L'écart entre les valeurs pour la station et les valeurs de la moyenne inter-sites est représenté en rouge lorsque 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.

3.2. Comparaisons inter-annuelle des taux de mortalité et des performances de croissance

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.

Malgré le peu de données encore disponibles à l'issue des quelques années d'existence du réseau, la comparaison inter-annuelle des proportions de mortalités révèle la forte interaction entre les effets du site d'élevage, et de l'année d'observation (Tableau 3).

De très fortes mortalités ont affecté en 2016 les moules sentinelles du MYTILOBS sur les sites des Pertuis charentais. Si l'on ne considère que les cinq sites qui font l'objet du suivi depuis 2013 (en l'occurrence, Le Vivier, Pont-Mahé, Filière, Aiguillon et Yves), la campagne 2015-2016 se place au deuxième rang pour les mortalités (mortalité moyenne inter-sites : 55 %), juste derrière la campagne 2013-2014 (59 %) et loin devant la campagne 2014-2015 (23 %). Cette variation pourrait trouver son origine soit, dans la variabilité inter-annuelle des conditions de l'environnement pour l'exposition aux agents responsables des mortalités et leur expression, soit, dans une éventuelle variance pour la résistance au phénomène de mortalité massive entre les lots de moules sentinelles employés par le réseau.

Les résultats suggèrent également une influence marquée du site d'élevage sur l'intensité des mortalités (Tableau 3). Les trois sites de Agon, du Vivier, et de Pont-Mahé ont toujours montré des mortalités faibles à modérées, comprises entre 4 et 43 %. A l'inverse, les sites du Pertuis Breton ont toujours montré les mortalités parmi les plus fortes observées par le réseau, et le site de Filière particulièrement, apparaît pour la 3^{ème} campagne consécutive comme le site le plus impacté parmi ceux opérés par le MYTILOBS (Tableau 3). Le site de Maison Blanche, qui a été opéré par le réseau pour la première fois en 2016 s'est rapproché cette année des pertes observées dans le Pertuis Breton en 2014 et 2016.

Enfin, les taux de mortalités observés sur les sites d'Yves et Boyard, tous deux situés dans le Pertuis d'Antioche, apparaissent inférieurs à ceux observés sur les sites du Pertuis Breton. On notera également que ces sites ont été les derniers touchés lors des épisodes de mortalités observés en 2014 et ont subi des pertes inférieures à celles observées dans le Pertuis Breton (Béchemin *et al*, 2014).

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.

Site / Année	2013-2014	2014-2015	2015-2016
Agon	pas de données	20	43
Vivier	18	9	21
Pont-Mahé	10	18	27
Maison Blanche	pas de données	pas de données	84
Roulière	pas de données	38	84
Filière	100	51	85
Aiguillon	100	22	84
Yves	68	14	60
Boyard	pas de données	24	49

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

Pour ce qui concerne la variation inter-annuelle / inter-sites des performances de croissance, les premières observations suggèrent que Filière constitue le meilleur des sites du réseau puisque la longueur droite des individus a pu y gagner plus de 23,5 mm en un an en 2014 et jusqu'à 27,3 mm en 2016. Les meilleures performances ont ensuite été observées à Pont-Mahé avec des gains de longueur proches de 20 mm. Les autres sites ont présenté des croissances plus modérées, inférieures à 19 mm par an. Le site de la Baie d'Yves semble quant à lui présenter les plus faibles taux de croissance, avec des accroissements qui se sont révélés inférieurs à 15 mm au cours des 3 campagnes.

Tableau 4 : 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
Agon	17,92	16,23	16,51
Vivier	12,38	16,27	14,28
Pont-Mahé	20,39	19,49	20,31
Maison Blanche	pas de données	pas de données	13,66
Roulière	pas de données	pas de données	15,74
Filière	pas de données	23,48	27,31
Aiguillon	pas de données	19,13	15,88
Yves	13,27	13,33	14,8
Boyard	pas de données	pas de données	12,85

Légende	
de 12 à 15,6 mm	
de 15,6 à 19,2 mm	
de 19,2 à 22,8 mm	
de 22,8 à 26,4 mm	
de 26,4 à 30 mm	

3.3. Résultats du suivi de la maturation gonadique et du sex-ratio, campagne 2014-2015

Ces résultats concernent l'échantillonnage réalisé lors de la campagne 2014-2015 afin d'étudier l'évolution annuelle du sex-ratio et de la maturation gonadique en fonction du site.

Pour ce qui concerne l'évolution du sex-ratio, les individus ont été classés dans les trois catégories suivantes : « Immature » lorsque les individus présentent des cellules primordiales de la lignée germinale qui ne peuvent être attribuées ni à une lignée mâle, ni à une lignée femelle, et « Mâle » ou « Femelle » selon que l'individu présente des cellules de la lignée germinale caractéristiques de l'un ou de l'autre genre sexuel.

Les résultats montrent que les premiers individus présentant des cellules de la lignée germinale dont le genre pouvait être déterminé sont apparus entre novembre et décembre 2014 dans la majorité des sites, dès octobre 2014 pour le site de Filière (Figure 40). Différents tests statistiques effectués sur les tables de contingence montrent une absence de différence significative entre les sites que ce soit pour la proportion d'individus sexués, ou le sex-ratio (défini ici comme le rapport entre le nombre de femelles et le nombre de mâles). Le sex-ratio a varié lui, selon le mois, entre 1,28 en mars 2015 à la fin de la première période de maturation gonadique et 0,22 en septembre 2015 qui marquait le début de 2^{ème} année de maturation gonadique (Figure 40). Cette différence dans les proportions de mâles et de femelles semble toutefois refléter des dynamiques de maturation différentes entre les genres sexuels plutôt que de véritables changements de sexe au cours d'une même saison parmi les individus de la population étudiée, qui aurait dû d'ailleurs se traduire par des observations ponctuelles d'hermaphroditisme, ce qui n'a pas été le cas ici. Toutes ces observations sont très cohérentes avec les résultats obtenus au cours d'études antérieures, certaines étant déjà anciennes (Lubet P., 1959).

Tableau 5 : Echelle de maturation gonadique adaptée selon Lubet (Lubet P., 1959).

Stade	Apparence des tissus en histologie
0	Repos sexuel : absence de cellules de la lignée sexuelle en cours de maturation
1	Prolifération goniale
2	La majorité des cellules de la lignée sexuelle sont en cours de vitellogenèse / spermatogenèse
3A1	Gamètes matures majoritaires dans les <i>acini</i> , émission spontanée encore impossible
3A2	Gamètes matures majoritaires dans les <i>acini</i> , émission spontanée possible
3B	Follicules partiellement vidés après une émission gamétique, des cellules de la lignée sexuelle à des stades de maturation précoces initient une nouvelle phase de prolifération des gonies
3C	Follicules partiellement vidés après une émission gamétique, des cellules de la lignée sexuelle à des stades de maturation précoces initient une nouvelle phase de vitellogenèse / spermatogenèse, émission spontanée possible des gamètes matures
3D	Phase de restauration du tissu conjonctif, absence de cellules de la lignée sexuelle en cours de maturation

Pour ce qui concerne l'évolution de la maturation gonadique, les individus ont été classés selon l'échelle de maturité en huit stades proposée par Lubet en 1957 (Tableau 5). Les différents sites ont montré des dynamiques de maturation gonadique très semblables (Figure 41) : la maturation gonadique a été initiée dès le mois d'octobre avec une prolifération des gonies (stade 1) qui colonisent alors le tissu conjonctif du manteau. Les premiers individus en phase de gaméto-genèse active (stades 2 et 3A1) ont été observés dès le mois d'octobre 2014 sur le site Filière et au mois de novembre dans les autres sites (Figure 41). Les premiers individus pleinement matures (stade 3A2) ont été observés dans les échantillons réalisés au mois de janvier 2015 dans tous les sites, et des individus capables d'émettre des gamètes matures (stades 3A2, 3C) ont été retrouvés pour tous les sites jusqu'au mois de juin 2015, et jusqu'au mois de juillet pour les sites de Agon, Filière, et Yves. C'est également à cette période que les premières moules entamant leur seconde saison de maturation gonadique (stades 1 et 2) ont été observées (Figure 41).

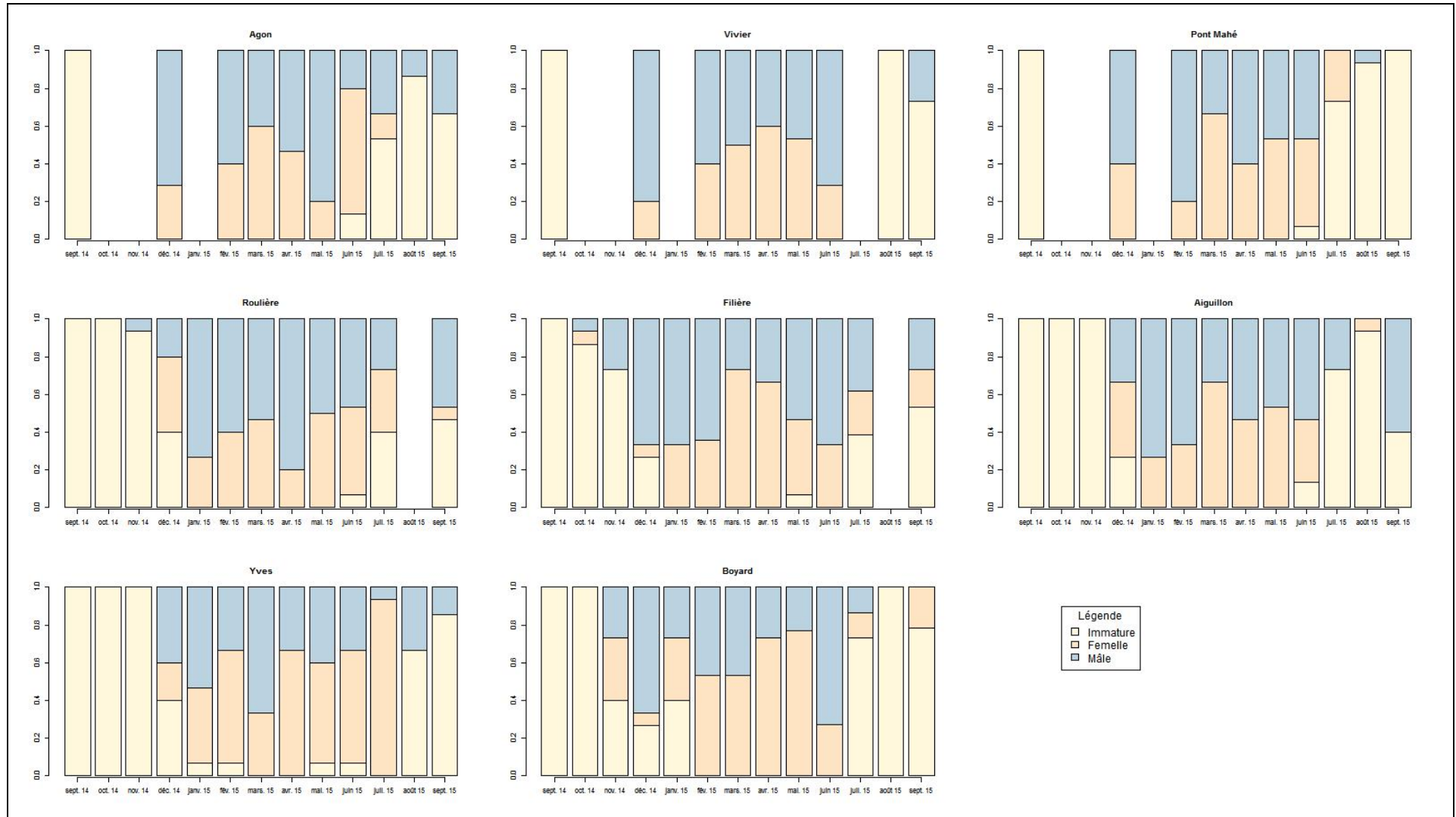


Figure 40 : Proportions d'individus présentant des tissus gonadiques immatures, une lignée gamétique femelle, et une lignée gamétique mâle pour chacun des sites du MYTILOBS – campagne 2014-2015.

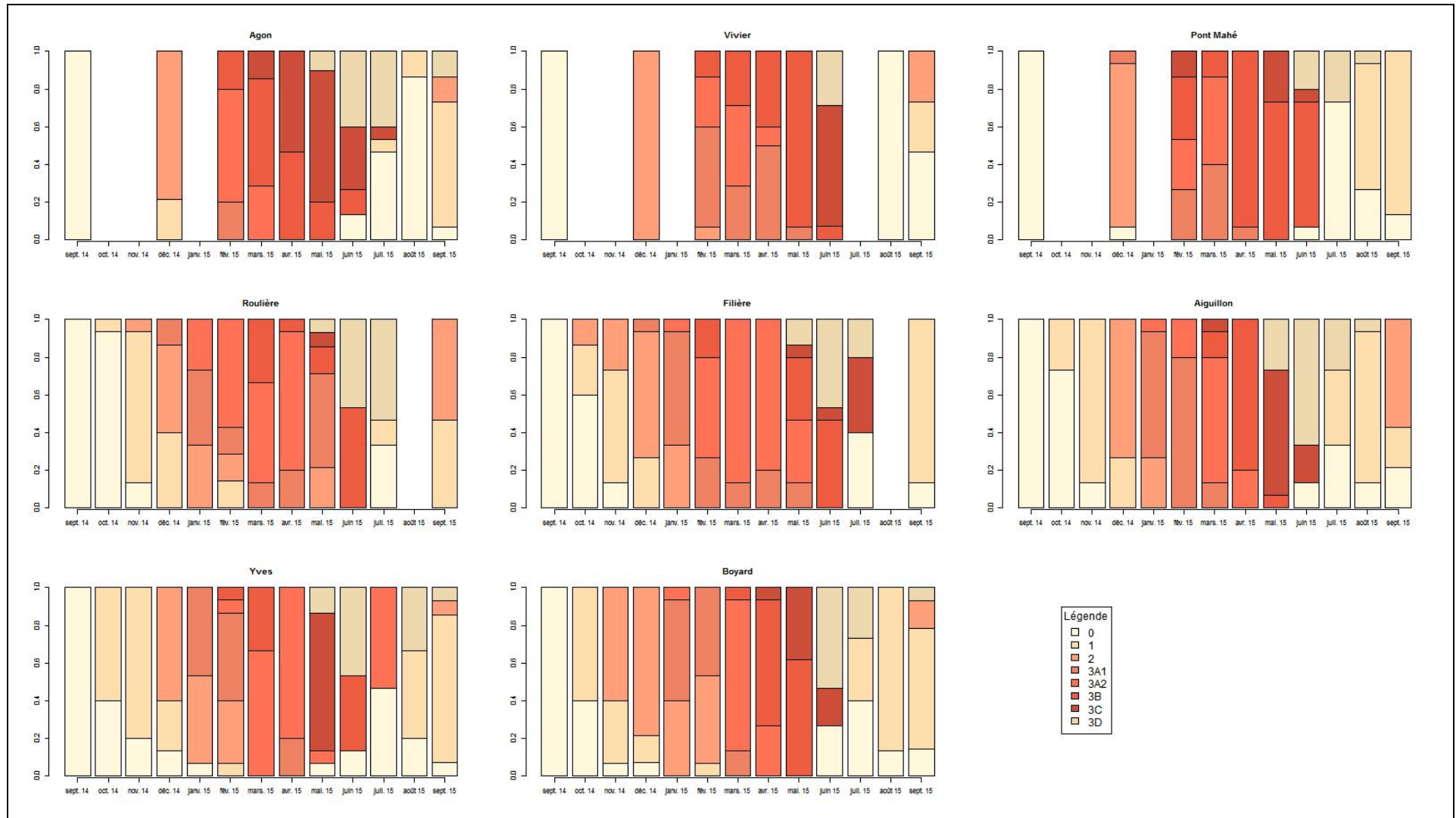


Figure 41 : Proportions d'individus en fonction du stade de maturité de leur lignée gamétique pour chacun des sites du MYTILOBS – campagne 2014-2015.

4. Discussion

4.1. Représentativité des résultats et protocoles de suivi

4.1.1. Protocole d'estimation de la mortalité

Une question récurrente qui émerge à l'analyse des résultats du MYTILOBS est celle de la représentativité des estimations de mortalités au regard des pertes observées par les professionnels sur leurs propres cheptels. Un consensus existe pour reconnaître que de fortes mortalités affectent les élevages de Charente Maritime, de Vendée, des Pays-de-Loire, et du Finistère, et la plupart des acteurs de l'interprofession s'accordent aujourd'hui pour voir dans ces mortalités un même phénomène, d'origine probablement infectieuse (Travers *et al*, 2016).

La situation de secteurs comme Agon, Pont-Mahé ou le Vivier-sur-Mer au regard de ce phénomène reste nettement plus complexe : le réseau y relève des taux de mortalités cumulés dépassant les 20 % en décembre alors que les professionnels ne déclarent pas ou peu de mortalité en élevage, posant toute la question de la représentativité des estimations fournies par le réseau. Remarquons ici que les pratiques mytilicoles d'élevage rendent difficile l'appréciation des pertes dans les entreprises : l'élevage sur filière ou sur bouchot ne se prête pas aux dénombrements des individus morts et vivants, comme ce peut être le cas dans des poches à huîtres fermées, et contenant un nombre d'individus relativement limité. La quantité de moules déployées en début de saison sur les structures d'élevage est rarement connue, les coquilles s'éliminent naturellement avec la mort des individus, et les pertes par mortalité peuvent être rapidement compensées par la croissance des petits individus qui ne tardent pas à remplir le volume libéré. Evidemment, cette situation empêche de comparer les résultats obtenus par le réseau avec les données de production fournies par les mytiliculteurs.

Considérant ces contraintes, le protocole adopté dans le MYTILOBS, qui consiste à suivre un effectif de moules contenues dans une ou plusieurs poches, semble le seul dispositif pour estimer précisément une proportion de mortalité. Il est toutefois possible que ce protocole, qui repose en partie sur des comptages successifs effectués sur la même poche, induise du stress (par l'arrachement du byssus), fragilise les individus, et amplifie une mortalité en cours, voire, la provoque. Pendant la campagne 2015-2016, certaines poches ont été comptées à fréquence mensuelle, d'autres, à fréquence trimestrielle sans qu'elles ne soient explicitement identifiées... Ceci nous empêche à l'heure actuelle de corriger la mortalité des effets des manipulations.

Pour la campagne 2016-2017, le protocole expérimental repose sur le comptage de poches qui seront pour certaines manipulées tous les mois, et pour d'autres, seulement une ou deux fois dans la saison (pour des raisons pratiques liées à la manutention sur site : changement de poche, nettoyage des mailles, etc.). Ces poches, et les comptages associés étant explicitement identifiés, l'effet de la manipulation sur les taux de mortalité pourra être estimé, de même que les intervalles de confiance associés aux estimateurs qui pourront être calculés puisque l'effectif suivi est alors fini, et connu.

4.1.2. Couverture spatiale du réseau d'observation des mortalités

Une autre question relative à la représentativité des résultats est celle de la couverture spatiale du réseau. Le MYTILOBS constitue un descendant direct du réseau REMOULA d'observation des performances mytilicoles dans les pertuis charentais (Robert *et al*, 2007, Soletchnik *et al*, 2013) et il en a hérité une partie de sa structuration actuelle. La couverture spatiale du réseau est ainsi particulièrement dense dans les pertuis charentais qui accueillent 5 des 9 sites MYTILOBS. A l'inverse, de nombreux secteurs mytilicoles, certains importants pour les volumes qu'ils produisent, ne sont pas couverts par le réseau. C'est ainsi le cas de la Méditerranée, des secteurs d'élevage du Finistère et des Côtes d'Armor, de certains secteurs de la Normandie et des Hauts de France. Pour ce qui concerne strictement le réseau MYTILOBS1, le déploiement de nouveaux points dans ces secteurs permettrait sans aucun doute une meilleure appréciation des liens entre environnement d'élevage et variation des performances mytilicoles.

Il existe par ailleurs d'autres réseaux d'observation des performances mytilicoles coordonnés en Normandie par le Centre Technique Synergie Mer et Littorale (SMEL) (Blin, 2010 & Blin *et al*, 2017), en Bretagne nord, par le Comité Régional de la Conchyliculture (CRC) de Bretagne nord et son partenaire, le bureau d'étude Eurêka Modélisation, et dans les Pays de Loire, par le CRC-Pays de Loire et son partenaire, le Centre Technique Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche en Pays de la Loire (SMIDAP). Ces réseaux n'ont pas l'emprise géographique du MYTILOBS mais opèrent sur des secteurs non couverts par le réseau national et selon un protocole proche. Dans ce contexte, la mutualisation des informations acquises par les différents dispositifs serait sans doute profitable pour mieux appréhender les variations spatio-temporelles des productions mytilicoles. A l'heure actuelle, ces échanges existent, mais restent informels. Pour ce qui concerne les dispositifs mis en place pour la surveillance des maladies *stricto sensu*, ces évolutions seront conditionnées par la stratégie nationale qui est en cours de définition (Lupo *et al*, 2016). A plus court terme, des projets pourraient être proposés afin de formaliser les coopérations entre les acteurs nationaux et locaux de l'observation dans le cadre d'études spécifiques.

4.1.3. Suivi de la croissance et de la reproduction

Les protocoles adoptés par le MYTILOBS pour le suivi de la croissance somatique s'inspirent de dispositifs éprouvés de longue date sur l'espèce modèle que constitue l'huître creuse (Littaye-Mariette A., 1994) et ont permis une fois encore de mettre en évidence de fortes différences inter-sites pour la croissance en longueur, en masse, et pour le remplissage des individus.

La caractérisation de la variation spatio-temporelle de la maturation gonadique apparaît toutefois nettement plus difficile à mettre en œuvre. Pour les mollusques bivalves en général, l'appréciation fine de la dynamique de maturation gonadique revêt une importance capitale, car l'allocation à la reproduction constitue une part importante du budget énergétique annuel et les événements de reproduction conditionnent la dynamique de la population. Chez la moule, pourtant, le suivi de la maturation gonadique paraît particulièrement difficile : l'évolution des indices de remplissage permet rarement de dater les épisodes de fraie, et encore moins d'en inférer la quantité de gamètes relâchée comme ce peut être le cas chez l'huître. Le suivi par histologie offre une vision plus détaillée de la dynamique de maturation gonadique, mais là encore, la succession

d'épisodes de maturation et d'émission au sein d'une même population d'individus, et le fait que différents individus au sein d'un même lot puissent présenter des dynamiques de maturation et d'émission propres, empêchent bien souvent de dater la fraie et d'estimer l'effort de reproduction.

Ainsi, et malgré des sites très contrastés pour leurs conditions locales (température, accessibilité à la nourriture), peu de différences apparaissent dans la dynamique de maturation inter-site pour les échantillons collectés au cours de la campagne 2014-2015. Une meilleure caractérisation pourrait être atteinte en analysant un plus grand nombre d'individus que les 15 par mois et par site qui ont fait l'objet de prélèvement entre 2014 et 2015. Il pourrait également être envisagé d'augmenter la fréquence des échantillonnages au cours de la période septembre-janvier au cours de laquelle s'initie la maturation gonadique.

4.2. Variation inter-sites des performances d'élevage

4.2.1. Mortalité : le cas de la Normandie et de la Bretagne

Comme exposé au paragraphe 4.1.1., la situation des élevages de la côte ouest du Cotentin et de certains sites bretons fait l'objet de débats. Si les résultats du MYTILOBS pointent des pertes significatives (supérieures à 20 %) entre septembre et décembre sur les sites d'Agon, de Pont-Mahé, et du Vivier-sur-mer, de nombreux professionnels qui travaillent sur ces zones considèrent que leurs élevages sont indemnes de mortalité.

L'appréciation précise de la situation des élevages revêt pourtant une importance capitale : d'abord au niveau économique puisque l'ampleur du préjudice subi par les entreprises dépend évidemment de l'ampleur des pertes, ensuite, pour l'interprétation des résultats et la mise en place de possibles mesures de gestion en matière de santé animale.

Les résultats du réseau ne montrent pas, d'un côté, des sites qui présentent des mortalités et de l'autre, des sites complètement indemnes, mais plutôt une distribution continue. Par ailleurs, les moules élevées dans les secteurs d'Agon, Pont-Mahé et du Vivier-sur-mer proviennent dans leur grande majorité de zones de captage situées dans les secteurs impactés par les mortalités. Le fait que ces sites restent relativement épargnés à l'heure actuelle pourrait alors être lié à une combinaison de facteurs de l'environnement locaux peu favorables à l'expression de la mortalité plutôt qu'à l'absence d'agents infectieux impliqués dans des épisodes de mortalités sur ces secteurs.

4.2.2. Déterminismes environnementaux de la mortalité et la croissance

Chez la moule, de nombreuses études ont porté sur les relations entre croissance (et globalement, allocation énergétique aux différentes fonctions physiologiques) et variation des paramètres de l'environnement (jusqu'à l'établissement de modèles déterministes liant l'une à l'autre) (Saraiva *et al*, 2012). Plusieurs éléments laissent à supposer que les conditions de l'environnement influent également sur la dynamique et les taux de mortalité finalement atteints. Celles-ci sont en effet saisonnières et étalées dans le temps (comparativement, par exemple, aux mortalités de naissain d'huître creuse observées par le RESCO, Fleury, 2016).

Les taux relativement modérés observés pour les sites d'Agon, de Pont-Mahé, et du Vivier-sur-mer pourraient être liés à un ensemble de facteurs du milieu peu propices à l'expression d'épisodes de mortalité massive. De la même manière, il semble que les sites du Pertuis Breton soient moins impactés par les mortalités que les sites du Pertuis d'Antioche (Tableau 3) ce qui suggère là encore un effet de l'environnement local sur l'expression des mortalités.

A l'heure actuelle toutefois, il faut constater que les données sont trop parcellaires pour déterminer si ces observations sont conjoncturelles, ou décrivent des tendances appelées à se répéter d'une année sur l'autre. L'intérêt premier d'un dispositif tel que le Mytilobs repose d'abord sur la bancarisation de longues séries de données, qui ne porte ses fruits qu'au bout de plusieurs années, et permet de replacer des observations ou des études ponctuelles dans un contexte plus large. En l'absence de séries longues, et dans le cas le plus favorable, des coïncidences temporelles entre la variation d'un paramètre « explicatif » de l'environnement et celle du paramètre biologique « d'intérêt » peuvent être observées, mais ne permettent pas de conclure à une relation de causalité.

L'étude des facteurs de risques impliqués devrait reposer sur des protocoles complémentaires au réseau permettant de collecter ponctuellement un plus grand nombre d'observation sur un plus petit nombre de sites, tels que ceux qui ont pu être développés dans d'autres contextes épizootiques (Pernet *et al*, 2016).

5. 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 20/02/2017).

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.

Blin JL., Moal S., Pétinay S., 2017. Suivi de la production mytilicole Bas-Normande, Résultats du cycle 2015-2016. SMEL/CE-prod/2016- 01, 59p.

Blin JL., 2010. Suivi sur pieux de la production mytilicole bas-Normande. Résultats 2004-2005, 2005-2006, 2006-2007. SMEL / CE – prod / 2008-03, 32p.

Bechemin C., Soletchnik P., Polsenaere P., Le Moine O., Pernet F., Protat M., Fuhrmann M., Quere C., Goulitquer S., Corporeau C., Renault T., Lapegue S., Travers MA., Morga B., Garriques M., Garcia C., Haffner P., Dubreuil C., Faury N., Baillon L., Baud JP., 2014. Surmortalités de la moule bleue *Mytilus edulis* dans les Pertuis Charentais (mars 2014). Rapport d'expertise sous convention DGAL n°14/1211521 et DPMA n°14/1211522, 47 p.

Fleury Elodie, 2016. ECOSCOPIA. Evaluer la qualité des écosystèmes conchylicoles en lien avec les pressions climatiques et anthropiques. Rapport annuel de la campagne 2015 sous convention DPMA n°14/1211577/F. 48 p.

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., Osta Amigo A., Fleury E., Robert S., Garcia C.e, Arzul I., Baillon L., Bechemin C., Canier L., Chollet B., Dechamps L., Dubreuil C., Faury N., Francois C., Godfrin Y., Lapegue S., Morga B., Travers MA., Tourbiez D., Masson JC., Verin F., Cordier R., Gangnery A., Louis W., Mary C., Normand J., Penot J., Cheve J., Dagault F., Le Jolivet A., Le Gal D., Lebrun L., Bellec G., Bouget JF., Cochenec-Laureau N., Palvadeau H., Grizon J., Chabirand JM., Pepin JF., Seugnet JL., D'Amico F., Maurer D., Le Gall P., Mortreux S., Baldi Y., Orsoni V., Bouchoucha M., Le Roy V., Pouvreau S., Queau I., Lamoureux A., 2016. Bilan 2015 du dispositif national de surveillance de la santé des mollusques marins. 126 pp. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00324/43486/> (consulté en ligne le 27/02/2017).

Pernet F., Lupo C., Bacher C., Whittington R.J. (2016). Infectious diseases in oyster aquaculture require a new integrated approach. *Philosophical Transactions Of The Royal Society B-biological Sciences*, 371(1689), 1-9. Publisher's official version : <http://doi.org/10.1098/rstb.2015.0213> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00314/42537/> (consulté en ligne le 20/02/2017)

Polsenaere P., Soletchnik P., Le Moine O., Gohin F., Robert S., Pépin JF., Stanisière JY., Dumas F., Bechemin C., Gouletquer P., 2017. Potential environmental drivers of a regional blue mussel mass mortality event (winter 2014, Breton Sound, France). *Journal of Sea Research*, *in press*.

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 27/02/2017).

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.

Saraiva S., van der Meer J., Kooijman SALM., Witbaard R., Philippart CJM., Hippler D., Parker R., 2012. Validation of a Dynamic Energy Budget (DEB) model for the blue mussel *Mytilus edulis*. *Marine Ecology Progress Series* 463: 141–158 (consulté en ligne le 20/02/2017)

Soletchnik P., Robert S., Le Moine O., 2013. Suivi expérimental de la croissance de la moule, *Mytilus edulis*, sur les bouchots des Pertuis Charentais entre 2000 et 2010. Etude des performances de croissance en liens avec l'environnement des élevages, 140 p. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00120/23097/20946.pdf>

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 27/02/2017).

Travers MA., Pepin JF., Soletchnik P., Guesdon S., Le Moine O., 2016. Mortalités de moules bleues dans les Pertuis Charentais: description et facteurs liés – MORBLEU. Rapport d'activité sous convention DPMA n°14/1211577/F, 126 p.

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.