Département Ressource Biologique et environnement Laboratoire Environnement –Ressources des Pertuis Charentais

RST/ ODE / LER / LERPC – mars 2015

S. Robert, J-F. Bouget**,** E. Fleury, J. Chauvin, A. Gangnery, J. Normand, J.L. Blin, J. Cheve, F. Dagault, D. Gerla, A. Le Jolivet, J. Penot, J-M. Chabirand, S. Genauzeau, P. Geairon, J. Grizon, O. Le Moine, A. Schmitt-Gallotti, J.L. Seugnet, **P. Soletchnik**

Réseau national d'observation de la moule bleue *Mytilus edulis*

Mytilobs

Campagne 2014-2

Convention DPMA 2014- IFREMER n° 13/1210868/NYF

Fiche documentaire

Numéro d'identification du rapport : **Diffusion** : libre : ☒ restreinte : ☐ interdite : ☐ **Validé par** : *Sylvie Lapègue* Adresse électronique :	**date de publication : Mars 2015** **nombre de pages : 62 p.** **bibliographie : oui** **illustration(s) : oui** **langue du rapport :** Fr
Titre : Réseau national d'observation de la moule bleue Mytilus edulis, MYTILOBS, campagne 2014-2	
Contrat n° Rapport intermédiaire ☒ Rapport définitif ☐	
Auteurs : **Robert S.**[(1)], Bouget J. F.[(2)], Fleury E.[(2)], Chauvin J. [(2)], Gagnery A.[(3)], Normand J.[(3)], Blin J. L.[(4)], Cheve J.[(5)], Dagault F.[(5)], Gerla D.[(5)], Le Jolivet A.[(5)], Penot J.[(5)], Chabirand J. M.[(1)], Genauzeau S.[(1)], Geairon P.[(1)], Grizon J.[(1)], Le Moine O.[(1)], Schmitt-Galloti A.[(1)], Seugnet J. L.[(1)], **Soletechnik P.**[(1)]	**Organisme / Direction / Service, laboratoire** [(1)] IFREMER/ODE/UL/LER-PC [(2)] IFREMER/ODE/UL/LER-MPL [(3)] IFREMER/ODE/UL/LER-N [(4)] Synergie mer et littoral (SMEL) [(5)] IFREMER/ODE/LER-BN
Encadrement(s) :	
Cadre de la recherche : Département de Rattachement Ressources Biologiques & Environnement (RBE) Convention DPMAL 2014/ 12 10868/NYF Projet PJ0701 Observations, analyse et prévision des performances conchylicoles	
Destinataire : DPMA – Ministère de l'Ecologie du Développement durable, des Transports et du Logement	

Résumé : Le réseau national Mytilobs est implanté dans les principales régions mytilicoles du littoral atlantique : Normandie, Bretagne Nord, Bretagne Sud, Pays de Loire et Poitou-Charentes. Les sites d'Agon (Ouest Cotentin), du Vivier (baie du Mont Saint-Michel), de Pont Mahé (baie de Vilaine), de l'Aiguillon (pertuis Breton), d'Yves (pertuis d'Antioche) représentent l'élevage sur bouchot du Nord au Sud. Le site Filière (pertuis Breton) représente l'élevage sur corde, en pleine eau. La mise à l'eau des cheptels sur l'ensemble des sites du réseau, en septembre 2013, s'est faite à partir d'un même lot de moules calibrées (23,97 +/- 0,7mm), captées sur corde dans le pertuis Breton. Les prélèvements de la campagne 2014 (septembre 2013-décembre 2014) sont trimestriels. La biométrie et la mortalité sont effectuées à chaque sortie. Cette campagne 2014 a été marquée par des événements climatiques remarquables avec un 3ème rang d'indices NAO+ cumulés depuis 150 ans pour la période automne 2013 - hiver 2014. L'hiver 2014 est également l'hiver le plus excédentaire en précipitations depuis 1954, marqué également par de nombreuses périodes de tempêtes et coups de vent (Météo France). Ces conditions ont favorisé des dessalures, des températures de l'eau élevées et des turbidités importantes pendant l'hiver 2014, à l'échelle de la façade Atlantique - Manche Ouest.

Des mortalités massives sont apparues dans le pertuis Breton sur le site Filière. Les hypothèses relatives à l'émergence de ces mortalités se concentrent sur ce point de départ qui représente plus de 4000 tonnes de moules en élevage et où la mortalité a détruit 100% du cheptel. Alors que la baisse de salinité hivernale (25) n'est pas un facteur déclenchant de mortalité sur ce site, une rivière proche, la Sèvre, semble avoir joué le rôle de barrière dynamique au début de la diffusion des mortalités. Les températures supérieures à 10°C en janvier (pendant 20 jours) ont pu favoriser la maturation et la pontes de moules, particulièrement sur le site Filières. Ces observations, en lien avec les conditions climatiques difficiles évoquées ci dessus, conduisent à émettre l'hypothèse d'une fragilité des moules autour de la période de maturation, facilitant d'éventuelles intrusions bactériennes (affaiblissement hémocytaire, MOREST, 2007 cas de l'huître *Crassostrea gigas*). La diminution de l'intensité des mortalités, entre mars et juin, l'observation d'un captage régulier dans les deux pertuis (source Creaa), le constat de l'absence de mortalités des naissains en élevage jusqu'en décembre 2014 et l'identification d'une bactérie pathogène de type *Vibrio splendidus* (Travers, 2014) confortent cette hypothèse. Aucun parasite (*Martelia*), ni virus n'ont été identifiés.

Par ailleurs, les pertes importantes de poids sec de chair en hiver, et les croissances en longueur réduites, relèguent l'indice de Walne et Mann sur les bouchots de l'Aiguillon et Yves à des valeurs de 78 et 72, parmi les plus faibles enregistrées dans les pertuis Charentais (Remoula 2000-2010). Contrairement aux sites océaniques du Vivier et d'Agon, ces indices révèlent probablement une "souffrance physiologique" plus importante sur ces sites durant l'hiver 2014.

Apparues mi-mars, dans le Nord du pertuis Breton les mortalités ont diffusé vers le Sud où elles persistaient encore dans le pertuis d'Antioche en juin. L'importance des mortalités diminue au fur et à mesure que l'on s'écarte du foyer d'origine Filière du pertuis Breton et que l'on s'éloigne de la période de maturation (mars-juin). Le gradient de mortalité s'étale du Nord : Filière (98%), au Sud : Yves (50%), Boyard (20%). Les mortalités dans les pertuis Charentais sont estimées à 7000 à 9000 tonnes. D'autres mortalités importantes ont eu lieu sur le site d'Agon ; 50% au mois décembre. Cette mortalité, régulière dans le temps a pour origine les bigorneaux perceurs *Nucella lapillus*.

Pour la campagne 2014, le réseau Mytilobs a joué son rôle de sentinelle active. Il a complété et renforcé l'expertise environnementale sur les mortalités massives de moules, engagée en 2014 (Bechemin 2014, Travers 2014). Pour 2015, il doit s'activer comme interface efficace, s'associer et accompagner les programmes de recherche qui se développent pour comprendre ce phénomène de mortalités massives de moules dans les pertuis Charentais et au-delà sur le littoral atlantique.

Mots-clés : *Mytilus edulis*, Moule, bouchot, mortalité, croissance, température, phytoplancton, **réseau, biométrie, environnement.**

Réseau national d'observation de la moule bleue *Mytilus edulis*, MYTILOBS

Campagne 2014-2

Les données présentées dans ce document ont été obtenues grâce aux équipes appartenant aux laboratoires et unités suivants :

Unité Littorale des Laboratoires Environnement Littoral et Ressources Aquacoles (ODE-UL)

Laboratoire Environnement-Ressources Bretagne Nord

J. Cheve, D Gerla, J. Penot, F. Dagault, A. Lejolivet

Laboratoire Environnement-Ressources Morbihan Pays de Loire

J-F. Bouget, J. Chauvin, E. Fleury, R. Gabellec, S. Le Manach, J. Mazurié, M. Retho

Laboratoire Environnement-Ressources Pertuis Charentais

J-M. Chabirand, S. Guesdon, S. Genauzeau, P. Guilpain, J. Grizon, O. Le Moine, A. Schmitt-Gallotti, J.L. Seugnet , P. Soletchnik, S. Robert[1]

Avec la collaboration de :

Synergie Mer et Littoral, SMEL, Centre expérimental Zone conchylicole, 50560 Blainville sur mer

J.L. Blin.

AEL Plancton, Kergouriou, 56700 Sainte Hélène - aelplancton56@orange.fr

Avec la participation professionnelle de :

Pierre Monbrun (SARL Monbrun) route des Landelles Village Gruchy 50560 Blainville sur mer (Site d'Agon)

Salardaine Gilles, La Vivière BP 21 - Le Port Est - 35960 Le Vivier/Mer (site Vivier)

Porcher Jean-Pierre et Christophe (EARL), route de Bel Air 56760 Pénestin (site Pont Mahé)

Durivaud Benoît entreprise DURIVAUD SARL 2 ter rue des Maurines 17230 Charron (fourniture naissain)

Hurtaud Laurent 19 lot Clos des Hautes Groies 17230 Charron (site Aiguillon)

Marionneau Yannick entreprise Marionneau-Dupuy, 2 rue Bas de la Roche 17230 Charron (site d'Yves)

Vérine Lionel et Michael SARL père et fils 65 rue des Groies 17230 Charron (site Filière)

[1] Coordinateur du réseau, Laboratoire Environnement–Ressources–Poitou-Charentes, Station IFREMER de La Tremblade, Avenue de Mus de Loup, 17390 La Tremblade

TABLE DES MATIERES

Table des matières 6
Origine et objectifs du réseau Mytilobs 7
MATERIEL ET METHODE 9
Méthodologie 9
Sites d'étude 9
Calendrier d'échantillonnage 12
Mesures biologiques 12
Caractérisation environnementale 14
Mesures à "haute fréquence" de la température et de la salinité 14
Suivi phytoplanctonique 14
Suivi des organismes pathogènes 14
RESULTATS 16
Biométrie 16
Suivi environnemental 22
Température, salinité 22
Ressource trophique 27
Diversité phytoplanctonique 29
Représentation des différentes classes d'algues 29
Suivi histopathologique 32
DISCUSSION autour des mortalités massives de moules dans les pertuis Charentais 35
Eléments de Biologie 35
Conditions hydroclimatiques de l'hiver 2014 37
Hypothèses sur la propagation des mortalités (pratiques culturales et hydrodynamisme) 38
CONCLUSION 43
Listes des figures et tableaux 47
Réferences bibliographiques 49
ANNEXES 52

ORIGINE ET OBJECTIFS DU RESEAU MYTILOBS

Pratiques mytilicoles : L'élevage des moules sur bouchots s'étend sur une période moyenne de 12 à 18 mois selon les sites et les techniques de production. Trois phases caractérisent l'élevage : le captage, la production de nouvelain[2] et le grossissement. Le **captage** du naissain s'effectue sur corde de coco, directement sur pieux d'élevage ou sur descente (cordage plombé) de filière. Le captage n'est pas régulier mais reste suffisant pour l'ensemble des secteurs d'élevage. Les zones d'élevage qui ne disposent pas de captage régulier et suffisant : Bretagne Nord, Normandie, Pas de Calais, sont approvisionnées par des naissains originaires des Pertuis Charentais, Pays de Loire et Bretagne Sud qui sont des zones de captage régulier. Pour éviter les ralentissements de croissance par surcharge de biomasse, les naissains sont dédoublés. Le produit (nouvelain) ainsi obtenu sert à garnir de nouveaux supports. Par la suite, les moules en pleine croissance sont maintenues sur les pieux au moyen de filets de renfort (catinage). Le capelage de ces filets permet de maintenir le produit en place jusqu'à la pêche finale, réalisée à l'aide d'une pêcheuse hydraulique.

La gestion de ces cheptels diffère selon les régions en fonction de l'environnement, du système d'élevage et de la qualité des produits. Dans une année calendaire, l'hiver (janvier – mars) est une saison sans commercialisation de moules sur la côte atlantique ; la maturation et la qualité du produit (indice de chair) ne permettent pas de mise sur le marché avant la ponte et l'engraissement printanier. Ainsi les premières moules mises en vente proviennent des filières des pertuis Charentais vers la mi-mai. Dans la même région, il faudra attendre la mi-juin pour que les moules de bouchots puissent être mises en vente. Il en est de même dans les Pays de Loire et en Bretagne Sud. En Bretagne Nord et en Normandie, la mise sur le marché a généralement lieu entre la fin juin et la mi-juillet.

Le réseau Mytilobs a été créé p**our répondre aux interrogations des professionnels de la mytiliculture**, de l'administration et des scientifiques sur les mauvais résultats de croissance et de qualité obtenus dans certaines zones de productions en 2010 et **2011**. Il a été décidé de mettre en place en 2012 un réseau national d'observation de la moule bleue *Mytilus edulis* : Mytilobs, sur le littoral atlantique. En 2013, la prise en compte des pratiques culturales régionales a conduit à modifier le protocole de suivi mis en place en 2012. Les modifications concernent en particulier l'origine des moules (captage sur corde prégrossi sur bouchot), la taille des moules (entre 20 et 30 mm) et la date de mise à l'eau (septembre au lieu de décembre). Ces modifications permettent de se rapprocher des pratiques d'élevage professionnelles sur la côte atlantique. **Le réseau est implanté dans les principales régions de France productrices de moules bleues** sur le littoral atlantique (Figure 1) : la **Normandie** avec 21% de la production nationale (16000 t, Agreste 2014)**,** site d'Agon sur la côte Ouest Cotentin (**11**), la **Bretagne Nord** 27% de la production nationale (21300 t, Agreste 2014), site du Vivier en baie du Mont Saint Michel (**10**), la **Bretagne Sud** sur le site de Pont Mahé en baie de Vilaine(**3**), les **Pays de Loire,** sur le site de l'Aiguillon dans le Pertuis Breton, et le **Poitou-Charentes** (**1**) sur le site d'Yves dans le Pertuis d'Antioche. Ces trois dernières régions représentent 29% de la production nationale (21900 t, Agreste 2014). La région **Nord pas de Calais** en baie de Somme (**13**) avec moins de 2% de la production nationale n'est pas retenue. Pour aider à l'interprétation et l'analyse des résultats, des **données environnementales hydrobiologiques** (température, salinité et phytoplancton) sont mesurées sur les sites ateliers du réseau.

Si l'élevage de moules *M. edulis* sur bouchot représente environ 90% de la **production nationale** (55000 t, Agreste 2014), la production sur filière peut être estimée en 2012, à 5000 t en Atlantique (environ 550 filières). Dans le réseau, le site « Filière » du Pertuis Breton (Pays de Loire et Poitou-Charentes), principal secteur atlantique de ce type d'élevage, permettra de suivre cette nouvelle technique d'élevage.

[2] Nouvelain : terme mytilicole, identifie le naissain de moule de taille non commerciale.

Le Mytilobs s'appuie sur les méthodes développées au travers du **R**éseau r**E**gional de suivi de croissance de la **M**oule dans les pert**U**is ch**A**rentais REMOULA (Robert et al., 2007 ; Soletchnik et al., 2013) mis en place en 2000. Ce réseau a développé un suivi saisonnier (trimestriel) et un suivi mensuel plus précis. **Le suivi du réseau Mytilobs est saisonnier**. Chaque campagne est réalisée avec des moules de même origine (captage sur corde prégrossi sur bouchot dans les pertuis Charentais) et les résultats obtenus en terme de croissance, d'indice de qualité et de mortalité permettront d'établir un référentiel inter-annuel et inter-sites. Le réseau, affranchi des pratiques culturales spécifiques par un conditionnement en panier, va refléter essentiellement les caractéristiques des masses d'eau locales estimées au travers des mesures physico-chimiques (température, salinité) et biologiques (phytoplancton). La période suivie correspond à la phase de production qui inclut la vente du produit. A terme, la mise en place d'une **base de données pérenne** facilitera l'expertise en matière de performances biologiques et zootechniques, notamment en cas d'anomalies biologiques. Plus généralement, e**lle constituera un élément d'évaluation de l'état de santé des écosystèmes et pourra aider à orienter les stratégies de production**.

Au sein d'IFREMER ce sont les Laboratoires Environnement Ressources de : Port en Bessin (LER-N) assisté par le SMEL de Blainville, de Dinard (LER-BN), de La Trinité (LER-MPL) et de La Tremblade / l'Houmeau (LER-PC), qui sont impliqués dans le suivi Mytilobs.

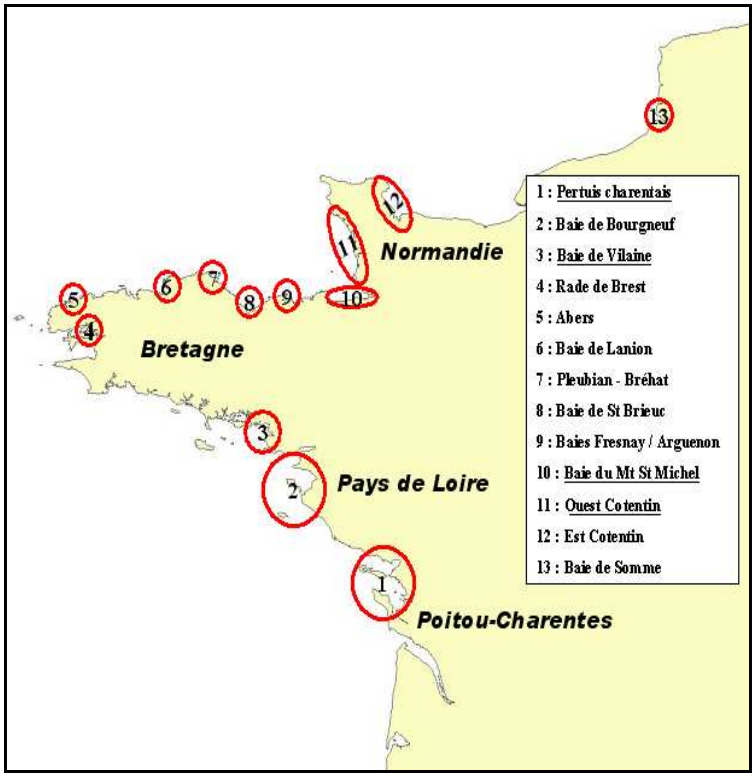


Figure 1. Principaux secteurs d'élevage de la moule bleue (*Mytilus edulis*) sur la côte atlantique.

MATERIEL ET METHODE

METHODOLOGIE

Le suivi Mytilobs est trimestriel. Il est basé sur l'intégration saisonnière de la croissance. La taille des moules mises en poche correspond à une moule captée sur corde de coco et prégrossie sur pieux de bouchot (20 à 30 mm). Le calibrage du lot limite la dispersion des tailles de moule. Les moules sont réparties en paniers plastique grillagés (maille carrée de 10 mm) à raison de **120 moules par panier**. Entre septembre et mars les moules sont positionnées dans des filets de contention (maille de 7mm) à l'intérieur des paniers. Ces paniers seront maintenus sur les pieux d'élevage ou les descentes de filières à l'aide de bracelets de caoutchouc munis de crochets (Figure 2). La durée du suivi intègre le prégrossissement post captage de l'année de ponte à partir du mois de septembre de l'année N, et se poursuit pendant la période d'élevage qui inclut toute ou partie de la saison de vente du produit jusqu'en décembre de l'année N+1. Le suivi intègre ainsi les principales saisons de la vie biologique de la moule, de la croissance automnale à la maturation hivernale puis la croissance printanière, principale période de conditionnement de la taille marchande du produit, suivie de l'engraissement estival et automnal, les deux périodes principales de vente. **Chaque site d'élevage est équipé de 7 paniers**, dont l'un sera prélevé chaque trimestre, pour réaliser les mesures de biométrie. La mortalité est constatée sur chaque panier encore en élevage. Les paniers supplémentaires pallient les pertes possibles et permettent d'assurer les prélèvements du suivi pathologique. Pour limiter les bio-salissures, les paniers qui restent en place sont remplacés à chaque prélèvement trimestriel. Sur les sites de captage, les moules mises en élevage sont débarrassées des naissains du captage de l'année.

Figure 2. Pieu de bouchot avec paniers de suivi.

Les moules (*M. edulis*) (en 2013) proviennent des bouchots du Pertuis Breton. Elles sont issues du captage 2013. Calibrées en un lot homogène en septembre 2013, elles ont été stockées dans un bassin de la station IFREMER de La Tremblade jusqu'à leur mise à l'eau sur les différents sites d'élevage du littoral Atlantique mi-septembre 2013 (semaine 38). La biométrie initiale (18 septembre 2013) donne une longueur moyenne de 23,97 +/- 0,54 mm, un poids moyen de 2,08 +/- 0,51 g, un indice de Walne et Mann (*1000* poids de chair sèche / poids de coquille sèche)* de 130,1.

SITES D'ETUDE

Evolution du réseau Mytilobs en 2014

Cinq régions mytilicoles font partie du réseau. **Le choix des sites** du réseau a été déterminé en concertation entre les Laboratoires Environnement Ressource (LER) régionaux et la profession. Chaque région d'élevage est identifiée par un site : site du Vivier sur Mer, baie du Mont Saint-Michel en Bretagne Nord (Figure 3 B); site de Pont Mahé, baie de Vilaine en Bretagne Sud (Figure 3 C); site de l'Aiguillon, dans le Pertuis Breton en Pays de Loire (Figure 3 D); site de Yves, dans le Pertuis d'Antioche en Poitou-Charentes (Figure 3 D). Le site d'Agon, sur la côte Ouest Cotentin, en Normandie (Figure 3 A) a été rajouté fin 2013 et **renforce ainsi la représentation des régions** de production de la moule bleue de la côte atlantique. La prise en compte des spécificités d'élevage a complété l'aménagement des sites bouchot cités ci dessus, par un site d'élevage en pleine mer sur filière mytilicole. Le site Filière est positionné dans le Pertuis Breton (Figure 3 D).

Dans chaque région le site d'élevage aménagé (étoile jaune) est identifié sur le secteur retenu. Ce site est associé à un point de prélèvement phytoplanctonique (rond vert). Dans les sites retenus, les pieux supports ont été choisis dans les concessions d'élevage sur bouchot situées du côté large plutôt que du côté terre. Ainsi, les relevés environnementaux et les performances d'élevage seront moins influencés par les stocks et les densités locales. Les paniers sont positionnés au niveau d'exondation voisin d'une marée de coefficient 75.

L'intégration des méthodes de gestion de chaque région de production a entraîné une **modification du planning** de suivi des élevages. La période de mise à l'eau s'effectue maintenant en septembre de l'année de captage. Le suivi s'effectue sur une période de 15 mois et les prélèvements sont trimestriels. La taille des moules mises en élevage est comprise entre 20 et 30 mm. La campagne Mytilobs 2014 présente les données acquises entre septembre 2013 et décembre 2014.

Le reste du protocole (nombre de paniers, biométrie) reste inchangé. La mortalité est évaluée sur chacune des poches présentes à chaque visite saisonnière, et l'importance des salissures estimée par la pesée du panier échantillonné. La campagne mise à l'eau en 2013 porte le nom de campagne 2014.

Les paramètres environnementaux sont enregistrés en continue à l'aide de sonde température, salinité, pression, changées et contrôlées trimestriellement. Ils sont également décrits à partir de prélèvement planctonique bi-mensuel, réalisé à proximité des sites de suivi. Un suivi histopathologique a été réalisé sur le lot d'origine et autour de la période de mortalité présumée en été 2014.

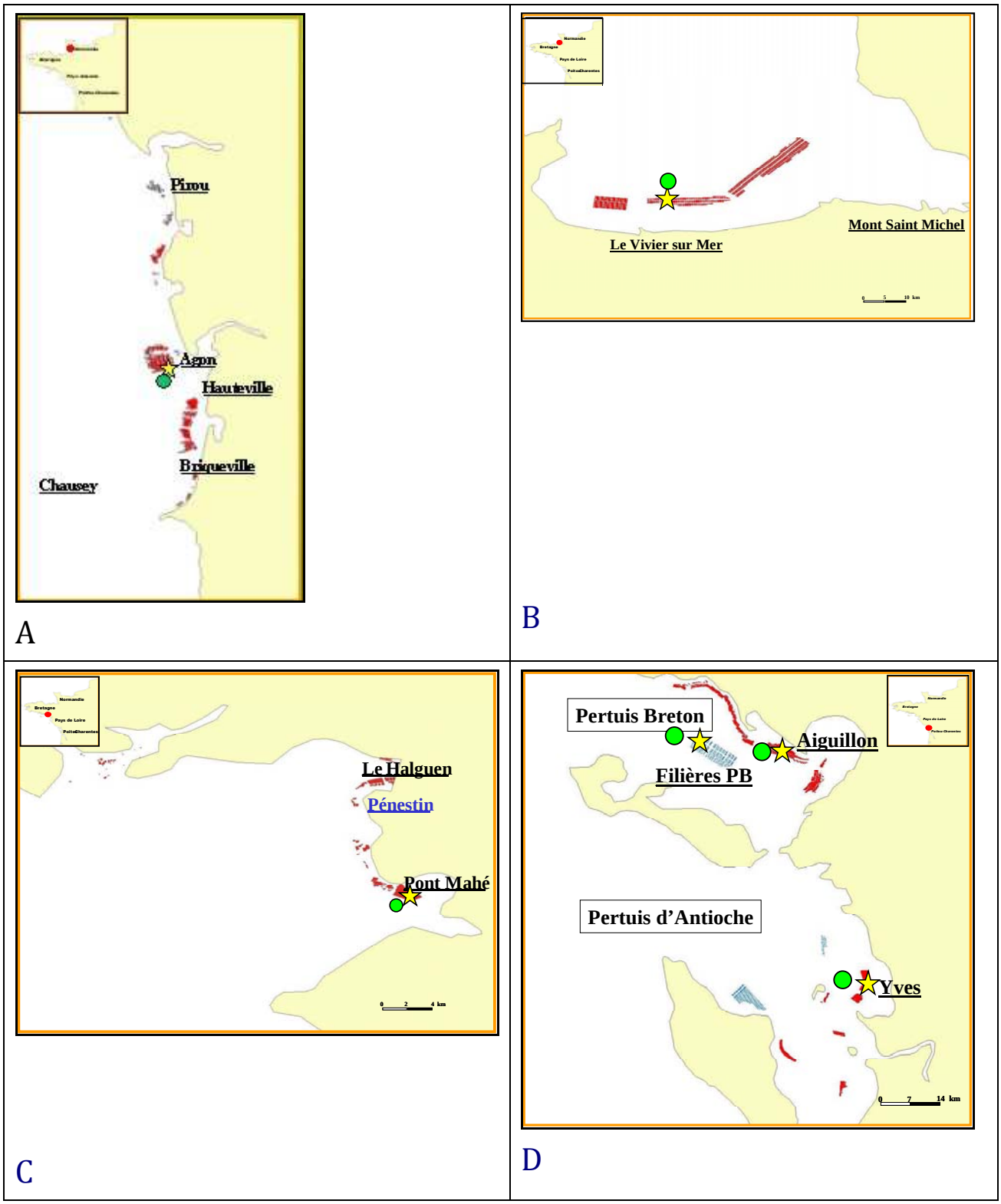


Figure 3. Présentation des sites (étoile) du réseau Mytilobs et du point de suivi phytoplanctonique (rond vert). (A) Agon, Ouest Cotentin (Normandie) ; (B) Vivier sur Mer, baie du Mont Saint-Michel (Bretagne Nord); (C) Pont Mahé, en baie de Vilaine (Bretagne Sud); (D) Aiguillon, Pertuis Breton (Pays de Loire) - Yves, Pertuis d'Antioche (Poitou-Charentes) - Filière, Pertuis Breton (Poitou-Charentes).

CALENDRIER D'ECHANTILLONNAGE

C'est en septembre 2013 (semaine 38) qu'a eu lieu la mise à l'eau (ME) de la campagne 2014. Les prélèvements trimestriels sont situés en décembre 2013 (T1), mars 2014 (T2), juin (T3), septembre (T4) et décembre (RF) autour des coefficients de grande marée (Tableau 1). Chaque site est équipé d'une **sonde STPS** (NKE). Les sondes sont renouvelées et calibrées trimestriellement. Les **prélèvements phytoplanctoniques** sont bimensuels. Ils sont réalisés dans le cadre du réseau REPHY pour les sites Aiguillon (point Eperon) et Filière (point Filière W). Les sites excentrés des points REPHY font l'objet de prélèvements à la même fréquence. L'analyse des échantillons est sous-traitée auprès de la **société AEL-plancton**. Il s'agit des sites de la côte Ouest Cotentin (Agon), du Mont Saint Michel (Vivier), de la baie de Vilaine (Pont Mahé) et du Pertuis d'Antioche (Yves). Les prélèvements ont débuté dans chaque région dès la mise à l'eau en septembre 2013. Le **suivi histopathologique** a fait l'objet d'un prélèvement pour analyse sur le lot d'origine. Pendant la campagne 2014 une stratégie d'encadrement de la période de mortalité a été définie. Les prélèvements se feront en juin et septembre 2014. En 2014, seul le prélèvement de septembre est prévu d'être analysé. Les échantillons du mois de juin sont identifiés s'il est souhaitable de préciser les analyses histologiques.

Tableau1. Planning des actions Mytilobs en 2014.

Tâches	2013												2014											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Planning Mytilobs campagne 2014									ME			T1			T2			T3			T4			RF
Suivi continu paramètres physiques																								
Sondes TPS Mytilobs									Tous les sites bouchot															
Sondes Ysi réseau SAPERCHE									Sites Filières Pertuis Breton (réseau SAPERCHE)															
Suivi phytoplanctonique bimensuel																								
Normandie Côte Ouest (bouchot)									Site d'Agon (suivi AEL)															
Bretagne Nord Mt St Michel (bouchot)									Site Le Vivier (suivi AEL)															
Bretagne Sud Baie de Vilaine (bouchot)									Site Pont Mahé (suivi AEL)															
Pays de Loire Pertuis Breton (bouchot)									Site de l'Aiguillon (Eperon suivi point REPHY)															
Poitou-Charentes baie d'Yves (bouchot)									Site Yves (suivi AEL)															
Poitou-Charentes Pertuis Breton (filière)									Site Filières PB (Filières suivi point REPHY)															
Suivie pathologie (HISTALIM-REPAMO)									lot (1)									site (5)			site (5)			

MESURES BIOLOGIQUES

L'unité de prélèvement sur le terrain est le panier d'élevage. Le pas d'échantillonnage est le trimestre. Pour chaque site et chaque prélèvement, la biométrie est réalisée individuellement sur 30 moules, sauf pour le poids total. Les mesures sont effectuées après le nettoyage des coquillages.

Mesures

La longueur individuelle est mesurée au pied à coulisse 1/10ème de mm.

La largeur et l'épaisseur ne sont mesurées que sur l'échantillon de départ et sur le prélèvement final.

Le gain de longueur saisonnier (automne, hiver, printemps, été, automne) acquis entre deux prélèvements est représenté en cumulé sur chaque site.

Poids total

Le poids total, est effectué globalement sur 3 fois 30 moules préalablement hydratées dans l'eau de mer, essuyées rapidement (tissus éponge absorbant). La pesée est réalisée au 100ème de gramme. Cette donnée est utilisée dans l'établissement d'indices de qualité à vocation commerciale.

Poids sec

Le poids sec de chair individuel est réalisé après congélation et lyophilisation ou à l'étuve sèche à 60°C pendant 48h. Il est pesé au 1/100ème de gramme.

Le poids sec de coquille individuelle s'obtient après séchage à l'étuve 24 h (50°C) : pesée au 1/100ème de gramme.

Ces données sont utilisées dans l'établissement des indices.

Indices de condition

L'**indice de Laurence et Scott** (Lawrence et Scott, 1982) est l'indice de condition référent utilisé pour les certifications professionnelles. Il utilise le poids sec de chair (moins sujet aux variations), rapporté au poids intervalvaire : *1000* poids de chair sèche/ (poids entier - poids de coquille*).

L'indice STG[3] (CERTIS, 2013) (Spécialité Traditionnelle Garantie) concerne les moules de bouchots. Cet indice mis en œuvre en 2013 a été établi par le Groupement des mytiliculteurs sur bouchots (GMB) et l'organisme certificateur CERTIS, (mise aux normes -ISO 9000 : 2000). **L'indice de Laurence et Scott minimum retenue pour la mise sur le marché est de 100**.

L'AOP moule de bouchot de la baie du Mont Saint-Michel[(4)] fait référence à un indice de Lawrence et Scott de 120.

Le Label Rouge moules de Filières élevées en pleine mer (INAO, 2014) a été établi en 2014 auprès de l'INAO. L'indice de référence des moules de cordes est de 160.

Le projet Qualité des Mollusques (Grizel et al., 1998) réalisé en 1998 a servi de base à l'établissement de ces différents indices. Ce travail référence l'indice 80 pour un produit maigre, et l'indice 120 pour un produit de qualité supérieure.

L'**indice de Walne et Mann** (Walne et Mann, 1975) est réalisé à partir des poids secs de coquille et de chair. L'indice de Walne et Mann est un indice de référence souvent choisi par les scientifiques, car calculé à partir de deux variables indépendantes et précisément mesurées (poids secs de chair et de coquilles) : *1000* poids de chair sèche / poids de coquille sèche*.

L'indice moyen est de 182 pour le littoral français (Grizel et al., 1998).

Mortalité

L'estimation de la mortalité est une information difficilement accessible aux professionnels, compte tenu de leur système de production sur bouchots ou sur filières. Les moules ayant été compté précisément à la mise à l'eau, la mortalité sera estimée par comptage des moules vivantes restantes. En effet, à l'inverse des cultures d'huîtres, la fragilité de la coquille des moules, en carbonate de calcium [(5)], ne permet pas sa conservation sur le long terme. Sur chaque site le comptage sera effectué sur l'ensemble des poches en élevage présentes au moment de l'échantillonnage.

[3] Commission Nationale des Labels et Certifications (CLNC), 18 avril 2013.

[4] Décret n° 2011-640 du 8 juin 2011 relatif à l'appellation d'origine contrôlée «Moules de bouchot de la baie du Mont-Saint-Michel

[5] Le carbonate de calcium de la coquille de moule est sous forme d'aragonite (orthorhombique), tandis que chez l'huître, il est sous forme de calcite (carbonate de calcium rhomboédrique)

CARACTERISATION ENVIRONNEMENTALE

Mesures à "haute fréquence" de la température et de la salinité

La température, la salinité et la pression sont acquises par des capteurs spécifiques et enregistrées à « hautes fréquences », avec lecture différée (sonde TPS, NKE). Le pas de temps est de 15 minutes et la précision de la mesure est de +/ 0,1°C pour la température dans la gamme 5°C à + 25°C et de +/- 0,2 pour la salinité dans la gamme 2 à 35.

Les mesures présentées correspondent à la moyenne journalière de la phase immersion du coquillage. La mesure de salinité, très influencée par les salissures, doit être corrigée des valeurs aberrantes, ce qui peut fractionner les informations présentées. Les valeurs discrètes obtenues deux fois par mois sur le point de prélèvement phytoplanctonique, proche du site d'élevage, permettent un calage relatif des valeurs manquantes de l'enregistrement continu.

SUIVI PHYTOPLANCTONIQUE

Le comptage et l'identification des principaux taxons du phytoplancton sont effectués à partir d'un échantillonnage bimensuel réalisé autour de la pleine mer (+/- 2H). Les algues identifiées sont répertoriées en classe, ordre, famille, genre ou espèce. Pour chaque site, la numération de la flore totale est déclinée autour des trois classes les plus représentées que sont les *Diatomophytceae*, les *Dynophyceae* et les *Euglenophyceae*. La bancarisation de ces données devrait permettre de préciser l'influence des différents taxons de microalgues sur la croissance des moules, en fonction du nombre de cellules (Boglino, 2008) ou de leur volume (Soletchnik et al., 2013). L'identification des algues est réalisée au travers du réseau REPHY (IFREMER) ou sous-traitée auprès d'AEL Plancton.

SUIVI DES ORGANISMES PATHOGENES

La conchyliculture fait l'objet de nombreux transferts tant sur les huîtres que sur les moules. Pour observer la qualité sanitaire des naissains mis en place et pouvoir identifier les pathologies apparues sur le site régional équipé, un suivi histopathologique est réalisé dès 2012. Les échantillons reçus sont constitués de 15 individus par site ou par prélèvement. Les moules des échantillons sont décoquillées, fixées au Davidson pendant 24 à 48h puis conservées dans l'alcool 70°. Par la suite les moules sont préparées pour l'inclusion en paraffine. Les coupes obtenues, épaisseur 2 à 3 µm, sont soumises à une coloration hématoxyline éosine (HE) améliorée. La lecture histopathologique est principalement orientée vers la recherche de *Martelia*, de *Mytilicola* et de sporocystes de trématodes. Les autres parasites détectés doivent également être signalés.

La mise en place du réseau Mytilobs sous sa première forme en 2012 a pris en compte le suivi histopathologique sous la forme d'un prélèvement unique, en fin de cycle d'élevage pour l'ensemble des sites. Aucune pathologie parasitaire n'a été observée sur ce prélèvement final, alors que des mortalités non négligeables avaient été mises en évidence sur les sites de Bretagne Sud, Pont Mahé (38% de mortalité) et de Bretagne Nord, Le Vivier (27% de mortalité) pendant la période estivale (juin-septembre).

Les prélèvements n'ayant pas pu être réalisés pendant les mortalités, un schéma de prélèvement pathologique différent a été appliqué pour le suivi 2014. La période de mortalité présumée est encadrée de deux prélèvements en juin et septembre 2014. Si des mortalités anormales sont observées au relevage de septembre, tel qu'en 2012, l'analyse histologique se fera prioritairement sur le prélèvement de septembre. Le prélèvement de juin ne sera analysé que si nécessaire, sur les crédits 2015. Les prélèvements Mytilobs analysés par HISTALIM sont les suivants : un lot de moules provenant du lot de mise à l'eau en septembre 2013 un lot (juin 2014) provenant du site Filières : avec seulement 7 individus disponibles suite aux mortalités printanières. Les autres sites étudiés

correspondent aux prélèvements du mois de septembre. 15 individus sont prélevés chaque fois en provenance des sites de : Aiguillon, Pont Mahé, Le Vivier, Baie d'Yves, Agon.

Suite aux mortalités exceptionnelles "hiver - printemps 2014", plusieurs prélèvements bactériologiques et histologiques ont été réalisés sur des moules d'élevage des pertuis Charentais dans le cadre des saisines DDTM du réseau REPAMO.

RESULTATS

La représentation des résultats 2014 est incomplète sur les sites Filière et de l'Aiguillon du fait de la disparition des moules, par mortalité. Pas de données après le mois de juin sur les filières (98% de mortalité) et après septembre sur l'Aiguillon (96%).

BIOMETRIE

Longueur

Le gain saisonnier de croissance en longueur (mm) est présenté en Figure 4.

L'**automne 2013 ne présente pas d'anomalie de croissance**. La croissance automnale est proche sur l'ensemble des sites bouchots (entre 1,8 à 3,3 mm) et très forte sur Filière (7,8 mm) site toujours immergé. En temps normal, le site Filière du pertuis Breton, en immersion permanente, a toujours, une croissance supérieure à la référence bouchot.

En hiver 2014 (décembre – mars) des différences importantes apparaissent avec l'**absence de croissance hivernale sur le site de l'Aiguillon et une très faible croissance à la fois sur Yves (0,95mm) et sur Filière (1,9 mm).** Sur les autres sites les croissances sont variables. Les sites océaniques d'Agon (5,5mm) et du Vivier (2,7mm) sont favorisés par rapport au site estuarien de Vilaine qui enregistre également une croissance faible (1,5mm) proche de celle des pertuis Charentais. Les croissances hivernales sont impactées dans les zones estuariennes, particulièrement dans les pertuis Charentais. Sur cette saison, les sites estuariens des pertuis Charentais (Aiguillon, Filière et Yves) et de baie de Vilaine (Pont Mahé) ont des croissances faibles ou nulles proches, contrairement aux sites océaniques de Manche Ouest (Le Vivier, Agon).

Au printemps (mars-juin) les quelques survivantes des mortalités (Aiguillon, Filière) ont repris leur croissance. Cependant Filière reste impactée et sa croissance (6 mm) est inférieure à celle de l'Aiguillon (7 mm). **L'arrêt de croissance sur le site d'Yves (0,8 mm) où les mortalités se poursuivent n'est également pas normal**. Les croissances printanières des sites septentrionaux (Pont Mahé, Vivier et Agon) sont assez voisines, comprises entre 4,2 et 5,5mm.

En été, les résultats sont très variables (juin-septembre) avec des écarts de croissance importants (x 2,5) entre les sites de Pont Mahé (9,4 mm) et d'Agon (3,8 mm). Les moules « survivantes » du site d'Yves ont repris une croissance (6,2 mm). Il n'y a plus de données de croissance sur les Filières du fait de la disparition totale des moules au cours de l'épisode de mortalité massive.

Enfin, l'**automne 2014** présente une faible croissance sans écart important (1,6 à 3,1 mm). Les sites Aiguillon et Filière n'ont plus de moules.

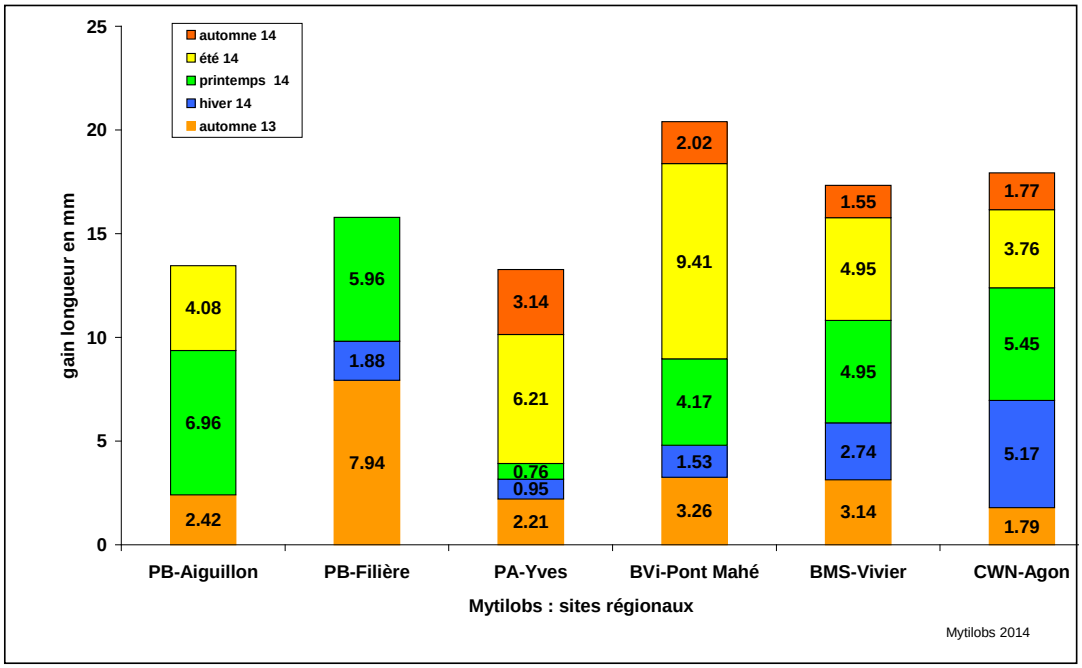


Figure 4. Gain saisonnier en longueur sur les sites d'élevage, automne 2013.

Poids sec de chair

L'évolution saisonnière du poids sec de chair (Figure 5) est positive dans toutes les régions. Ce n'est pas le cas en hiver sur tous les sites estuariens et en automne 2014 en Manche Ouest (Vivier – Agon).

En **automne 2013** sur bouchot les poids sec ont augmenté entre 8% (Aiguillon) et 106% (Agon). Les pertuis Charentais enregistrent le plus faible gain de poids sur bouchot (+8% Aiguillon et + 16% Yves), alors que sur Filière (élevage en immersion permanente) on enregistre un gain de 149%.

L'hiver 2014 se caractérise par un amaigrissement dans les environnements estuariens des pertuis Charentais (-18% Aiguillon et –30% Yves) et de baie de Vilaine (-15%) sur les sites bouchot mais également Filière (-7%). Dans le contexte estuarien des pertuis Charentais (REMOULA 2000-2010) l'amaigrissement des individus en élevage est régulièrement observé entre décembre et mars. Durant cette même période les moules en élevage sur les sites océaniques d'Agon (+6%) et du Vivier (+ 63%) présentent un gain de poids sec.

Au **printemps** l'ensemble des sites bénéficie de l'activité phytoplanctonique printanière et la croissance tissulaire reprend sur tous les sites (+122 à 304%). Les plus belles reprises de croissance ont lieu sur Aiguillon et pont Mahé avec +300% sur les deux sites. Les moins bonnes croissances ont lieu sur Yves (+146%) et sur Vivier (+122%).

En **été** le gain de chair se poursuit. Il est plus soutenu sur les bouchots des milieux estuariens : autour de 150%, que dans l'environnement océanique de la Manche Ouest : Agon (46%) et Vivier (98%).

L'évolution du poids n'est pas marquée en **automne**[6], avec environ + 5% dans les milieux estuariens (Yves et Pont Mahé) et –5% dans les milieux océaniques (Vivier et Agon).

[6] Sur les sites où les moules n'ont pas disparu suite aux mortalités

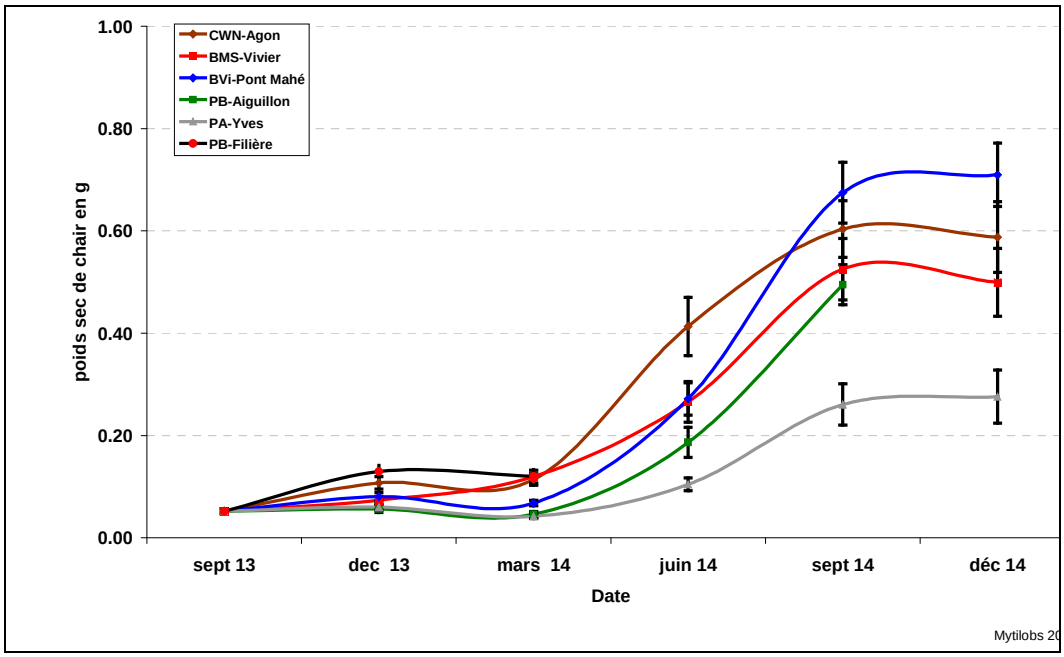


Figure 5. Evolution du poids sec de chair de la moule bleue (*Mytilus edulis*) sur cinq régions du littoral atlantique.

Indices de remplissage

L'indice de Lawrence et Scott[7] (Lawrence et. Scott, 1982), indice de certification référent prend toute son importance au mois de juin, période de mise sur le marché des moules pour une nouvelle année de production. Il est cadré par les références 100, 120 et 160 (Figure 6, lignes grise, rouge et bleue), respectivement : indices de qualité minimum de mise sur le marché des moules de bouchot (100), référence minimale de l'AOP moule de bouchot de la baie du Mont Saint-Michel (120) et référence AOP des moules de cordes de filières (160). A la mi-juin l'indice 100 est atteint sur les bouchots en Normandie (Agon, 130), en Bretagne Nord (Vivier, 100). Il est proche de 100 également (96,2) pour le site de Pont Mahé en Bretagne Sud. A cette même période, l'indice n'est que de 83,6 et 65,8 respectivement en Pays de Loire (Aiguillon) et en Poitou-Charentes (Yves) impactés par des mortalités importantes. L'indice 120 AOP moules de bouchot du Mont Saint-Michel est atteint en été, entre juin et septembre dans la Baie du Mont Saint-Michel mais également sur l'Ouest Cotentin, la baie de Vilaine et le pertuis Breton où la disparition des moules laisse une disponibilité en nourriture plus importante qu'à l'habitude. Cette année les moules de cordes (Filière) n'ont pas atteint le niveau de « qualité extra » en raison des mortalités dans le pertuis Breton.

[7] La non disponibilité de poids sec de chair d'Agon en décembre 2013 ne permet pas de calculer les indices Laurence et Scott et Walne et Mann pour cette période échantillonnée

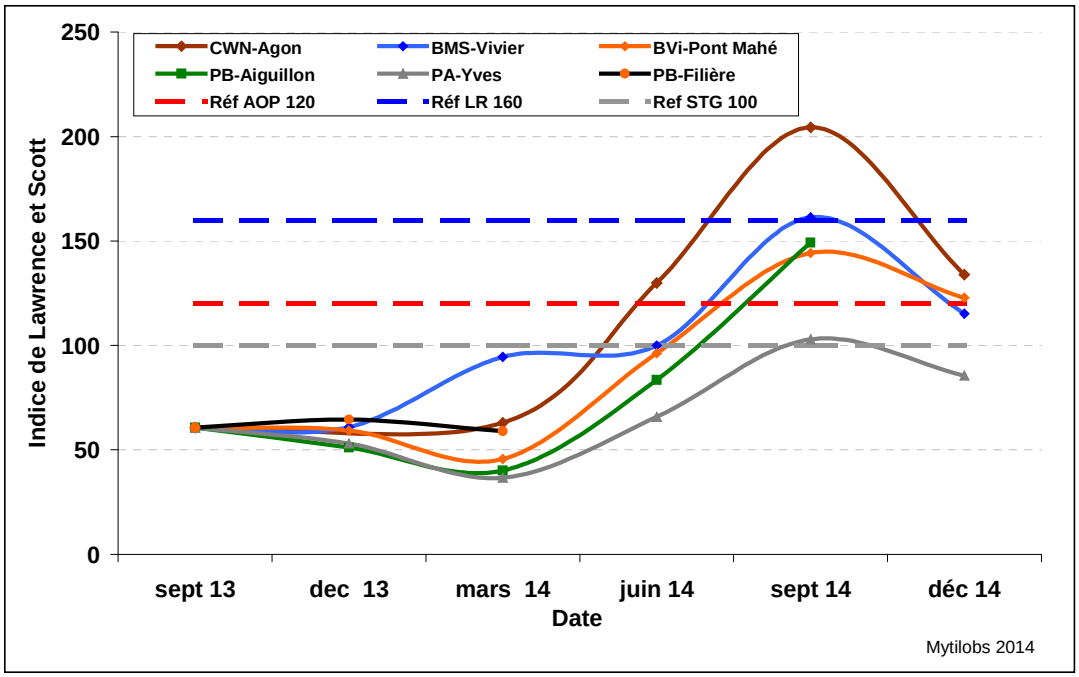


Figure 6. Evolution de l'indice de Lawrence et Scott (1000* poids de chair sèche/ (poids entier - poids de coquille)

L'indice de Walne et Mann

L'augmentation ou la diminution de l'indice de Walne et Mann est plutôt saisonnière (Figure 7). L'indice a tendance à baisser en automne (2013) et en hiver (2014). La chute d'indice la plus importante, entre septembre 2013 et mars 2014, est enregistrée sur Aiguillon et Yves avec une baisse de l'indice de –40% et –44 %. Pont Mahé subit une baisse proche mais moins marquée (-24%) sur la même période. Ces trois sites sont des sites estuariens. Dans le même temps Agon perd 23%. Les valeurs atteintes à la fin de l'hiver 2014 sont très basses sur les sites de L'Aiguillon (78,3) et d'Yves (72,7). Ces niveaux n'ont été atteints que 3 années dans le pertuis Breton : en mars 2003 sur Marsilly (75,7), en mars 2007 sur Aiguillon (63,9) et Marsilly (65,6), et en mars 2008 sur Aiguillon (79,9) (Remoula 2000-2010). L'année 2007, comme l'année 2014 est caractérisée par un hiver doux et pluvieux. L'année 2008 est caractérisée, comme 2014 également, par une forte turbidité (Bechemin et al., 2014 ; Gohin et al., 2015 sous presse).

Dans l'état actuel de l'expertise, il est difficile de savoir si ces valeurs reflètent un affaiblissement physiologique en lien avec l'épisode de mortalité. Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées : (i) allocation d'énergie vers la coquille, (ii) maturation, et ponte dans l'intervalle des échantillonnages ou (iii) fatigue physiologique des moules due à de mauvaises conditions environnementales (peu de ressource trophique, turbidité excessive).

Sur Filière, l'augmentation (+19%) de l'indice en automne n'est pas habituelle. Elle n'a été observée que 2 fois en automne 2005 et 2007 au travers du réseau REMOULA (2000-2010). Par la suite l'indice diminue de 15% en hiver. La diminution de cet indice n'est pas importante. Le poids de chair reste d'un bon niveau (0,12 g), 4 fois plus élevé que sur Yves, reflétant une plus grande disponibilité pour la reproduction.

Le niveau élevé de l'indice de Walne et Mann sur le site de Mont Saint-Michel, significativement le plus froid en hiver peut conduire également à plusieurs hypothèses : (i) les moules sont en retard d'allocation maturation et aucune ponte n'a pu être induite (température voisine de 8°C) ; (ii) ce site est protégé sur le plan hydrodynamique et a bénéficié d'une protection des vents de Sud-Ouest durant l'hiver 2014 (données météo France). La remise en suspension (turbidité) y est certainement plus faible que sur les autres sites.

Au printemps et en été l'indice augmente sur tous les sites. L'indice indique une croissance en chair en lien avec une ressource trophique suffisante et une allocation d'énergie vers la constitution de réserves (glycogène) en prévision de la maturation. Les écarts restent toutefois importants entre les sites estuariens (Pont Mahé, Aiguillon et Yves) à l'avantage du Pont Mahé, dont l'indice est de + 100% par rapport à Yves, au printemps, puis de + 40% en été et en automne.

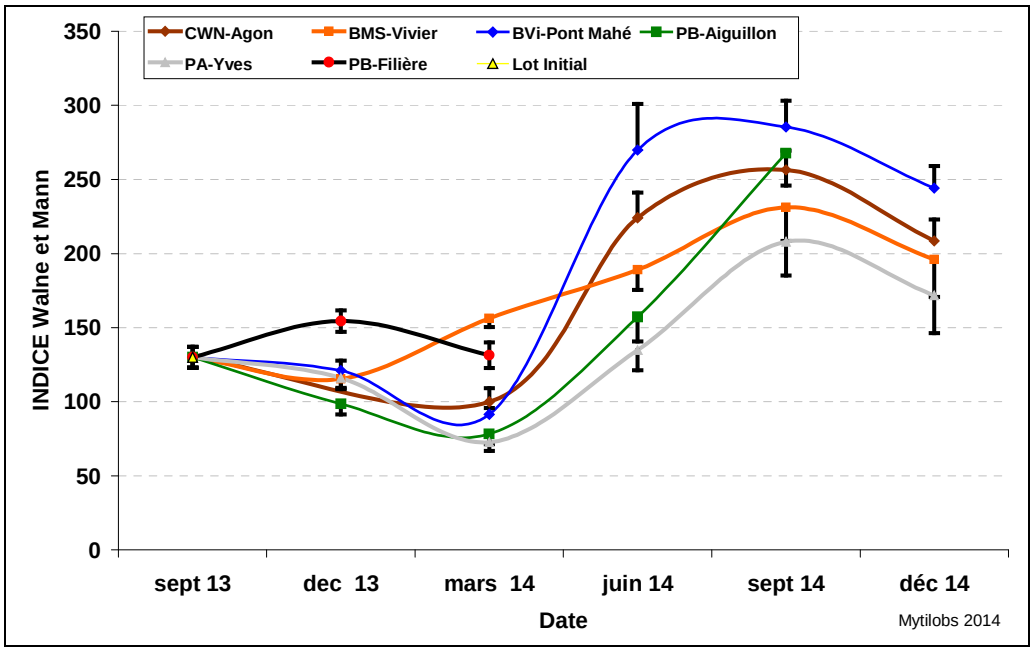


Figure 7. Evolution de l'indice de Walne et Mann de la moule bleue (*Mytilus edulis*) sur cinq régions du littoral atlantique (1000* poids de chair sèche / poids de coquille sèche).

Alors que la longueur ne présente pas d'anomalie de croissance, en automne 2013, une très faible croissance hivernale en chair est constatée à la fois sur Yves et sur Filière, complétée par l'absence de croissance sur le site de l'Aiguillon.

L'indice de Laurence et Scott, intégrant le poids sec de chair, correspond à un indice de remplissage des moules. A la mi juin, l'indice de qualité professionnel de mise sur le marché des moules (valeur 100) est atteint sur les bouchots en Normandie et en Bretagne Nord. Il reste faible (et insuffisant pour la commercialisation des moules) dans les pertuis Charentais impactés par des mortalités importantes.

Alors que l'indice de qualité de Walne et Mann baisse sur tous les sites en hiver, y compris sur le site des filières, l'indice de Walne et Mann augmente sur le site du Vivier en baie du Mont Saint-Michel en hiver (+ 35 %). L'amaigrissement le plus important est enregistré en fin d'hiver sur Aiguillon et Yves avec une baisse de l'indice de Walne et Mann de - 40 et - 44 % depuis la mise à l'eau.

Des valeurs d'indices aussi basses que 60-75 en fin d'hiver ont été atteintes seulement lors des hivers 2003, 2007 et 2008 sur certains sites de bouchots du pertuis Breton. Ce sont les niveaux atteints sur Aiguillon (78) et Yves (73) en 2014.

Mortalité

En 2014, des mortalités exceptionnelles touchent les pertuis Charentais (Figure 8). Elles sont apparues en fin d'hiver (mi-mars) sur les filières du pertuis Breton (21%) et sur les bouchots de l'Aiguillon (8%). Les mortalités se poursuivent durant le printemps (mars à juin). Un prélèvement exceptionnel supplémentaire, réalisé le 15 mai sur les sites réseaux des pertuis Charentais montre le développement des mortalités des Filière (98%) vers le Sud-Est du pertuis Breton : Aiguillon (89%) et sa diffusion vers le Sud dans le pertuis d'Antioche (Yves, 20%). A la mi-juin les mortalités culminent à 98% sur Filière et 92% sur Aiguillon. Sur les bouchots d'Yves (pertuis d'Antioche), elles atteignent 47%. A la fin de l'été, septembre 2014, les mortalités atteignent environ 5% sur les sites de la baie de Mont Saint-Michel et de la baie de Vilaine, environ 50% sur le site d'Yves dans le pertuis d'Antioche, et près de 100 % sur les sites Aiguillon et Filière (Figure 9).

Des **analyses bactériologiques** ainsi que des prélèvements histologiques ont été réalisés pendant cette période au travers du réseau REPAMO. Des bactéries appartenant au clade *Vibrio splendidus* ont été identifiées pendant ces mortalités (Travers et al., 2014). L'expression de la pathogénicité des souches détectées aux cours de ces mortalités fait l'objet de travaux approfondis dans le projet MORBLEU en 2015. En histologie aucun agent infectieux réglementé, notamment aucun individu porteur de *Martelia,* n'a été détecté au travers des prélèvements REPAMO réalisés pendant cette période sur les secteurs du pertuis Breton et du pertuis d'Antioche.

Une **mortalité récurrente** a été enregistrée sur le site d'Agon. Elle est liée à la présence de perceur (*Nucella Lapillus*). Les mortalités sont saisonnières, chroniques et régulières (de l'ordre de 10% par trimestre). Le bigorneau ralentit sa prédation en hiver (mortalité = 5%). En fin du cycle d'élevage 52% du cheptel a été décimé en (relevage de décembre 2014 sur Agon).

Si les mortalités de moules, à cause de perceurs, sont régulières sur certain secteur de la côte Ouest Cotentin (SMEL[8]), les mortalités des pertuis Charentais, inhabituelles et exceptionnelles ont considérablement impactées l'économie locale. Elles sont estimées entre 7000 et 9000 tonnes. Dans les pertuis Charentais, les zones les moins impactées sont restreintes et concernent les bouchots de Marsilly (50%) et de Boyard (30%).

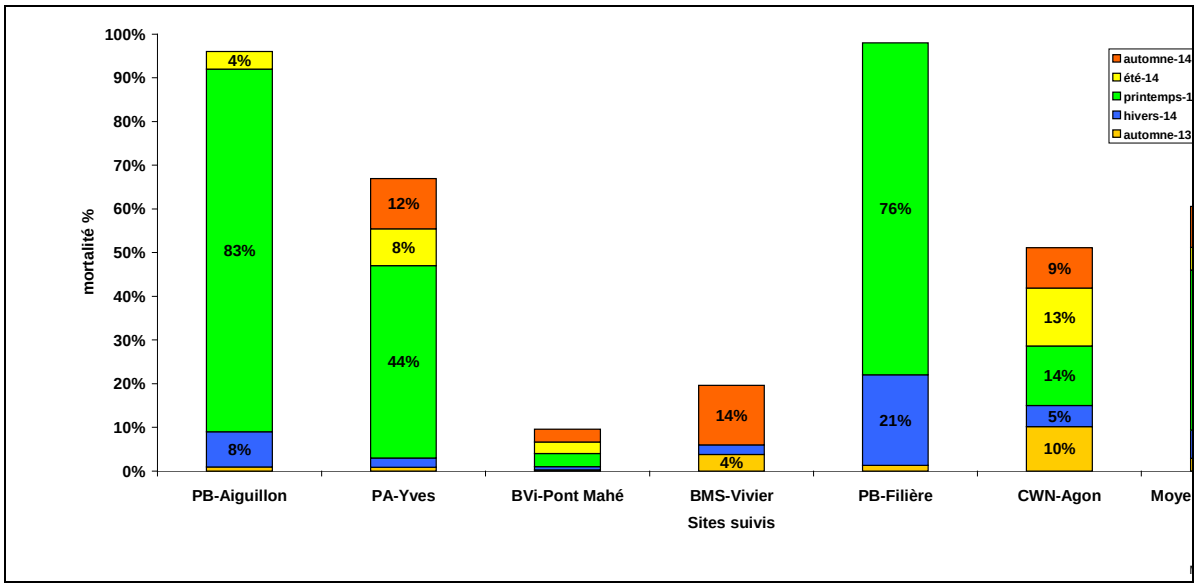


Figure 8. Evolution de la mortalité saisonnière de la moule (*Mytilus edulis*) sur cinq régions du littoral atlantique

[8] Syndicat Mixte Equipement du Littoral

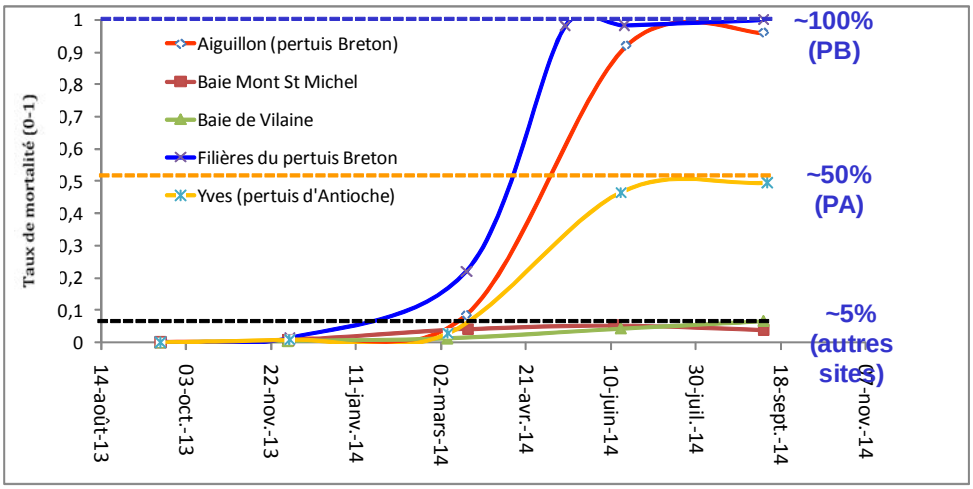


Figure 9. Mortalité cumulée par site des moules du réseau Mytilobs en 2014

En 2014, des mortalités exceptionnelles touchent les moules adultes des pertuis Charentais. Elles sont apparues en fin d'hiver (mi-mars) sur les filières du pertuis Breton (21%) et sur les bouchots de l'Aiguillon (8%). Les mortalités se poursuivent durant le printemps de mars à juin. Elles atteindront des valeurs proches de 100% sur les sites Mytilobs du pertuis Breton.

A la fin de l'été 2014, les mortalités atteignent environ 5% sur les sites de la baie du Mont Saint-Michel et de la baie de Vilaine, environ 50% sur le site d'Yves dans le pertuis d'Antioche, et près de 100% sur les sites Aiguillon et Filière (Figure 9).

Une mortalité régulière, liées à la présence de perceurs (*Nucella Lapillus*), est enregistrée sur le site d'Agon. A la fin du suivi 52% du cheptel mis en place a été décimé.

SUIVI ENVIRONNEMENTAL

TEMPERATURE, SALINITE

Température et salinité sont mesurées aux moyens de sondes multiparamètres TPS (température, pression et salinité) immergées sur les sites de l'étude (voir matériel et méthode). Les données enregistrées sont ensuite qualifiées (Annexe 1). La salinité présente le plus d'écart de justesse. Certaines plages de données ont pu être corrigées, d'autres non. Des données ont été éliminées pendant la période juin-septembre, en baie de Vilaine, en baie de l'Aiguillon et en baie d'Yves. Les températures et les salinités sont enregistrées sur chaque site entre septembre 2013 et décembre 2014 (Figure 11).

Les températures moyennes automnales de l'eau de mer atteignent des valeurs de 15 et 17,4 °C respectivement en automne 2013 et 2014 sur le site des filières du pertuis Breton (Figure10). Ces valeurs sont supérieures de 3°C environ au site du Vivier qui est le site où la température est la plus basse (moyennes de 12 et 14,3°C respectivement en automne 2013 et 2014) (Annexe 2). Les deux autres sites des pertuis Charentais (bouchots d'Aiguillon et d'Yves) ont des températures automnales supérieures de 1 à 1,5 °C aux 3 autres sites situés plus au Nord sur la façade manche-atlantique. En

hiver 2014, la température de l'eau est significativement plus faible sur le site de la baie du Mont Saint-Michel (8,8 °C), comparée aux autres sites de l'étude (9,6 à 10,2°C) (Figure10).

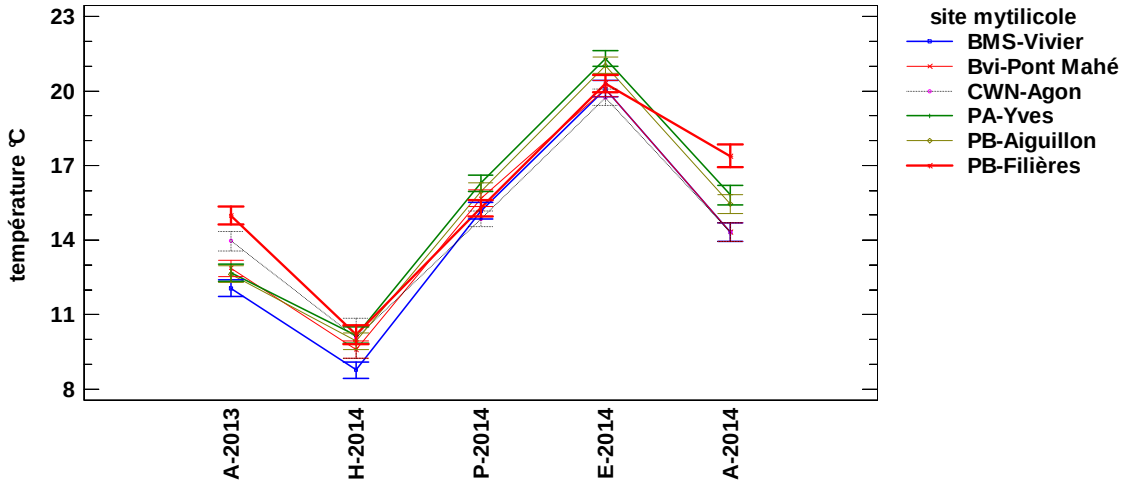
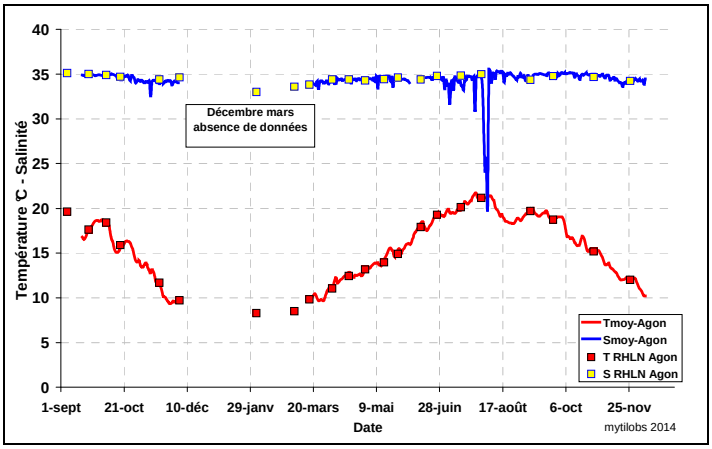
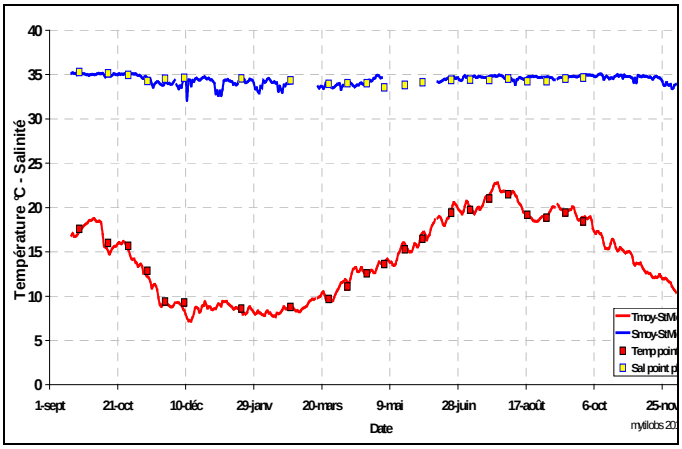


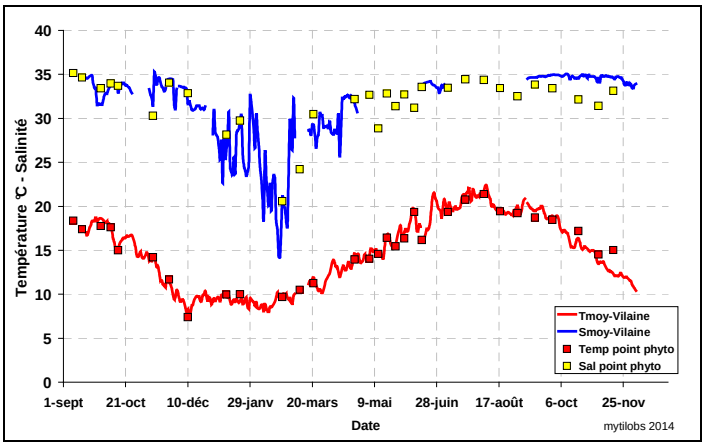
Figure10. Température saisonnière moyenne sur les 6 sites de l'étude durant la campagne Mytilobs 2014. A : automne, H : hiver, P : printemps, E : été.



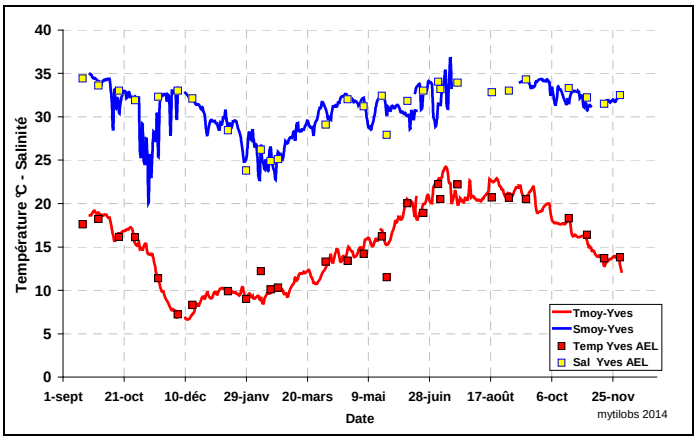
Ouest Cotentin : site d'Agon



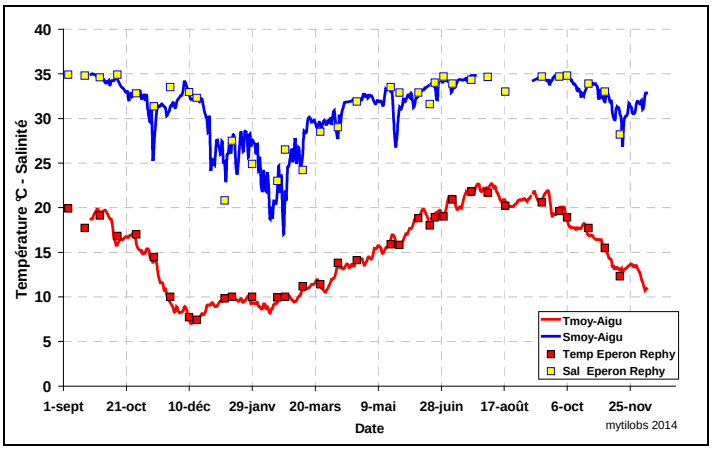
Baie du Mont Saint Michel : site du Vivier



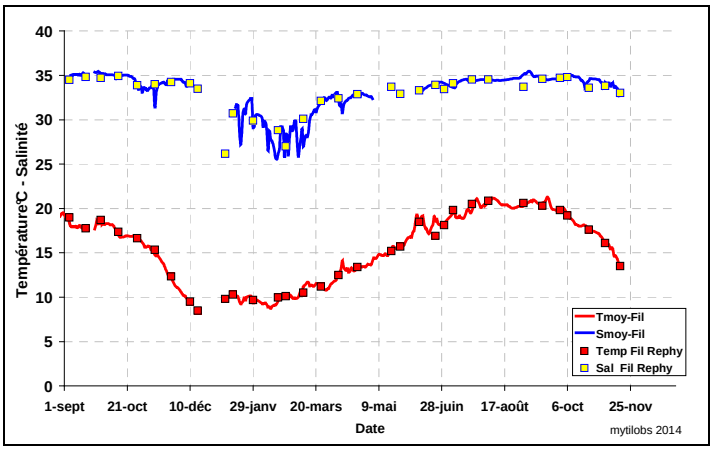
Baie de Vilaine : site de Pont Mahé



Pertuis d'Antioche : site de Yves



Pertuis Breton : site de l'Aiguillon



Pertuis Breton : site des Filières

Figure 11. Evolution de la température et de la salinité sur les sites suivis dans les cinq régions du littoral atlantique. Les mesures de salinité (carré jaune) et de température (carré rouge) sont effectuées sur les mêmes sites dans le cadre du réseau REPHY.

Une analyse est réalisée pour les classes de **températures** inférieures à 10°C, supérieures à 10°C et supérieures à 20°C sur les sites du réseau (Annexe 3). Les masses d'eau sont plus froides du Nord au Sud avec plus de 110 jours de température inférieure à 10°C en Manche Ouest sur Agon et Vivier, 80 jours en baie de Vilaine, 66-70 jours dans les pertuis Charentais (Yves, Aiguillon). Les sites décrits sont sur bouchot, la situation de pleine eau dans le pertuis Breton du site Filière amortit les changements de saison. Les masses d'eau sont plus directement sous l'influence océanique régionale. Pour cette raison, le site Filière présente seulement 51 jours avec des températures inférieures à 10°C. Pour les températures supérieures à 20°C le classement est plus contrasté avec un effet probable des grandes vasières à proximité de certains sites, tel Yves (90 jours de température > 20°C), Aiguillon (83 jours), puis Vivier et de Pont Mahé avec respectivement 51 et 50 jours et enfin Agon avec seulement 28 jours au delà de 20°C. Le site Filière, sous influence océanique se situe au milieu de ce classement avec 64 jours. Seuls les trois sites des pertuis Charentais ont enregistré une période (21 à 22 jours) de température supérieure à 10°C pendant l'hiver 2014 (entre le 7 et le 29 janvier).

Le site Filière du pertuis Breton d'émergence des mortalités en 2014 est, parmi les 6 sites de l'étude, celui qui présente des températures automnales supérieures de 2-3°C aux autres sites. Si la température hivernale est plus homogène en 2014 sur 5 sites de l'étude (9,6 -10,1°C), elle est significativement plus faible (8,8°C) sur le site de la Baie du Mont Saint-Michel. C'est le seul site qui ne présente pas de chute d'indice de qualité (Walne et Mann) au cours de l'hiver 2014. Seuls les trois sites des pertuis Charentais ont enregistré une période (21 à 22 jours) de température supérieure à 10°C pendant l'hiver 2014 (entre le 7 et le 29 janvier).

Les températures voisines de 10°C (supérieures à 8°C et dès 10°C) sont susceptibles d'accélérer la maturation et de permettre des pontes dans le milieu naturel sous l'effet de stress divers (choc de salinité à l'échelle d'une marée, tempête choc thermique).

L'abondance des précipitations au cours de l'hiver 2014 a impacté les masses d'eau estuarienne des sites Filière, Aiguillon, Yves et Pont Mahé. Les périodes de dessalures sont proches mais l'intensité est différente selon les sites et les saisons (Figure 11, Figure 12, Annexe 4).

Les deux sites « marins » de la baie du Mont Saint-Michel et de l'Ouest Cotentin ont une salinité comprise entre 34 et 35 toute l'année. Sur les sites euryhalins, la salinité est la plus faible en hiver 2014, et des contrastes apparaissent entre les sites quelle que soit la saison. En été, seul le site d'Yves dans le pertuis d'Antioche, sous l'influence de la Charente présente une salinité de 33, inférieure de 1 à 2 unités par rapport aux autres sites. Au printemps, les sites forment trois groupes statistiquement différents : (1) la baie du Mont Saint-Michel et Ouest Cotentin (34-35) ; (2) le site des filières du pertuis Breton en situation intermédiaire (~33) et (3) les sites estuariens de la baie de Vilaine, de l'Aiguillon (influence de la Sèvre) et d'Yves (Charente) (31-32). C'est en hiver 2014 que la discrimination entre les sites est la plus forte. Quatre groupes (significativement différents) sont alors constitués : les sites « marins » à 34 ; le site des filières (~29,5) ; le site d'Yves à 27,5 et enfin les 2 sites d'Aiguillon et de Baie de Vilaine dont la salinité moyenne est descendue à 25-26 (Figure 12). Les salinités occasionnelles les plus basses observées sont de 14, 2 et 17,1 respectivement sur les sites de la baie de Vilaine et de la Baie de l'Aiguillon, alors qu'elles ne passent pas en dessous de 25,6 sur le site des filières du Pertuis Breton.

Une expérimentation a été réalisée en laboratoire sur une population de moules soumises à des salinités de 23, 20 et 15, proches de celles rencontrées sur les sites d'élevage au cours de l'hiver 2014 (Robert com. pers). Le lot soumis à une salinité de 23 n'a pas subi de mortalité après une exposition de 30 jours ; celui à 20 a subi 20% de mortalité en 10 jours et 50% au bout de 30 jours ; les moules à 15 de salinité ont subi 25% de mortalité en 10 jours et 70% en 30 jours.

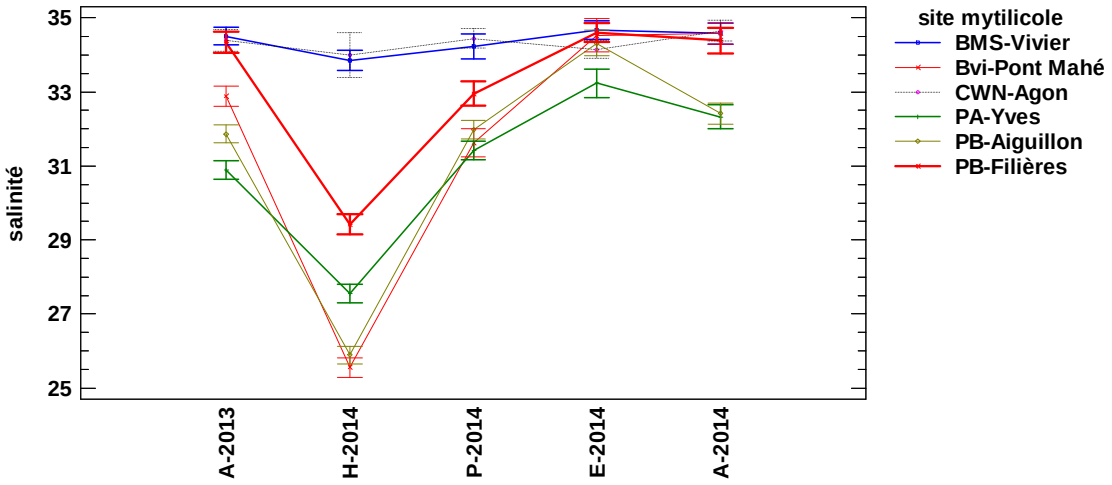


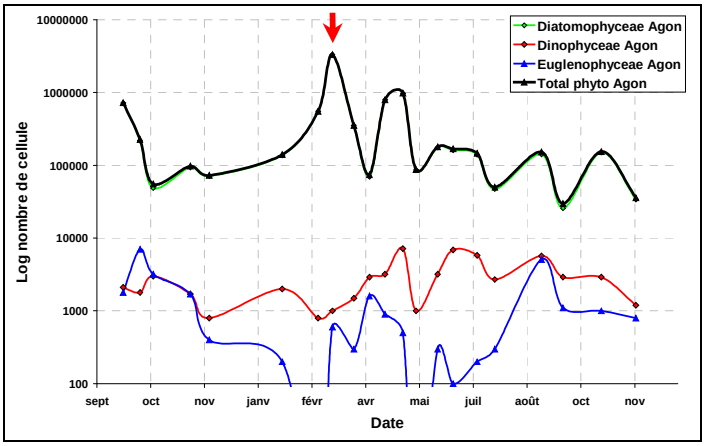
Figure 12. Salinité saisonnière moyenne sur les 6 sites de l'étude durant la campagne Mytilobs 2014. A : automne, H : hiver, P : printemps, E : été.

Au cours de l'hiver 2014, des niveaux de salinité < 15 qui peuvent représenter un risque pour la moule, n'ont pas été enregistrés dans les pertuis Charentais mais seulement en baie de Vilaine sur une période de 4 jours (Annexe 5). La période de fortes dessalures n'a pas été suffisamment longue sur les sites d'élevage pour entraîner une mortalité chez les moules. Les moules vivent dans des milieux estuariens. Elles sont connues pour leur capacité d'adaptation à la salinité. Cependant elles ne peuvent s'adapter que progressivement à la dessalure et des changements brutaux de salinité ne sont pas sans conséquence (Bohle, 1972). Havinga (1935, in Werwey , 1952) signale une mortalité totale des moules à une salinité de 9 en Hollande (dans le Zuiderzée), mais note un début de mortalités pour des salinités comprises entre 15 et 20. Les moules sont cependant capables d'atténuer les variations importantes de salinité en se fermant dans l'eau au cours des cycles de marée (Mazurié et al., 2001).

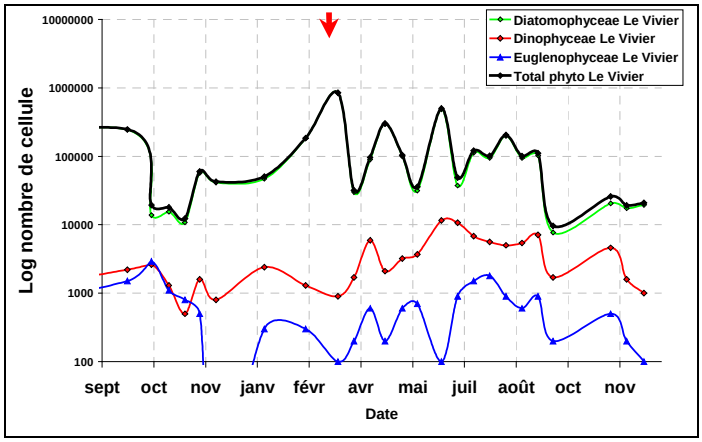
Les deux sites « marins » de la baie du Mont Saint-Michel et de l'Ouest Cotentin ont une salinité comprise entre 34 et 35 toute l'année. C'est en hiver 2014 que la discrimination entre les sites est la plus forte ; le site des filières présente une salinité de l'ordre de 29,5, le site d'Yves de 27,5 et enfin les deux sites d'Aiguillon et de Baie de Vilaine ont des salinités moyennes proches de 25-26. Les salinités occasionnelles les plus basses observées sont de 14, 2 et 17,1 respectivement sur les sites de la baie de Vilaine et de la Baie de l'Aiguillon, alors qu'elles ne passent pas en dessous de 25,6 sur le site des filières du Pertuis Breton. Au cours de l'hiver 2014 les salinités < 15 qui représentent un risque pour la moule n'ont pas été enregistrées dans les pertuis Charentais, mais seulement en baie de Vilaine sur une période de 4 jours, où aucune mortalité n'a été caractérisée. Au regard des connaissances bibliographiques et expérimentales, les pics de dessalure, occasionnellement autour de 15-20 sur le site le plus euryhalin de la Baie de Vilaine, rarement en dessous de 20 sur les sites estuariens de l'Aiguillon ou d'Yves, et occasionnellement proches 25 sur le site des filières ne peuvent en aucun cas être mis en cause pour expliquer les mortalités massives rencontrées sur les filières du pertuis Breton en hiver 2014. Les chocs de dessalures observés en 2014 sont des facteurs potentiels de déclenchement des pontes (Lubet, 1973). Ils ne peuvent avoir qu'une contribution marginale (cofacteur de stress) dans le processus ayant conduit aux mortalités massives de moules en hiver 2014.

RESSOURCE TROPHIQUE

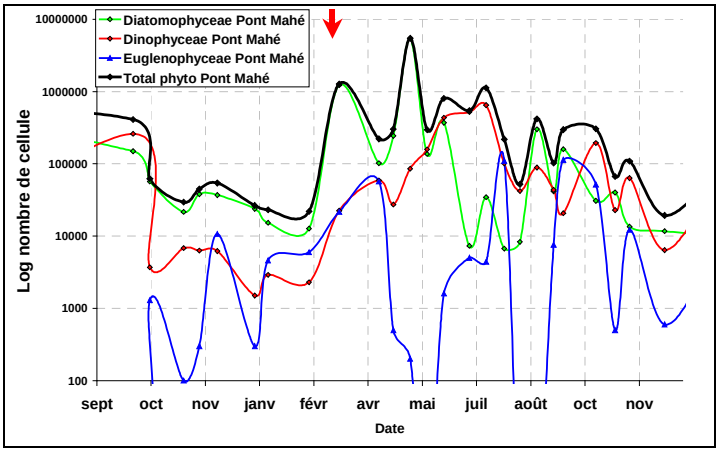
La **ressource trophique** est mesurée grâce aux comptages et détermination des taxons phytoplanctoniques sur les sites d'études, selon le protocole mis en œuvre dans le Réseau national REPHY de l'IFREMER (http://wwz.ifremer.fr/lerpc/Activites-et-Missions/Surveillance/REPHY) et appliqué également par le bureau d'étude AEL, sous-traitant des échantillons d'eau de mer sur 4 sites sur 6. L'examen au microscope des flores phytoplanctoniques deux fois par mois permet de quantifier les espèces de micro algues potentiellement disponibles pour la nourriture des moules. Les classes d'algues les plus représentées sont respectivement les Diatomophyceae, les Dinophyceae et les Euglenophyceae. Leur évolution est représentée au cours de la campagne 2014 (Figure 13). Sur les graphiques une flèche rouge positionne l'apparition des mortalités enregistrée au travers du Mytilobs dans le pertuis Breton le 15 mars 2014. Les mortalités dans le pertuis Breton semblent se dérouler dans le même temps que se développe un bloom de diatomées (entre le 10 et le 24 mars) sur l'ensemble des sites Mytilobs du littoral atlantique.



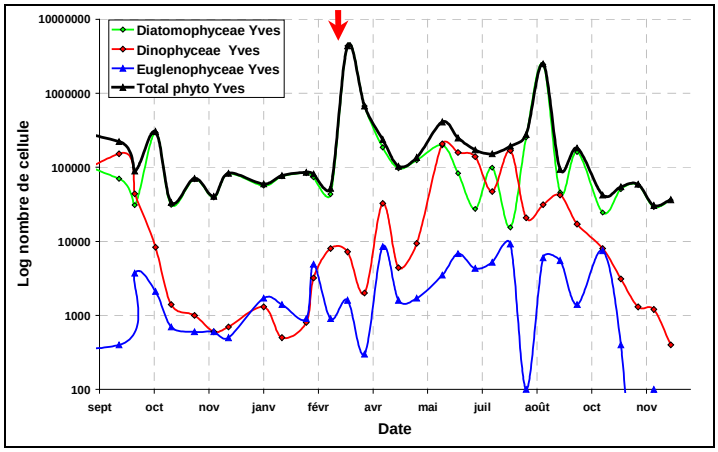
Ouest Cotentin : Site d'Agon



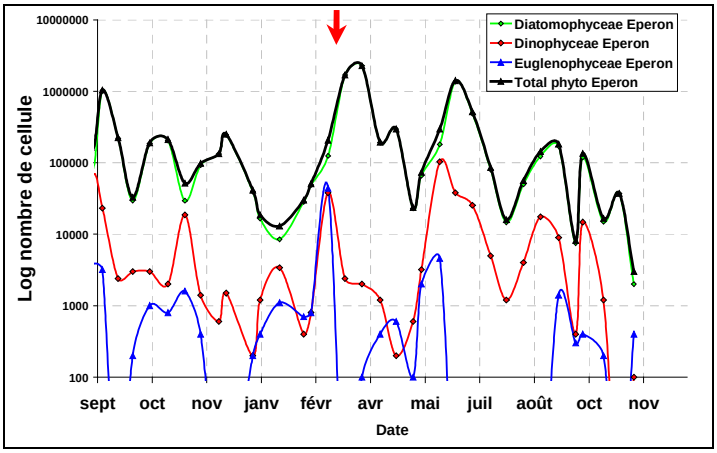
Baie du Mont Saint Michel : site du Vivier



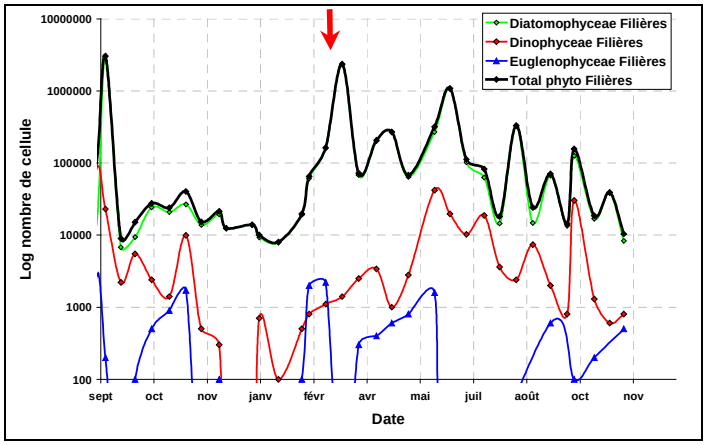
Baie de Vilaine : site de Pont Mahé



Pertuis d'Antioche : site de Yves



Pertuis Breton : site de l'Aiguillon



Pertuis Breton : site des Filières

Figure 13. Evolution de la flore phytoplanctonique totale, *Diatomophyceae*, *Dinophycea*, *Euglénohyceae* (log du nombre de cellules) sur les sites de cinq régions du littoral atlantique (réseau Mytilobs 2014).

DIVERSITE PHYTOPLANCTONIQUE

La diversité phytoplanctonique (biodiversité) est ici représentée par le nombre de taxons dans les échantillonnages d'eau de mer au cours de la campagne Mytilobs (5 saisons étudiées sur la campagne 2013-2014). Il y a des différences significatives de biodiversité entre les sites et les saisons de l'année (Figure 14) ($p < 1\%$). La variabilité de biodiversité associée aux sites est 4 fois supérieure à celle associée à la saison. La biodiversité est significativement supérieure au printemps-été 2014 (26-27 taxons) et plus faible en automne hiver 2013 et 2014 (21-23 taxons).

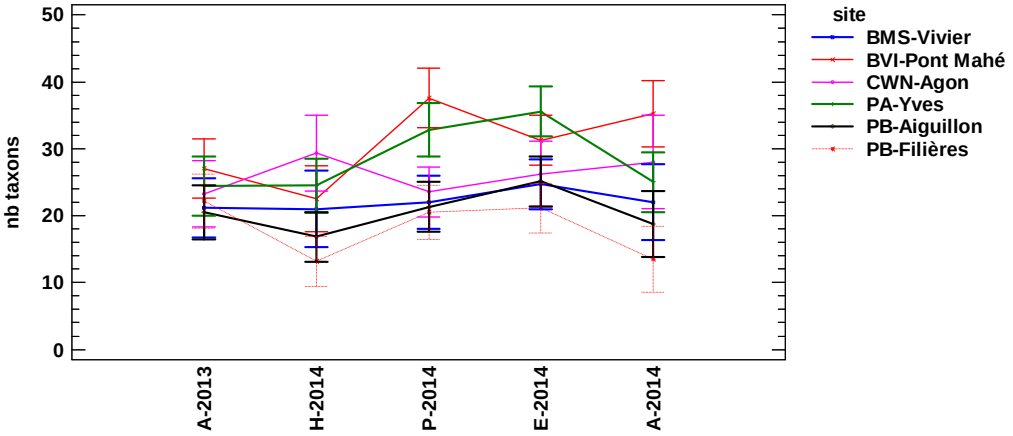


Figure 14. Analyse de la variance de la diversité phytoplanctonique (nombre de taxons), selon les sites et les saisons. A : automne, H : hiver, P : printemps, E : été.

Deux groupes se distinguent de façon significative (quelque soient les saisons) : (1) pertuis Breton : Filière, Aiguillon et baie du Mont Saint-Michel : Vivier (18<biodiversité<22) d'une part et (2) Agon, Yves et Pont Mahé d'autre part (26<biodiversité<31). Il est à noter que la biodiversité semble être indépendante du caractère hyalin du site puisque les deux sites les plus marins (Agon et baie du Mont Saint-Michel) (tous les deux analysés par AEL) se situent dans des groupes différents.

REPRESENTATION DES DIFFERENTES CLASSES D'ALGUES

Les taxons identifiés dans les numérations des microalgues entre l'automne 2013 et l'automne 2014 sont regroupés dans 12 classes d'algues inégalement représentées dans les écosystèmes mytilicoles. Ainsi 4 de ces classes (1/4) représentent 99,5 % de l'identification algale (Tableau 2). Les *Diatomophyceae* représentent 87,6 % des numérations, les *Dinophyceae* 9,6 % et deux autres classes : *Euglénophyceae* et *Raphidophyceaes* représentent respectivement 1,4 % et 1% des numérations.

Tableau 2. Représentation des classes d'algues identifiées sur les sites du réseau Mytilobs en nombre (partie haute du Tableau) et en % (partie basse).

classes d'algue	Agon	Eperon-Aiguillon	Filières	Le Vivier	Pont Mahé	Yves
Chlorophyceae	800	800	0	400	3100	400
Chrysophyceae	0	0	0	0	700	0
Ciliophora	0	13800	3700	0	0	0
Cryptophyceae	0	0	0	0	0	0
Cyanophyceae	0	0	0	0	400	0
Diatomophyceae	7581619	5520757	4082100	2950508	8465657	9820598
Dictyochophyceae	3300	1200	3600	2700	49400	2500
Dinophyceaee	58200	164800	132500	89000	2823800	927400
Euglenophyceae	25300	57200	10300	16000	408900	78000
Prasinophyceae	0	7600	3600	100	93200	16200
Prymnesiophyceae	0	400	1100	0	0	0
Raphidophyceae	0	700	0	0	436933	0
Chlorophyceae	0,01	0,01	0,00	0,01	0,03	0,00
Chrysophyceae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Ciliophora	0,00	0,24	0,09	0,00	0,00	0,00
Cryptophyceae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cyanophyceae	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diatomophyceae	98,86	95,73	96,35	96,46	68,93	90,55
Dictyochophyceae	0,04	0,02	0,08	0,09	0,40	0,02
Dinophyceaee	0,76	2,86	3,13	2,91	22,99	8,55
Euglenophyceae	0,33	0,99	0,24	0,52	3,33	0,72
Prasinophyceae	0,00	0,13	0,08	0,00	0,76	0,15
Prymnesiophyceae	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00
Raphidophyceae	0,00	0,01	0,00	0,00	3,56	0,00

Selon les sites et les saisons

Les résultats sont issus d'analyses de variance du log (numération) selon les classes d'algues, les sites et les saisons (Figure15). Les deux sites pour lesquels la numération est la plus faible sont les sites du pertuis Breton et des bouchots d'Aiguillon. Parmi les 4 autres sites, la baie de Vilaine est bien le site estuarien où la numération est supérieure aux autres sites. Le deuxième site de plus forte numération algale est le site estuarien d'Yves (embouchure de la Charente) mais qui ne se distingue pas de façon significative du site d'Agon, pourtant très « marin ». La baie de Vilaine (Pont Mahé) a significativement plus de *Dinophyceae*. Les deux sites du pertuis Breton ont moins d'*Euglenophyceae* que les 4 autres sites. Sur tous les sites, les 4 classes d'algues suivent le même gradient (classement) sauf en baie de Vilaine (Pont Mahé) où la représentation des D*iatomophyceae* n'est pas significativement différente de celle des *Dinophyceaes*. Au printemps, mais surtout en été, il y a plus de *Dinophyceae* que durant l'automne ou l'hiver. Au printemps et en été, la numération algale est supérieure à celle de l'automne et de l'hiver. En hiver 2014, il y a significativement moins de numération algale sur le site des filières du pertuis Breton.

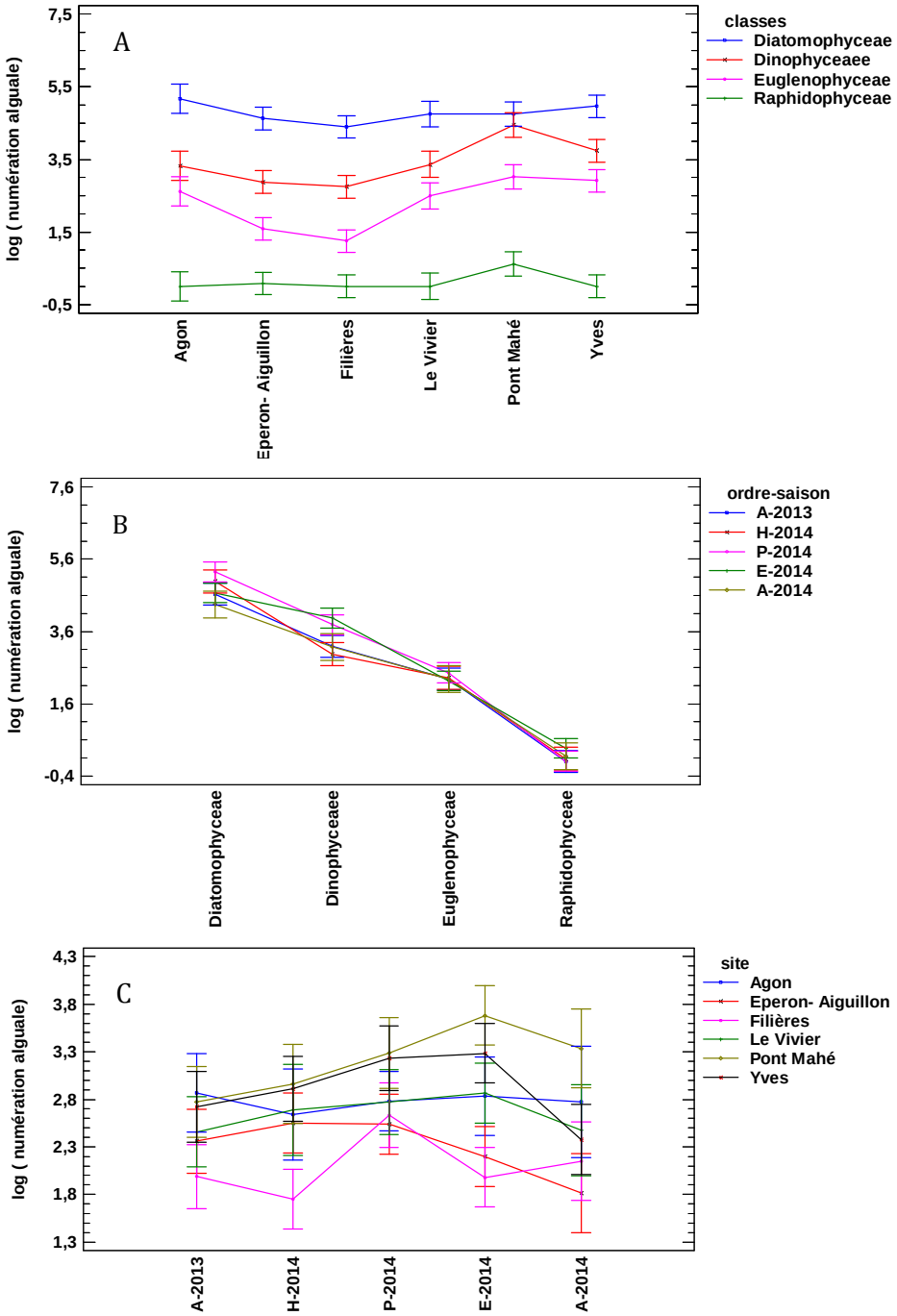


Figure15. Analyse de la variance de la numération algale, selon les sites et les classes d'algues (A), les classes d'algues et les saisons (B) et les sites et les saisons (C)

La biodiversité est variable selon la saison, avec plus d'espèces identifiées au printemps-été qu'en automne-hiver. Elle est variable également selon les sites, sans relation apparente avec leur caractère plus ou moins euryhalin. Quatre classes d'algues : *Diatomophyceae* (87,6%), *Dinophyceaee* (9,5%), *Euglenophyceae* (1,3%) et *Raphidophyceae* (1,0%) représentent 99,5 % des micros algues identifiées par le réseau REPHY. En 2014, les deux sites du pertuis Breton (filières et bouchots d'Aiguillon) sont les deux sites avec la numération la plus faible, avec, en particulier, moins d'euglenophycées. La baie de Vilaine est le site estuarien où la numération est supérieure aux autres sites, principalement du fait d'une plus grande abondance de dinophycées. En automne et en hiver 2014, il y a significativement moins de micro phytoplancton sur le site des filières du pertuis Breton ; moins de diatomées (surtout en automne 2013) et moins de dinophycées (surtout en hiver 2014).

SUIVI HISTOPATHOLOGIQUE

Des prélèvements pour analyse histologique ont été effectués pendant la période des mortalités dans les pertuis Charentais dans le cadre de REPAMO. Les prélèvements prévus pour caractériser une mortalité estivale semblable à celle enregistrée en 2012 ont été effectués en juin et en septembre sur l'ensemble des sites où les moules étaient disponibles. Bien qu'aucune mortalité estivale n'ait été observée en 2014 une analyse histopathologique a été effectué sur tous les sites, sur les échantillons du mois de septembre (et du mois de juin sur le site Filière).

Les lots analysés sont répertoriés dans la base REPAMO de la façon suivante :

1- *Mise à l'eau, naissain pertuis Breton, septembre 2013, n°*
2- *Filière – pertuis Breton, juin 2014, n° 2014FRX094*
3- *Aiguillon - pertuis Breton, septembre 2014, n° 2014FRX103*
4- *Yves - pertuis d'Antioche, septembre 2014, n° 2014FRX109*
5- *Pont Mahé - Sud Bretagne B de Vilaine, septembre 2014, n° 2014FRX108*
6- *Le Vivier - Nord Bretagne Baie du Mont Mont Saint-Michel, septembre 2014, n° 2014FRX104*
7- *Agon - Ouest Cotentin, septembre 2014, n° 2014FRX110*

Aucune présence de *Martelia* n'est identifiée sur l'ensemble des sites du réseau Mytilobs. La présence de sporocyste de Trématode est identifiée à un niveau très faible < 10% sur le site d'Agon ce qui reste anecdotique. A noter que dans le grand ensemble géographique Manche Ouest, des sporocystes de trématodes (20%) avaient été observés sur le site du Vivier en mars 2013. La présence de *Mytilicola intestinalis* est marquée sur l'ensemble des sites (Figure16). Mytilicola n'est pas un agent pathogène. L'indication de la simple « présence » n'est pas suffisante à elle seule pour mettre en danger les élevages. Toutefois, le nombre de copépodes présents dans le tube digestif de la moule peut poser problème. Les sites d'élevages sont référencés selon la présence des copépodes au mois de septembre (sauf Filière au mois de juin). La présence de *Mytilicola intestinalis* est notée sur tous les sites d'élevage suivis. Avec une prévalence importante supérieure à 50% sauf sur le site d'Agon (21%). Cette prévalence atteint 80% sur le site d'Yves. Une caractérisation particulière pourrait être portée sur ce site qui n'a pas, en 2014, une croissance à la hauteur de son potentiel (Soletchnik et al., 2013).

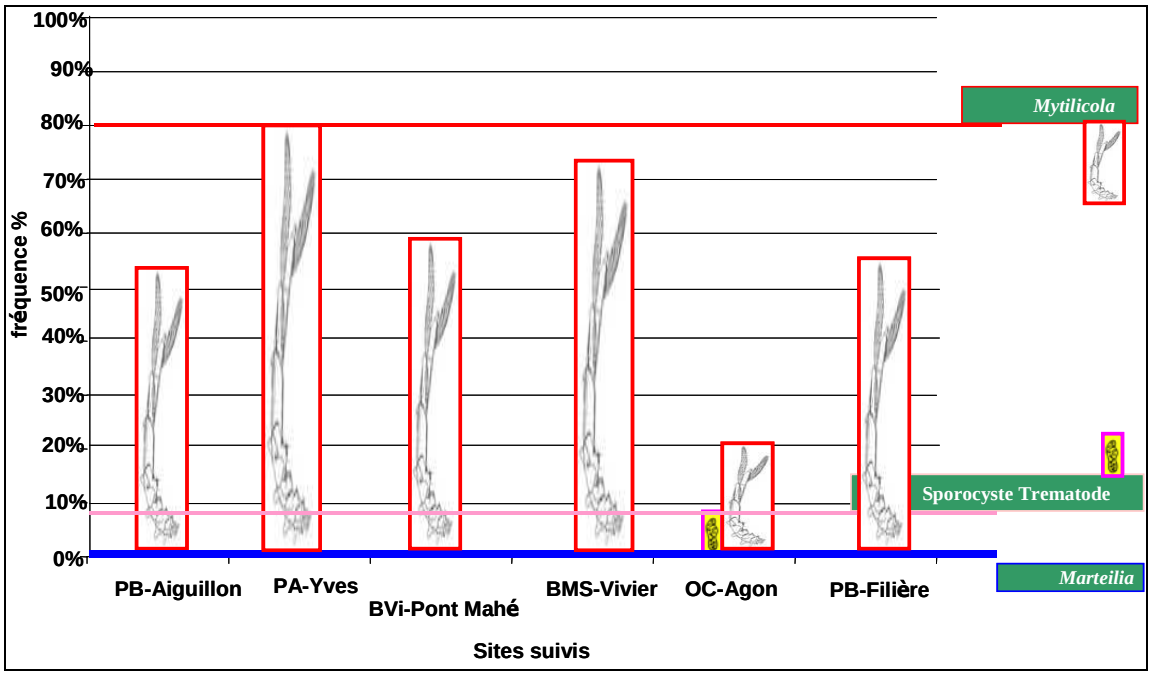


Figure16. Analyses histopathologiques : recherche de parasites. Représentation des constats sur les différents sites du réseau Mytilobs. Campagne 2014. La ligne bleue *Martelia* représente l'absence de ce parasite.

Les mortalités hiver-printemps des pertuis Charentais ont fait l'objet **d'analyses en bactériologie** et en histologie au travers les prélèvements du réseau REPAMO réalisés en mars et mai 2014 respectivement sur les sites

- 17 mars Les Ecluzeaux pertuis Breton n° 2014FRL015 (ZIR076)
- 19 mars baie d'Yves pertuis d'Antioche n° 2014FR020 (ZIR079)
- 20 mars Filières pertuis Breton n° 2014FRL018 (ZIR076)
- 28 mars Aiguillon - Eperon pertuis Breton n° 2014FRL025 (ZIR076)
- 28 mars Marsilly Passe Pelle pertuis Breton n° 2014FRL026 (ZIR076)
- 19 mai baie d'Yves pertuis d'Antioche n° 2014FR052 (ZIR079)

Les analyses bactériologiques ont permis de mettre en évidence une forte caractérisation de souches bactériennes du groupe *Vibrio Splendidus*. Associée à cette forte détection il a été observé des infiltrations hémocytaires dans différents tissus. Afin d'essayer de reproduire les mortalités observées sur le terrain, des essais d'infections expérimentales ont été menés en laboratoire. Différentes fractions de broyats de chairs issues de broyats de moules moribondes provenant des pertuis Charentais (protocole de Koch) ont été injectés à des moules saines. Des mortalités ont été observées 24h après injections pour la fraction inférieure à 8µm chez les moules mais pas chez les huîtres chez qui le test avait également été pratiqué. Une deuxième infection expérimentale a été réalisée à partir de ces chairs puis ont été réinjecté à des moules saines. Pour la deuxième fois, toutes les moules sont mortes 24 heures après l'injection, ce résultats suggère qu'il n'y a pas d'effet de dilution, et une hypothèse peut-être émise sur **l'implication d'un agent infectieux de type bactérien** car uniquement la fraction inférieure à 8µm tue les moules. L'implication virale est écartée car la fraction inférieure à 0,22µm n'induit pas de mortalité, l'infection parasitaire ou autre organisme détectable en microscopie est également écartée car les analyses histopathologiques se sont révélées négatives. Des expérimentations complémentaires sont menées en 2015 au LGPMM afin de mieux caractériser ses événements de mortalités exceptionnels sur les cheptels de moule en 2014 dans les Pertuis (Travers et al., 2014).

Un échantillonnage « préventif » de moules, réalisé par le réseau Mytilobs au cours du printemps – été 2014 a permis de rechercher d'éventuels parasites ou organismes pathogènes. Aucune présence de *Martelia* n'est retrouvée sur les moules, quels que soient les sites. Par contre, *Mytilicola intestinalis* est présent sur l'ensemble des sites. Les analyses bactériologiques (REPAMO) réalisées à partir de l'épisode de mortalité des pertuis charentais, concluent à la présence de bactéries de type *Vibrio splendidus*. L'implication d'un agent infectieux de type bactérien a été identifié dans les travaux de Travers (2014).

DISCUSSION AUTOUR DES MORTALITES MASSIVES DE MOULES DANS LES PERTUIS CHARENTAIS

Peu de travaux font référence à des mortalités massives de moules sur le littoral atlantique et plus particulièrement dans les pertuis Charentais. Brienne (1964) signale des mortalités importantes dans les années 1930, sans identifier les causes avec précision. Ses observations concernent des pertes enregistrées en baie de l'Aiguillon entre 1957 et 1962. Il met en cause un transfert en baie d'Aiguillon de moules provenant de la baie de Vilaine en 1957-1958 comme étant à l'origine de l'introduction du parasite *Mytilicolas Intestinalis.* Mais c'est probablement la pratique culturale du « clayonnage » des bouchots, en limitant la circulation de l'eau, qui a contribué au développement massif du parasite. Les mortalités engendrées suite à l'affaiblissement des animaux ont été très importantes. Environ 50% de la production du pertuis Breton est touché, soit 3000 à 3500 tonnes avec 80-90% de perte sur les secteurs de Marsilly Esnandes en 1960. En 1961 les mortalités atteignent 100% entre la pointe d'Arçay et la pointe de l'Aiguillon. En 2003 des mortalités importantes sont signalées (Robert et Le Moine, 2003). Les constats révèlent des pertes de l'ordre de 66% dans le secteur de Marsilly Esnandes (800 à 1200 tonnes) et de 43% dans les bouchots d'Yves (700 à 1100 tonnes). Ces disparitions sont consécutives à la canicule enregistrée en août 2003, avec des températures de l'eau de mer supérieures à 27°C dans certains secteurs de bouchots (Marsilly, Yves). Ces températures exceptionnellement élevées ont affaibli les moules, incapables alors de maintenir leur fonctionnalité d'attache par le byssus. En opposition le secteur de Boyard (environnement sableux, influence océanique) où la température de l'eau restait inférieure à 24°C, n'a pas subi de mortalité. En 2011 le déficit en nourriture, suite à une sécheresse, provoque des déficits de croissance (indices de chair de 15-20% au lieu des 24% attendus par la norme CCP24), et entraîne la disparition des moules de taille commerciale (>40mm) (Robert, 2011 ; Rodriguez, 2013).

ELEMENTS DE BIOLOGIE

La précocité de la maturation des moules sur les filières du pertuis Breton, en comparaison avec les bouchots d'Aiguillon a bien été montrée dans l'étude de la gamétogenèse réalisée en 2003-2004 dans le pertuis Breton (Robert et al., 2007). Ainsi, la technique d'élevage sur filières qui maintient les moules en immersion permanente singularise fortement cette pratique culturale (Garen et al., 2004). D'autres sites d'élevage sur filières existent dans le pertuis d'Antioche sur le site des filières de Chatellaillon et sur le site des Saumonards. Des mortalités ont eu lieu sur ces deux sites plus ou moins décalées dans le temps, mais jamais à des niveaux aussi élevées que sur les filières du pertuis Breton.

Selon Lubet (1959) les conditions favorables au déclenchement de la ponte commencent à partir de 10°C. Au-dessous de 8°C, il n'y a pas de déclenchement de ponte. A 18°C la ponte est réduite, au-dessus de 20°C la ponte est inhibée. Le seuil thermique de 10°C, favorable aux déclenchements des pontes, a été atteint dès le mois de janvier dans les pertuis Charentais ; par ailleurs, l'automne exceptionnellement chaud a également pu accélérer plus encore la maturation des moules sur les filières. Ainsi, au regard des résultats et des connaissances sur ce sujet, tout laisse à penser que des pontes précoces hivernales ont dû avoir lieu dans le secteur du pertuis Breton dès le mois de janvier 2014 et particulièrement sur les filières.

.

Le suivi des larves de moules dans le pertuis d'Antioche est réalisé par la CREAA (Bouquet et Geay, 2014). Il commence la dernière semaine de février sur le site de Boyard (Figure17). Les traces de « grosses larves » les deux dernières semaines de février soulignent la présence de pontes antérieures dont il est difficile de connaître l'origine et l'importance. La présence de « petites larves » est inférieure à la moyenne (2006-2013), mais constante tout au long du suivi entre la fin février et la fin juillet. Les grosses larves apparaissent au cours de la 2ème semaine de mars, à la même période que les précédentes années, à des niveaux équivalents voir légèrement supérieurs en quantité. Un pic de larves jeunes, observé la première semaine de juin, se situe dans la période de reprise des mortalités de moules entre le 26 mai et le 16 juin dans le pertuis d'Antioche (Figure **20**, 4).

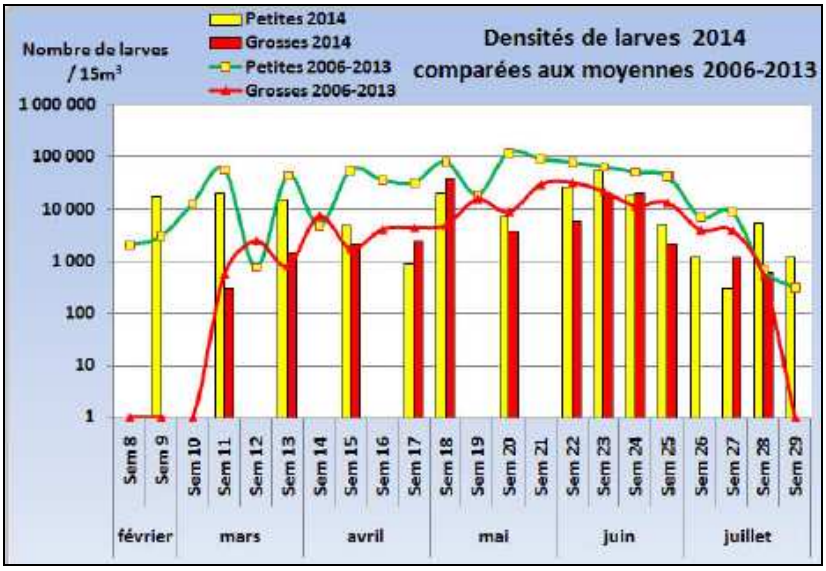


Figure17. Pêches de larves de moules (petites et grosses) sur le site de Boyard en 2014 (histogramme). Comparaison avec la moyenne pluri annuelle 2006-2013 (courbes) de la présence de larves de moules, petites et grosses (Bouquet et Geay, 2014).

Aux cours des différents prélèvements et suivi (REPAMO, Mytilobs, REMI) entre les mois de juin et de septembre, l'apparition de naissains dans un premier temps et leur développement par la suite n'ont été suivis d'aucun constat de mortalité. Le naissain s'est développé de manière abondante dans tous les secteurs des pertuis Charentais : pertuis Breton et pertuis d'Antioche. Les relevés du CREAA, confirment cette observation. Le captage 2014 (CREAA, site des Saumonards) est pléthorique (93000 juvéniles par mètre linéaire de corde de captage) au début mai (+58% par rapport aux moyennes de 2007 à 2013). Il est fortement régulé fin juillet par la disparition naturelle des naissains (-46%). La densité de captage tombe alors à un niveau de 17000 (par mètre de corde), inférieure à la moyenne des années précédentes. Les résultats de captage, dans le pertuis Breton, fin mai, sont inférieurs mais conformes aux résultats moyens obtenus sur le site des Saumonards dans le pertuis d'Antioche (Lay - Pointe de La Roche, Les Orses, 60000 ; Marsilly, 88000 ; Esnandes, 56000). La taille moyenne exceptionnelle des moules en pré grossissement compense alors et explique probablement la perte de naissain sur les cordes de captage. Aucune anomalie n'a été observée dans la succession des cohortes de moules au cours de l'hiver-printemps 2014 dans le pertuis d'Antioche (Bouquet et Geay, 2014). De même aucune mortalité n'a été constatée sur le naissain de moule dans les pertuis Charentais lors des observations réalisées concomitamment avec les sorties des réseaux : Mytilobs, REPAMO, REPHY entre mai et décembre 2014. Les numérations de captage 2014 réalisées par le

CREAA dans les pertuis d'Antioche et Breton confirment un captage équivalent dans les deux pertuis. La production de larves et le captage de moules ne semblent pas avoir été affectés par les mortalités d'adultes bien que celles-ci aient présenté un caractère infectieux. Ces résultats laissent entendre que les juvéniles ont été épargnés par les mortalités, et confortent donc l'implication d'une fragilisation liée à la maturation des adultes comme cofacteur des mortalités survenues en hiver 2014

Ainsi, au regard des conditions de température spécialement élevées sur les filières du pertuis Breton durant l'hiver 2014, et sachant que cette technique d'élevage induit une précocité de maturation par rapport à la technique d'élevage sur bouchots, on peut émettre l'**hypothèse de pontes précoces** dès le mois de janvier sur les filières du pertuis Breton. Des pontes de moules sont enregistrées en mi février (début du suivi larvaire du Creaa) dans les pertuis Charentais. Un pic de larves jeunes, la première semaine de juin, situe une ponte durant la période de **reprise** des mortalités de moules dans le pertuis d'Antioche (entre le 26 mai et le 16 juin).

Les numérations de **captage 2014** réalisé par le CREAA dans les pertuis d'Antioche et Breton confirment un captage équivalent dans les deux pertuis. La taille moyenne exceptionnelle des moules en pré grossissement compense alors et explique probablement la perte de naissain sur les cordes de captage.

Aucune anomalie n'a été observée dans la succession des cohortes de moules au cours de l'hiver-printemps 2014 dans le pertuis d'Antioche. La production de larves et le captage de moules ne semblent pas avoir été affectés par les mortalités d'adultes bien que celles-ci aient présenté un caractère infectieux.

Ces résultats laissent entendre que les larves et juvéniles ont été épargnés par les mortalités, et **confortent donc l'implication de la maturation des adultes comme cofacteur des mortalités survenues en hiver 2014**.

CONDITIONS HYDROCLIMATIQUES DE L'HIVER 2014

L'hiver 2014 est caractérisé par des **températures** moyennes de l'eau comprises entre 8,7°C à 10,2°C selon les sites du réseau et entre 10 et 10,2°C dans les pertuis Charentais. Ces températures sont supérieures de 2°C à la médiane de ces 23 dernières années (1991-2014) dans les pertuis Charentais (Polsenaere et al., 2015). Pendant l'hiver 2014 (Tableau 3) les périodes de **vents** forts supérieurs à 14m s^{-1} (50 km/h, force 7) ont été très soutenues. Les 8 premières semaines de l'année entre le 1er janvier et 21 février ont ainsi été perturbées par des vents de secteurs Ouest (Sud-Ouest et Nord-Ouest). Les tempêtes ont généré dans le même temps des **houles** importantes (amplitude supérieure à 1,8 m sur le site Filière) durant toute cette même période. Les fortes précipitations enregistrées pendant cette période ont entraîné des **débits** rarement atteints par les fleuves, ces dernières années dans les pertuis Charentais (Polsenaere et al., 2015). Ces conditions hydro climatiques d'hiver doux et pluvieux caractérisent un **régime climatique général de type NAO+** (doux et pluvieux) (Cassou, 2004). Très marqué positivement en automne 2013 (indice = 1,13) et hiver 2014 (indice = 2,13) (Hurel, 2014), il a conduit à singulariser le secteur des pertuis Charentais, et en particulier le pertuis Breton par des températures supérieures de 1-2 °C, en hiver 2014, à celle des autres sites du réseau Mytilobs. L'agitation importante des masses d'eau, les dessalures circadiennes (au cours de la marée) ont pu également contribuer à augmenter le stress subi par les moules. Le franchissement d'une température de 10°C pendant 20 jours a pu induire des pontes précoces, en janvier dans ce pertuis, plus encore sur les filières où la technique d'élevage facilite croissance et maturation.

Tableau 3. Conditions météorologiques de vents (force > 14 m/s et direction) et de houle significative (> 1,6 m) dans le secteur des pertuis Charentais

années	2013				2014													
mois	décembre				janvier					février				mars				
semaine	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Vent> 14m s^{-1}																		
Direction principale			SW	SW	SW	SW/ NW	SW	NW	SW/ NW	SW/ NW	SW/ NW	SW/ NW		SW/ NW			NW	
Houle amplitude moyenne >1,6 m																		

Au niveau de la façade atlantique, les **turbidités** n'ont jamais atteint ces 17 dernières années celles des mois de février et de mars 2014 (Gohin, 2015, sous presse). Ces conditions environnementales très particulières ont pu entraîner des **désordres physiologiques** sur les moules, du fait des fortes charges particulaires inorganiques (particules argileuses) qui, en colmatant les branchies, réduisent les capacités d'ingestion des moules (Bayne, 1976). L'animal s'épuise à éliminer la forte présence de matière minérale en suspension (Barille et al., 1997). La fabrication du mucus, nécessaire à l'élimination des particules est également consommatrice d'énergie et peut contribuer à l'affaiblissement des moules. Le site Filière qui a vu son indice chuter de 154,4 à 133,4 est celui qui a été impacté en premier. Toutefois, le site des filières du pertuis Breton n'est pas le site le plus exposé à la remise en suspension particulaire (Polsenaere, in prep.).

Le cumul des indices NAO mensuels [automne 2013- hiver 2014] est le troisième plus fort cumul depuis 1865 (Hurel, 2014). Ce résultat montre combien, à l'échelle de la façade atlantique cet automne hiver a été typé « doux et humide » avec une forte influence de vents d'Ouest.

HYPOTHESES SUR LA PROPAGATION DES MORTALITES (PRATIQUES CULTURALES ET HYDRODYNAMISME)

En 2014 le dispositif mis en place dans le réseau Mytilobs permet de conforter et de compléter l'expertise réalisée jusqu'alors (Soletchnik et al., 2014, Polsenaere et al., 2014 ; Bechemin et al., 2014 , 2015). Les mortalités massives (30% à 100%) sont apparues dans les pertuis Charentais. L'émergence a eu lieu dans le pertuis Breton. Enregistrée mi-mars dans le réseau MYTILOBS sur Filière (21%), la première manifestation de cette mortalité a été faite à la $DDTM_{17}$ en février 2014 à partir d'observation de mortalité de moules sauvages (stock très limité) à Loix en Ré (pointe du Grouin). La mortalité, enregistrée dans Mytilobs, dans la partie océanique du pertuis Breton, s'est propagée ensuite vers le Sud–Est, sur les bouchots d'Aiguillon (8% de mortalité) entre mars et juin. Le schéma de propagation est conforme aux constats de l'expertise réalisée au cours du printemps 2014 (Soletchnik et al., 2014 Polsenaere et al.,2015). L'évolution de la mortalité dans le pertuis Breton pourrait avoir été limitée, dans un premier temps par une **barrière hydrodynamique liée au Lay et à la Sèvre Niortaise** dont les panaches ont pu contribuer à repousser des sites de bouchots de l'Aiguillon, et plus encore de Marsilly, une contamination en provenance du secteur Ouest des filières du pertuis Breton (exemple d'illustration le 26 février 2014, Figure 18). Cette hypothèse est en accord avec les simulations hydrodynamiques qui prennent en compte les débits des fleuves et les vents réels de l'hiver 2014 (Polsenaere, 2014, 2015). Ainsi les secteurs, plus à l'Est du pertuis Breton auraient été touchés plus tardivement (fin mars) par l'épisode de mortalités massives du fait de cette « protection ». Par contre, les sites Roulières et de Belle Henriette, situés au Nord-est du pertuis Breton, moins « protégés » par les panaches des fleuves internes au pertuis, ont connu des mortalités quasiment concomitantes à celles de la zone Filière. Cette protection n'a été

que temporaire car les mortalités sont devenues presque totales entre avril et juin (Filière 98% et Aiguillon 96%).

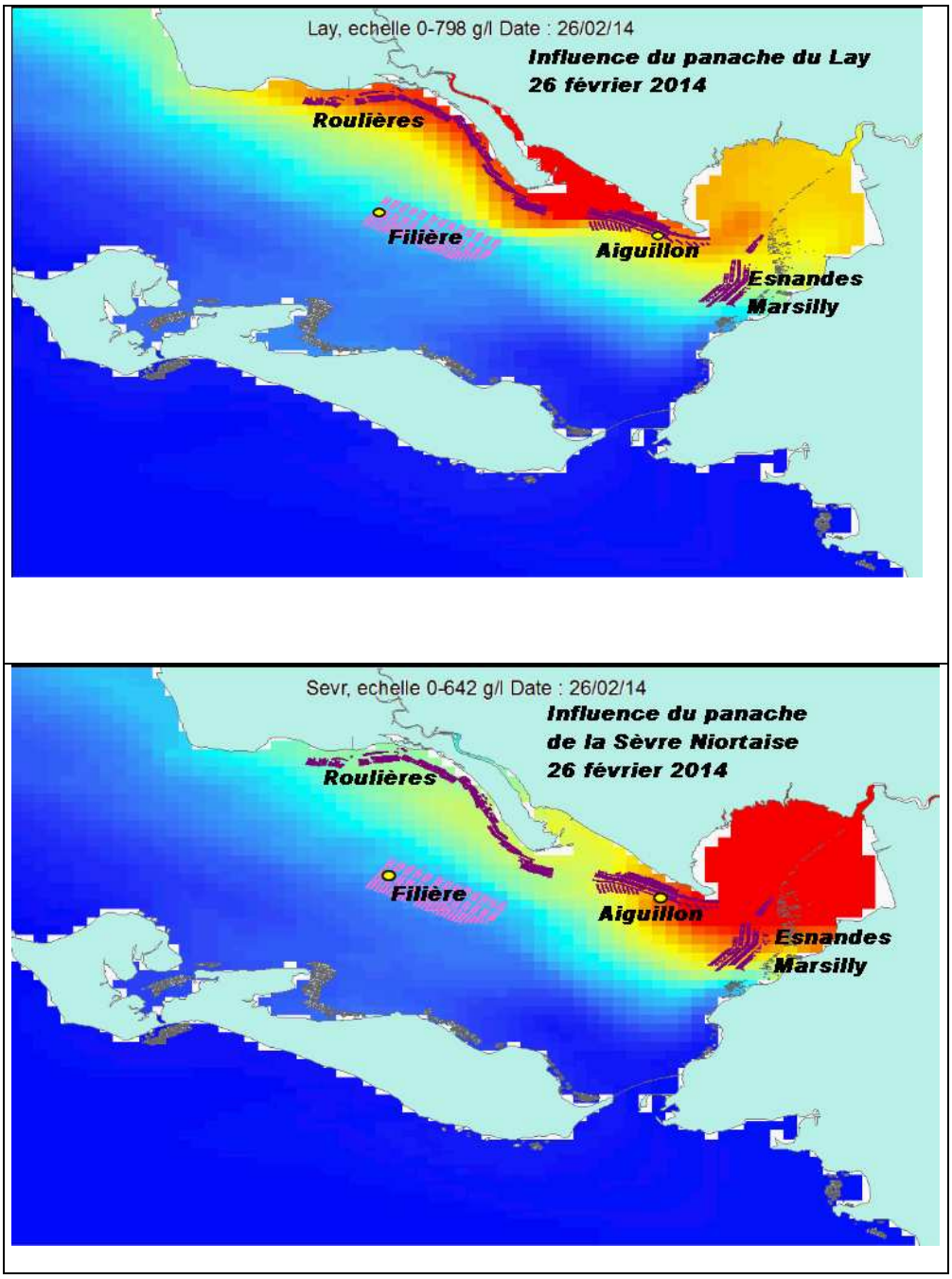


Figure18. Présentation des panaches du Lay et de la Sèvre sur les zones Mytilicoles du pertuis Breton, le 26 février 2014 (données LERPC / O. Le Moine).

Le modèle hydrodynamique (MARS-Pertuis Charentais) a permis de simuler la diffusion d'une contamination (Polsaenere et al., 2014, 2015). La propagation des mortalités fait bien penser à l'expression d'une transmission de maladie et non à l'apparition d'un phénomène de mortalité sous l'impact des eaux continentales ou comme conséquence d'un épisode phycotoxique. Aucune algue toxique connue n'a par ailleurs été identifiée durant cette épisode de mortalité de moules au cours de l'hiver 2014 (Bechemin et al., 2014). La diffusion des mortalités, du pertuis Breton vers le pertuis d'Antioche s'est ensuite produite de manière décalée et atténuée dans le temps. Les 44% de mortalité

enregistré dans le réseau, sur Yves, fin juin, et 67% fin décembre seraient les conséquences de cette évolution. Dans le même temps les déclarations de mortalités en provenance des professionnels sont très limitées sur le site de Boyard probablement protégé d'un point de vue hydrodynamique durant cette période.

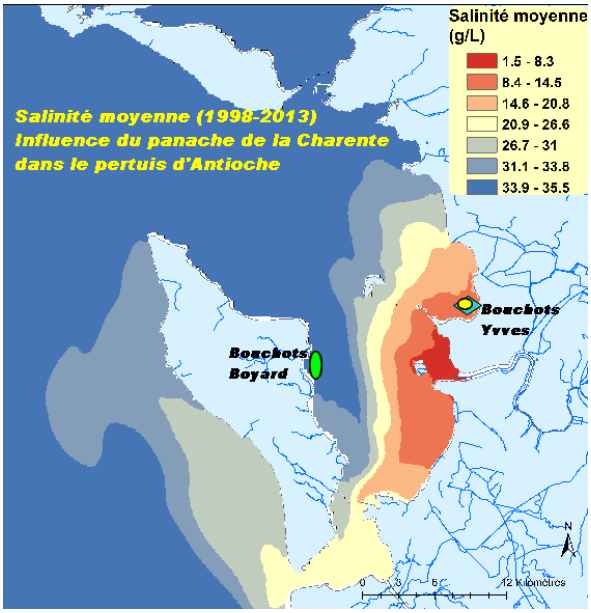


Figure 19. Influence de la Charente dans le pertuis d'Antioche ; salinité moyenne (1998-2013)

Ainsi la compréhension de la propagation de la mortalité du Pertuis Breton vers le pertuis d'Antioche a pu se faire grâce aux courants et aux relais infectieux des biomasses de moules en élevage, touchées par les mortalités. Le « réacteur biologique » des moules décimées sur les filières du pertuis Breton en hiver 2014 (4000 à 4500 tonnes), est très certainement à l'origine de cette dispersion, relayée de proche en proche entre mars et juin 2014 (Figure 20). Cette représentation, au-delà des constats des $DDTM_{17,85}$ (Bechemin et al., 2014, 2015) prend en compte des constats complémentaires (Mytilobs, Repamo et professionnels). L'évolution progressive de la mortalité vers le Sud (Figure **20**, 1, 2, 3, Annexe 7) devra être précisée grâce aux travaux en cours dans le projet de Recherche « MORBLEU » (Le Moine, com per.). La Figure 20 (4) constitue une synthèse des mortalités de moules à la fin du printemps 2014. Elle montre la décroissance des mortalités du Nord du pertuis Breton (Filières 90-100%, Ecluzeaux – Roulières 90-100%) vers le Sud-Est de ce pertuis (Aiguillon 70-90%, Marsilly – Esnandes 60%) puis dans le pertuis d'Antioche à proximité du goulet entre La Rochelle et l'île de Ré (Pointe du Chay sur des moules sauvages 100%) où il n'y a pas eu de protection dynamique des panaches des rivières*)* puis vers le Sud–Est du pertuis d'Antioche (Yves 47%, Aix 37%) avec une barrière relative du panache de la Charente (La Mouclière 18%) et un isolement dynamique du site des filières des Saumonards (21%) et des bouchots de Boyard (17%). Ces scénarii évoqués devront être précisés par l'étude de connectivité des pertuis du projet Morbleu (2015).

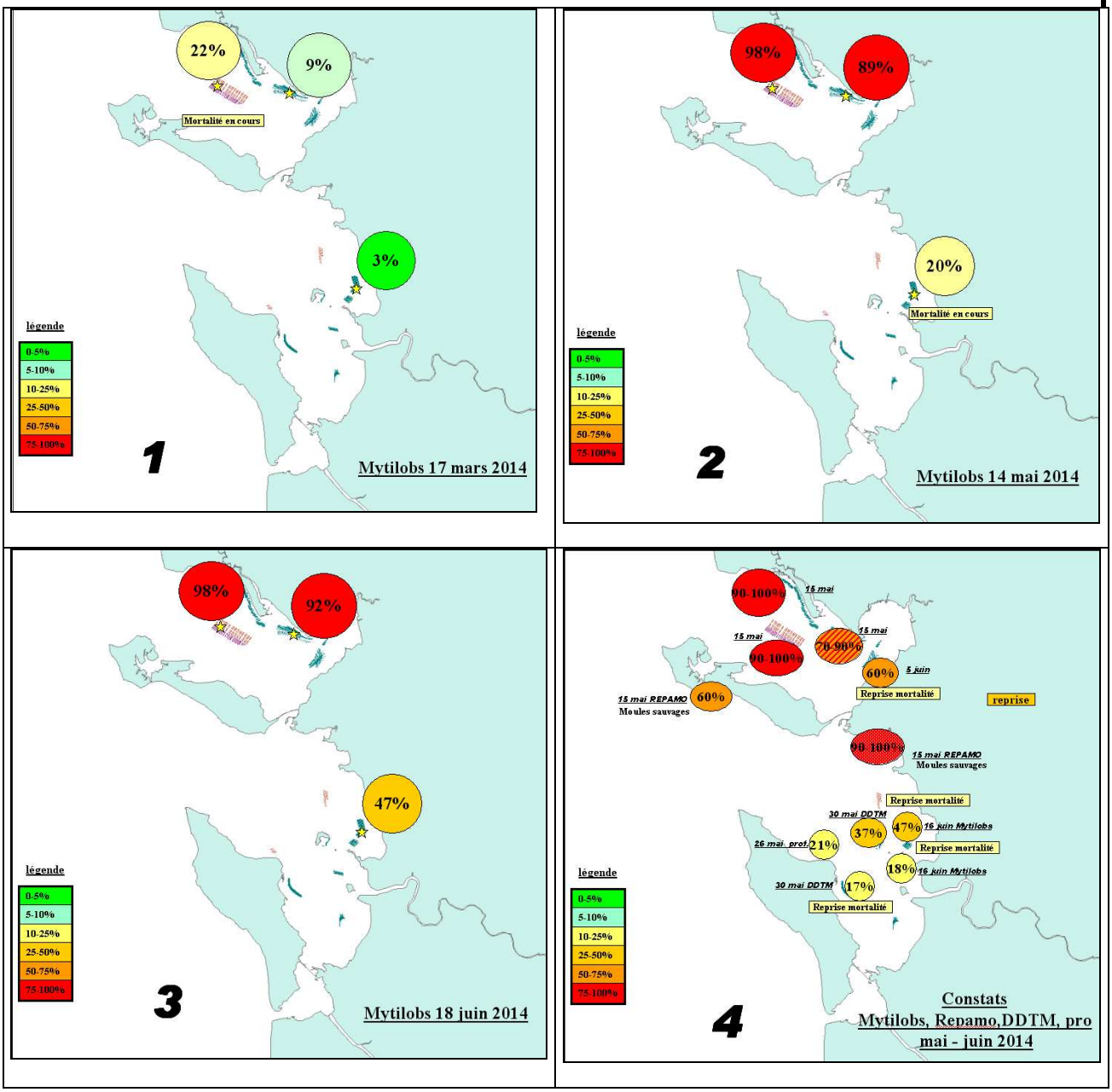


Figure 20. Evolution de la mortalité cumulée des moules dans les pertuis Charentais en mars, mai et juin, au travers les observations du réseau Mytilobs et des constats réalisés aux cours des sorties complémentaires entre mai et juin 2014.

En mytiliculture, la période hivernale pendant laquelle la croissance des moules est ralentie est une période de faible activité sur les sites (Annexe 6). Au début et pendant la période de fortes mortalités de moules dans le pertuis Breton, aucun transfert de cheptel n'a eu lieu. L'élevage sur bouchot ne permet pas le déplacement de cheptels. La profession a « subi » la mortalité sans alternative et sans possibilité de transfert de cheptel (comme ce peut être le cas en ostréiculture).

Les mortalités de moules de l'hiver 2014 ont émergé dans le secteur Est à Sud-Est du Pertuis Breton pendant les périodes de tempêtes et coups de vent forts de mi-février à début mars 2014. Elles pourraient avoir été contenues dans un premier temps au Nord-est du pertuis Breton par les barrières dynamiques des panaches du Lay et à la Sèvre Niortaise. Dans un deuxième temps (fin du mois de mars) les mortalités se sont propagées sur l'Est du pertuis Breton. Probablement à partir des foyers infectieux, cette mortalité a ensuite gagné les sites mytilicoles du pertuis d'Antioche, au cours du printemps 2014 (avril à juin) et selon un gradient d'intensité décroissante. D'un point de vue épidémiologique, la propagation des mortalités fait bien penser à une transmission de maladie et non à l'apparition d'un phénomène de mortalité sous influence de contaminants en provenance des eaux continentales (fleuves), ou conséquence d'un épisode phycotoxique.

Au cours de l'hiver, il n'y a pas de transfert de naissains de moules vers les autres régions d'élevage. Ceux-ci ont lieu autour de la période de fin-avril à début mai (selon les années).

CONCLUSION

Le réseau Mytilobs (**OBS**ervatoire de la moule bleue **MYTIL**us edulis) élargit sa représentation nationale pour la campagne 2014, en intégrant La Normandie aux principales régions mytilicoles du littoral atlantique : Bretagne Nord, Bretagne Sud, Pays de Loire et Poitou-Charentes. La technique d'élevage sur bouchot intègre les sites d'Agon (Ouest Cotentin), du Vivier (baie du Mont Saint-Michel), de Pont Mahé (baie de Vilaine), de l'aiguillon (pertuis Breton), d'Yves (pertuis d'Antioche). Un seul site (Filière, pertuis Breton) représente l'élevage sur filières. L'adaptation aux stratégies d'élevage régional a conduit à une mise à l'eau plus précoce en septembre 2013 d'un lot de moules calibrées (23,97 +/- 0,7mm), captées sur corde (pertuis Breton). Les prélèvements sont saisonniers : automne (décembre 2013), hiver (mars 2014), printemps (juin), été (septembre), automne (décembre). La mortalité est évaluée sur l'ensemble des poches présentes à chaque visite saisonnière. Le protocole de biométrie reste inchangé. Les fortes mortalités de moules durant l'hiver–printemps, apparues dans les pertuis Charentais, ont limité les comparaisons régionales à causes des disparitions de cheptels.

La **taille commerciale** de 40 mm est atteinte, en fin de période estivale (septembre), sur les sites non impactés par les mortalités : Bretagne Sud (Pont Mahé), Bretagne Nord (Vivier) et Normandie (Agon). A la même période, en Pays de Loire (Aiguillon), les moules n'ont pas rattrapé l'**absence de croissance hivernale** (longueur de 37 mm). Les moules en Poitou-Charentes (Yves), encore sous l'effet du phénomène de mortalités massives du mois de juin, ont une longueur encore inférieure (34,1 mm). L'**Indice commercial de Laurence et Scott** (STG100) est atteint dès le mois de juin pour les sites Nord du réseau (baie de Vilaine, baie du Mont Saint-Michel, Ouest Cotentin). L'AOP moule de la baie du Mont Saint-Michel (120) est atteinte en période estival (juin – septembre) sur le Vivier. Le « label rouge » : moules de cordes (160) n'a pas été obtenu cette année à cause des mortalités qui ont totalement décimé ce produit attendu dans le pertuis Breton.

Les **croissances en longueur** sont très impactées en hiver sur l'ensemble des sites estuariens de l'Aiguillon, Yves et Pont Mahé contrairement aux sites océaniques (Vivier, Agon). Les moules croissent normalement au printemps (4.17 – 6,96 mm) et en été (3,76 – 9,41 mm). La croissance automnale 2014 est réduite sur tous les sites (1,55 – 3,14mm). Des arrêts ou de très faibles croissances sont mesurés en hiver sur Aiguillon, Filière et Yves et au printemps sur Yves. Elles marquent une "souffrance physiologique" plus importante sur ces sites durant ces périodes. Ces observations se confirment par l'évolution des **poids secs de chair** sur ces mêmes sites de bouchots des pertuis Charentais (Aiguillon, Yves) où les moules perdent 20 à 30% de leur masse en hiver. Les indices de qualité (Walne et Mann) hivernaux des moules des pertuis Charentais (Aiguillon, 78,3 et Yves, 72,3) sont parmi les plus faibles enregistrés depuis 2000[9] dans les pertuis. Les trois années comparables avec des indices aussi bas (64 à 80) sont : 2003, 2007, 2008. D'une manière générale les indices évoluent selon les saisons ; plus bas en hiver et en automne, période de maturation, ils sont plus élevés au printemps et en été alors que l'animal stocke du glycogène en prévision du développement gonadique. En dehors des pertuis Charentais les croissances printanière et estivale sont bonnes et représentent en moyenne + 26 et + 30% de gain de poids sur le cycle d'élevage.

Des mortalités massives totalement inhabituelles ont été enregistrées dans le réseau Mytilobs autour de la mi-mars, dans les filières du pertuis Breton. Elles se sont développées graduellement dans le Nord du pertuis Breton pour s'étendre dans l'ensemble du pertuis et diffuser vers le pertuis d'Antioche dans le Sud. De « nouvelles » mortalités sont apparues courant juin dans le Sud du pertuis

[9] Remoula de 2000 à 2011, puis Mytilobs à partir de 2012-2013

Breton (Marsilly) et dans le Sud du pertuis d'Antioche (Yves- Aix) puis Boyard. Les mortalités enregistrées dans les nouveaux secteurs géographiques sont moins fortes (30 à 50% de mortalité) que dans les zones d'émergence du phénomène en mars avril (90 à 100%). L'hypothèse d'un lien avec l'état de maturation de la moule est soulevée. La moule est en **maturation** jusqu'à mi-mai. Par la suite, la physiologie s'oriente vers un stade de repos sexuel et de stockage du glycogène. La fragilité de l'huître *Crassostrea gigas* aux infections bactériennes a été étudiée, en particulier entre 2002 et 2006 dans le programme Morest (Samain et Mc Combie, 2007). La reproduction est sans conteste une période de risques accrus pour les mollusques marins. Durant la maturation, les capacités de défense immunitaire diminuent (Lambert et al., in Samain, 2007). La contamination par les organismes pathogènes est favorisée en période de ponte (Nicolas et al., in Samain, 2007). La spécificité d'immersion permanente des moules de Filière a probablement permis le déclenchement de pontes en hiver 2014, à une période où la ressource trophique n'était pas particulièrement forte, et son accès peu facile (turbidité). Pendant cette période, a pu s'ouvrir une fenêtre d'opportunité de contaminations des moules par des organismes pathogènes. L'observation d'un captage pléthorique et le constat de l'absence de mortalités des naissains durant leur développement entre mai et décembre 2014, **confortent l'hypothèse de l'implication de la maturation et de la ponte dans le processus ayant conduit aux mortalités massives de l'hiver 2014.**

Sur le plan climatique, l'automne 2013 et l'hiver 2014 sont caractérisés par un indice NAO+ de type « doux et pluvieux » qui classe cette période au 3ème rang des plus forts indices depuis 150 ans (d'après Hurrell, 2014). La pluviométrie de l'hiver 2014, à l'échelle de la France, est la plus excédentaire depuis 1954 (Météo France). Cette situation météorologique bien particulière a été accompagnée par des tempêtes et coups de vent à répétition sur la côte atlantique. Ces facteurs conjugués, évalués en partie seulement, grâce aux mesures en continu de température et de salinité du réseau Mytilobs, ont probablement eu des effets contrastés selon les spécificités géographiques de chacun des sites (position géographique Nord-Sud, exposition au vent et houles, …), pouvant expliquer certaines différences de performances zootechniques obtenues sur les sites du réseau. Les zones estuariennes : baie de Vilaine, pertuis Breton et pertuis d'Antioche ont été impactées par des dessalures importantes qui ont pu atteindre 15 (moyenne journalière) en baie de Vilaine sur une courte période (moins de 4 jours) en février, sans qu'aucune mortalité ne soit relevée sur ce site. Les sites d'Agon et du Vivier en Manche Ouest confirment leur classement océanique (salinité 33-35). Les **températures** moyennes sont comprises entre 8,7 et 21,3°C selon les sites et les saisons. Les sites situés à proximité des grandes vasières bénéficient d'un réchauffement de l'eau plus important en été. Ainsi, dans les pertuis, Yves (vasières) a connu 90 jours de température supérieure à 20°C et l'Aiguillon, seulement 83 (site sableux). En Manche Ouest, le Vivier (vasières) en enregistre 50 et Agon seulement 28. Les pertuis Charentais situés plus au Sud sur la façade atlantique ont connu des températures voisines de 10°C en janvier 2014, pendant 20 jours. Des températures aussi élevées n'ont pas été mesurées sur les autres sites du réseau. Ces températures sont propices à l'activation de la maturation et de la ponte. La **turbidité,** à l'échelle de la façade atlantique a atteint des niveaux record en février-mars 2014 (Gohin et al., 2015). L'estimation spatio temporelle précise des mortalités, réalisée dans le cadre de la présente étude, pour l'ensemble des pertuis, montre comment les panaches des fleuves internes aux pertuis ont pu constituer des barrières hydrographiques, dynamiques, expliquant la spatialisation des mortalités.

L'évolution du phytoplancton est très saisonnière sur tous les sites. Sur chacun des sites, en hiver 2014, les concentrations en microalgues sont moins importantes. Un premier bloom printanier de diatomées (> 100 000 cellules) est enregistré fin mars sur tous les sites. Les fluctuations sont importantes en été avec de nouveaux blooms dans toutes les régions. Sur les deux automnes 2013 et 2014 les niveaux sont différents à l'avantage de 2013, mais annonce la chute des numérations d'algues enregistrées en hiver. La classe des *Diatomophyceae* est plus présentée sur tous les sites sauf sur Pont Mahé ou les *Dinophyceae* prennent l'avantage en été. D'une manière générale, les *Dynophyceae* sont plus présentes dans les zones estuariennes du Sud à partir de Pont Mahé.

Par l'étude des traits de vie d'une même population de moules distribuée sur la côte atlantique dans les principales régions mytilicoles françaises, **le réseau Mytilobs complète et renforce l'expertise sur les mortalités massives de moules, engagée en 2014** (Bechemin et al., 2014, Polsaenere et al., 2014, 2015 ; Soletchnik et al., 2014). L'expertise environnementale conduite en 2014 a bien caractérisé les apports conséquents en provenance des fleuves durant l'hiver 2014. L'étude Mytilobs montre que le secteur des filières (pertuis Breton) présente des conditions de dessalure « intermédiaire » entre les sites « océaniques » et le site estuarien de la baie de Vilaine où aucune mortalité exceptionnelle n'a été mesurée en 2014. Ces résultats montrent que les dessalures et les apports ne permettent pas d'expliquer les mortalités massives de l'hiver 2014. Le réseau Mytilobs met en évidence un « affaiblissement physiologique » des populations de moules soumises aux fortes turbidités littorales.

Ces mortalités massives ont généré un premier travail d'expertise en environnement (Bechemin et al ., 2014, Polsenaere et al., 2015) et en bactériologie (Travers et al., 2014 , Bechemin et al. 2015). L'origine, la cause et la sensibilité de ces mortalités ne sont pas totalement connues. La compréhension de leur émergence doit être approfondie et une réflexion sur les actions à mener, par des approches complémentaires, doit avoir lieu. En 2015, le réseau Mytilobs s'engage dans un renforcement du suivi des cheptels, avec un pas d'observation plus séré, étendu du trimestre au mois. Des prélèvements systématiques sont réalisés pour chaque sortie et sur chaque site : prélèvements de moules cryopréservés pour analyses bactériologiques ou physiologiques et prélèvements pour analyses en histopathologie. L'observation de l'environnement : température, salinité et phytoplancton se poursuit. En cas de mortalités, le réseau donne priorité à une intervention réactive pour les échantillonnages à des fins d'analyses pathologiques. Un travail de recherche s'adosse au réseau national Mytilobs : le projet Morbleu. Dans les pertuis Charentais, et sur le plan environnemental, il vise à préciser la qualité du milieu pour un ensemble de paramètres hydrologiques (dont métaux lourds, contaminants, …), avant, pendant et après les mortalités (au cas ou celles-ci réapparaitraient en 2015). Le projet envisage également d'approfondir l'étude hydrodynamique engagée en 2014, et de l'étendre au pertuis d'Antioche, en lien avec les agents infectieux mis en causes et la dispersion spatiale des mortalités.

LISTES DES FIGURES ET TABLEAUX

Liste des Figures

Figure 1. Principaux secteurs d'élevage de la moule bleue (*Mytilus edulis*) sur la côte atlantique. 8

Figure 2. Pieu de bouchot avec paniers de suivi. 9

Figure 3. Présentation des sites (étoile) du réseau Mytilobs et du point de suivi phytoplanctonique (rond vert). (A) Agon, Ouest Cotentin (Normandie) ; (B) Vivier sur Mer, baie du Mont Saint-Michel (Bretagne Nord); (C) Pont Mahé, en baie de Vilaine (Bretagne Sud); (D) Aiguillon, Pertuis Breton (Pays de Loire) - Yves, Pertuis d'Antioche (Poitou-Charentes) - Filière, Pertuis Breton (Poitou-Charentes). 11

Figure 4. Gain saisonnier en longueur sur les sites d'élevage, automne 2013. 17

Figure 5. Evolution du poids sec de chair de la moule bleue (*Mytilus edulis*) sur cinq régions du littoral atlantique. 18

Figure 6. Evolution de l'indice de Lawrence et Scott (1000* poids de chair sèche/ (poids entier - poids de coquille) 19

Figure 7. Evolution de l'indice de Walne et Mann de la moule bleue (*Mytilus edulis*) sur cinq régions du littoral atlantique (1000* poids de chair sèche / poids de coquille sèche). 20

Figure 8. Evolution de la mortalité de la moule (*Mytilus edulis*) sur cinq régions du littoral atlantique 21

Figure 9. Mortalité des moules du réseau Mytilobs en 2014 22

Figure10. Température saisonnière moyenne sur les 6 sites de l'étude durant la campagne Mytilobs 2014 23

Figure 11. Evolution de la température et de la salinité sur les sites suivis dans les cinq régions du littoral atlantique. Les mesures de salinité (carré jaune) et de température (carré rouge) sont mesurées sur les mêmes sites dans le cadre du réseau REPHY 24

Figure 12. Salinité saisonnière moyenne sur les 6 sites de l'étude durant la campagne Mytilobs 2014 26

Figure 13. Evolution de la flore phytoplanctonique totale, *Diatomophyceae*, *Dinophycea*, *Euglénohyceae* (log du nombre de cellules) sur les sites de cinq régions du littoral atlantique (réseau Mytilobs 2014). 28

Figure 14. Analyse de la variance de la diversité phytoplanctonique (nombre de taxons), selon les sites et les saisons 29

Figure15. Analyse de la variance de la numération algale, selon les sites et les classes d'algues (A), les classes d'algues et les saisons (B) et les sites et les saisons (C) 31

Figure16. Analyses histopathologiques : recherche de parasites. Représentation des constats sur les différents sites du réseau Mytilobs. Campagne 2014. 33

Figure17. Pêches de larves de moules (petites et grosses) sur le site de Boyard en 2014 (histogramme). Comparaison avec la moyenne pluri annuelle 2006-2013 (courbes) de la présence de larves de moules, petites et grosses (Bouquet et Geay, 2014). 36

Figure18. Présentation des PANACHES du Lay et de la Sèvre sur les zones Mytilicoles du pertuis Breton, le 26 février 2014 (données LERPC / O. Le Moine). 39

Figure 19. Influence de la Charente dans le pertuis d'Antioche ; salinité moyenne (1998-2013) 40

Figure20. Evolution de la mortalité des moules dans les pertuis Charentais en mars, mai et juin, au travers les observations du réseau Mytilobs et des constats réalisés aux cours des sorties complémentaires entre mai et juin 2014. 41

Liste des Tableaux

Tableau1. Planning des actions Mytilobs en 2014. 12

Tableau 2. Représentation des classes d'algues identifiées sur les sites du réseau Mytilobs en nombre (partie haute du Tableau) et en % (partie basse). 30

Tableau 3. Conditions météorologiques de vents (force > 14 m/s et direction) et de houle significative (> 1,6 m) dans le secteur des pertuis Charentais 38

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agreste (2014). Recensement de la conchyliculture 2012. Agrest Primeur, 316.

Anonyme (1991). Fiches descriptives d'élevage des principales espèces marines d'intérêt aquacole en France. IFREMER, Direction des Ressources Vivantes.

Barille, L., Prou J., Heral M. et Razet D. (1997). Effects of high natural seston concentrations on the feeding, selection, and absorption of the oyster *Crassostrea gigas*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 212, 149-172.

Bayne B.L. (1976). Marine mussels, their ecology and physiologie. Cambridge University Press, London.

Bechemin C. et al. (2014). Surmortalités de la moule bleue *Mytilus edulis* dans les Pertuis Charentais (mars 2014). http://archimer.ifremer.fr/doc/00229/34022/.

Bechemin C. et al. (2015). Episodes de mortalité massive de moules bleues observés en 2014 dans les Pertuis Charentais. Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation 67, 6-9.

Boglino A. (2008). Les espèces phytoplanctoniques majeures des côtes atlantiques françaises sont-elles toutes équivalentes pour l'ingestion et la croissance de l'huître creuse (*Crassostrea gigas*) ? Réponse par le biais d'une approche expérimentale. M2 S.D.U.E.E., Océanographie et Environnements Marins, Université Pierre & Marie Curie - Paris 6. 45 p.

Bohle B. (1972). Effects of adaptation to reduced salinity on the filtration activity and growth mussel (*Mytillus edulis*). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 10, 41-49.

Bouquet A.L. et A. Geay (2014). Suivi de la reproduction et du captage de la moule *Mytilus edulis* dans le bassin de Marennes-Oléron en 2014. Rapport CREAA 4pp.

Brienne H. (1964). Observation sur l'infestation des moules du pertuis Breton par *Mytilicola intestinalis* Steuer. Rev. Trav. Inst. Pêche marit., 28 (3) 1964.

Cassou C. (2004). Du changement climatique aux régimes de temps : l'oscillation nord-atlantique. La Météorologie 45, 21-32.

CERTIS (2013). Groupement des mytiliculteurs sur bouchots (GMB). 2013 Plan de contrôle moules de bouchot, Spécialité traditionnelle garantie. 15 février 2013, 39pp.

Garen P., Robert S. et S. Bougrier (2004). Comparison of growth of mussel, *Mytilus edulis*, on longline, pole and bottom culture sites in the Pertuis Breton, France. Aquaculture 232, 511-524. Open Access version : *http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/581/*

Gohin F., Bryère P. and J.W. Griffiths (2015). The exceptional surface turbidity of the North-West European shelf seas during the story 2013-2014 winter: consequences for the initiation of phytoplankton blooms ? Journal of marine systems (under press).

Grizel H., Cardinal M. and D. Cognie (1998). Projet "Qualité des Mollusques". Synthèse des résultats : Propositions et Applications. Tome 1/2 : rapports de 2 à 9. Tome 2/2 : rapports de 10 à15.

Hurrell J. & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds). Last modified (05 Sep 2014). "The Climate Data Guide: Hurrell North Atlantic Oscillation (NAO) Index (station-based)." Retrieved from *https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/hurrell-north-atlantic-oscillation-nao-index-station-based*.

INAO, Association des producteurs de moules de Filières des Pertuis (2014). Cahier des charges Label Rouge - Moules de Filière Elevées en pleine mer. 12pp.

Lambert C., Moal J., Pouvreau S. (2007). Les risques associés à la physiologie de l'huître en période de reproduction. In Samain J.F., McCombie H., 2007. Mortalité de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Défi Morest. Monographie, Chapitre. 51-94 pp.

Lawrence D.R and G. I. Scott (1982). The Determination and Use of Condition Index of Oysters. Estuaries 5, 23-27.

Lubet P. (1959). Recherche sur le cycle sexuel et l'émission de gamète chez les mytilidés. Thèse. 159pp

Lubet P. (1973). Exposée synoptique des données de biologiques sur la moule *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819). Synopsis FAO sur les pêches n°88.

Mazurié J., Bouget J.F., Claude S., Fleury P.J., et A. Langlade (2001). Comparaison des performances d'élevage des moules en quatre sites d'élevage mytilicole de la baie de Vilaine de février 2000 à février 2001. DRV/RST/RA 2001-04, 43pp.

Nicolas J.L., Renault T., Gagnaire B., Garcia C., Garnier M., Gay M., Labreuche Y., Le Roux F., Miossec L., Pepin J.F., Saulnier D., (2007). Risques associés aux pathogènes. In Samain J.F., McCombie H., 2007. Mortalité de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Défi Morest. Monographie, Chapitre 6. 229-269pp.

Polsenaere P., Soletchnik P., Le Moine O., Béchemin C., et F. Gohin (2014). Caractérisation des variations environnementales hivernales observées durant l'épisode des surmortalités de moules bleues dans le Pertuis Breton en 2014. Journée Dynecouverte, 11 décembre 2014, Brest. (Oral communication).

Polsenaere P., Soletchnik P., Le Moine O., Bechemin C. et F. Gohin F. (2014). Caractérisation des variations environnementales hivernales observées durant l'épisode des surmortalités de moules bleues dans le Pertuis Breton en 2014. Journées RBE, 9-10 décembre 2014, Nantes. (Oral communication).

Polsenaere P., Soletchnik P., Le Moine O., Robert S., Gohin F., Stanisière J.-Y., Dumas F., and C. Bechemin (2015). Relationships between winter environmental variations and the blue mussel mortality event observed in the Pertuis Charentais (French Atlantic coastal zone). Aslo meeting, 22-27 February 2015, Granada, Spain. (Oral communication).

Robert S. et O. Le Moine (2003). Expertise des élevages de moules après la canicule estivale. Rapport final. RA/L.C.P.C. 41pp.

Robert S., Soletchnik P., Le Moine O., et S. Zanker (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). http://archimer.ifremer.fr/doc/00084/19487/

Robert S. (2011). Compte rendu de la Commission départementale d'enquête - calamités conchylicoles - du 2 septembre 2011. IFREMER, Laboratoire Environnement Ressources des Pertuis Charentais. 20p.

Robert S. et E. Bedier (2013). Réseau national d'observation de la moule bleue *Mytilus edulis,* Mytilobs, Campagne 2012. http://archimer.ifremer.fr/doc/00166/27720/

Rodriguez J. (2013). Performances d'élevage de la moule (*Mytilus edulis*) en Manche/Atlantique. Recensement et interprétation. 1 : Synthèse et rapport, 147 p.

Samain J.F., McCombie H., (2007). Mortalité de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Défi Morest. Monographie, Chapitre 6. 229-269pp.

Snieszko S. F. (1974). The effects of environmental stress on outbreaks of infectious diseases of fishes. J. Fish Biol., 6:197-208.

Soletchnik P., Robert S. et O. Le Moine Olivier (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. (Oral communication) http://archimer.ifremer.fr/doc/00120/23097/

Soletchnik P., Le Moine O., Polsenaere P., Robert S., Gohin F., Dumas F., Guesdon S. et C. Bechemin (2014). Caractérisation des variations environnementales hivernales observées durant l'épisode des mortalités de moules bleues dans le Pertuis Breton en 2014. Journées de la Surveillance de la santé des mollusques marins, 15-17 décembre 2014, Nantes, France.

Travers M.A., Morga B., Garrigues M., Garcia C., Haffner P., Dubreuil C., Faury N., Baillon L., Renault T., Le Roux F. et M. Bruto (2014). Agents infectieux et mortalités de moules en 2014. Journées de la Surveillance de la santé des mollusques marins, 15-17 décembre 2014, Nantes, France.

Walne, R., and R. Mann (1975). Growth and biochemîcal composition in *0strea edulis* and *Crassostrea gigas*. Proc. 9th Europ. Mar. Biol. Symp, 587-607.

Werwey P.R. (1972). On the ecology of distribution of cockle and mussel in the Dutch Waddensea, their role in sedimentation and th source of their food supply. Arch. Neerl. Zool. 171-239.

ANNEXES

Liste des Annexes

Annexe 1. Tableaude conformité d'utilisation des sondes TPS de mesures. 53

Annexe 2. Comparaison des distributions de fréquence des températures sur les sites Mytilobs durant les cinq saisons de l'étude & tableaux des variables statistiques 54

Annexe 3. Nombre de jours d'élevage dans de gammes de température : <10°C, >10°C et > 20°C.sur les sites du réseau Mytilobs 56

Annexe 4. Comparaison des distributions de fréquence des salinités sur les sites Mytilobs durant les 5 saisons de l'étude & tableaux des variables statistiques 57

Annexe 5. Dessalure sur les différents sites pendant l'hiver 2014 59

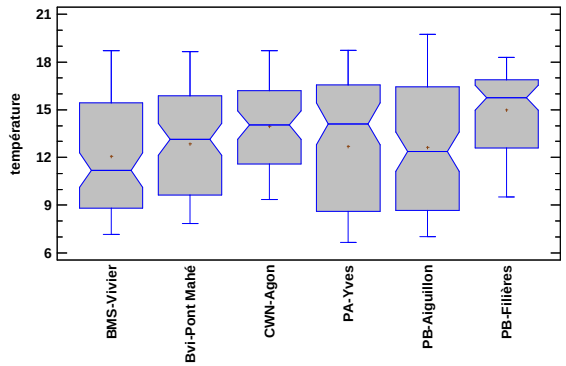
Annexe 6. Principaux Mouvements de moules dans les pertuis Charentais 60

Annexe 7. Sites de production mytilicole des pertuis Charentais. Point Mytilobs campagne 2014..... 61

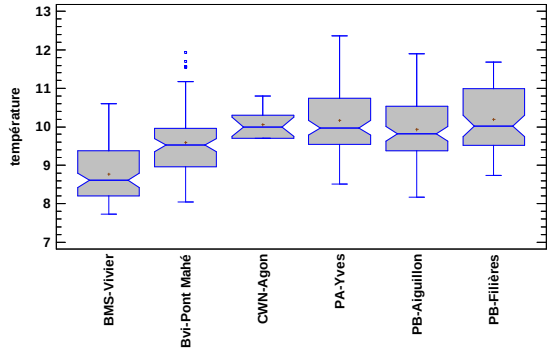
Annexe 1. Tableau de conformité d'utilisation des sondes TPS de mesures.

Point	identifiant Sonde	période	justesse température	justesse salinité	qualification salinité	qualification température	qualification salinité
Agon	588	sept-décembre 2013	0	-0.01		oui	oui
Agon	pb SND	décembre - mars 2014	aucun enregistrement				
Agon	586	mars-juin 2014	0.04	-2.52	correction	oui	non
Agon	588	juin-septembtre 2014	0.04	-0.77	correction	oui	non
Agon	593	sept-décembre 2014	0.04	0.26		oui	oui
Mt St Michel	583	sept-décembre 2013	0.01	0.2		oui	oui
Mt St Michel	587	décembre - mars 2014	0.05	0.04		oui	oui
Mt St Michel	589	mars-juin 2014	sonde nettoyée pas de qualification possible				
Mt St Michel	587	juin-septembtre 2015	0.04	0.22		oui	oui
Mt St Michel	591	sept-décembre 2014	0.05	-0.11		oui	oui
Vilaine	598	sept-décembre 2013	0.01	-5.75	correction	oui	non
Vilaine	589	décembre - mars 2014	0.05	0.06		oui	oui
Vilaine	592	mars-juin 2014	0.04	-6.04	correction	oui	oui
Vilaine	590	juin-septembtre 2016	0.04	-26.27	données non conformes éliminées	oui	non
Vilaine	592	sept-décembre 2014	0.02	0.2		oui	oui
Aiguillon	232	sept-décembre 2013	0.04	-1.1	correction	oui	non
Aiguillon	589	décembre - mars 2014	0.06	0.13		oui	oui
Aiguillon	588	mars-mai 2014	0.01	-1.54	correction	oui	non
Aiguillon	596	mai-juin 2014	0.04	0.13	Chloration	oui	oui
Aiguillon	585	juin-septembtre 2017	0.02	-9.03	données non conformes éliminées	oui	non
Aiguillon	593	sept-décembre 2014	0.02	0.12		oui	oui
Yves	309	sept-décembre 2013	0.01	0.2		oui	oui
Yves	592	décembre - avril 2014	0.06	0.13		oui	oui
Yves	612	avril-mai 2014	0.01	0.08		oui	oui
Yves	597	mai-juin 2014	0.05	-2.02	correction	oui	oui
Yves	597	juin-septembtre 2018	0.05	-3.98	données non conformes éliminées	oui	non
Yves	593	sept-décembre 2014	0	-4.51	correction	oui	non
Filière		sept 2013-déc 2014	control réseau SAPERCHAIS				

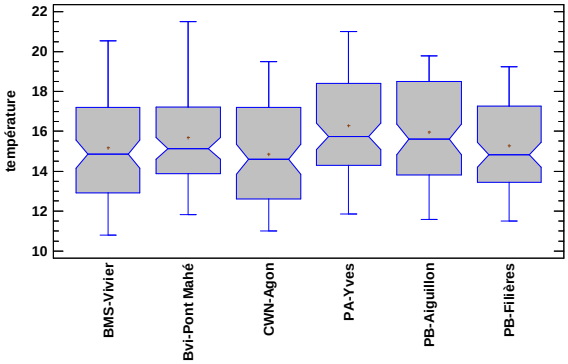
Annexe 2. Comparaison des distributions de fréquence des températures sur les sites Mytilobs durant les cinq saisons de l'étude & tableaux des variables statistiques



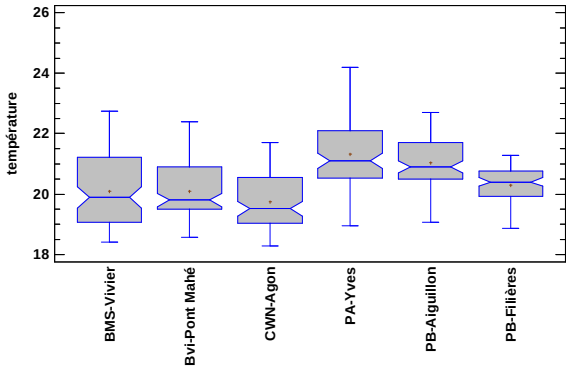
Automne 2013



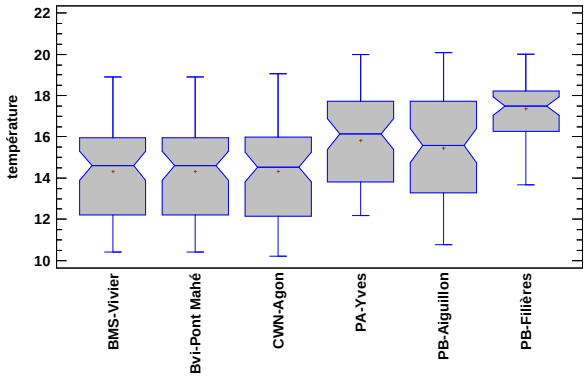
Hiver 2014



printemps 2014



été 2014



automne 2014

Automne 2013

site mytilicole	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Coef. de variation	Minimum	Maximum	Etendue
BMS-Vivier	92	12,0625	11,2	3,59867	29,8335%	7,16	18,7	11,54
Bvi-Pont Mahé	92	12,8609	13,145	3,2859	25,5496%	7,84	18,64	10,8
CWN-Agon	64	13,9583	14,04	2,9526	21,153%	9,35	18,72	9,37
PA-Yves	87	12,6834	14,11	4,14254	32,661%	6,65	18,74	12,09
PB-Aiguillon	92	12,6271	12,37	4,1063	32,5198%	7,03	19,74	12,71
PB-Filières	70	14,9924	15,745	2,69257	17,9595%	9,53	18,32	8,79

hiver 2014

site mytilicole	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Coef. de variation	Minimum	Maximum	Etendue
BMS-Vivier	89	8,76663	8,61	0,705403	8,04645%	7,72	10,6	2,88
Bvi-Pont Mahé	80	9,59112	9,525	0,903155	9,41657%	8,04	11,93	3,89
CWN-Agon	15	10,06	10,0	0,337639	3,35625%	9,7	10,8	1,1
PA-Yves	90	10,1676	9,97	0,9328	9,17428%	8,51	12,36	3,85
PB-Aiguillon	90	9,92833	9,82	0,831948	8,37953%	8,17	11,9	3,73
PB-Filières	70	10,1931	10,02	0,837111	8,21249%	8,73	11,68	2,95

printemps 2014

site mytilicole	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Coef. de variation	Minimum	Maximum	Etendue
BMS-Vivier	90	15,1736	14,85	2,68098	17,6687%	10,8	20,55	9,75
Bvi-Pont Mahé	90	15,6814	15,135	2,38555	15,2126%	11,84	21,5	9,66
CWN-Agon	91	14,8513	14,6	2,47245	16,648%	11,0	19,48	8,48
PA-Yves	90	16,2994	15,745	2,4843	15,2416%	11,86	21,0	9,14
PB-Aiguillon	89	15,9593	15,6	2,37329	14,8709%	11,57	19,8	8,23
PB-Filières	89	15,2809	14,83	2,17651	14,2434%	11,49	19,24	7,75

été 2014

site mytilicole	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Coef. de variation	Minimum	Maximum	Etendue
BMS-Vivier	91	20,087	19,89	1,1849	5,89881%	18,42	22,75	4,33
Bvi-Pont Mahé	91	20,09	19,8	0,931186	4,63507%	18,56	22,4	3,84
CWN-Agon	91	19,7453	19,52	0,951188	4,81729%	18,28	21,7	3,42
PA-Yves	92	21,314	21,1	1,17021	5,49033%	18,95	24,2	5,25
PB-Aiguillon	91	21,0421	20,9	0,882824	4,19552%	19,06	22,7	3,64
PB-Filières	83	20,2934	20,4	0,609487	3,00338%	18,86	21,29	2,43

automne 2014

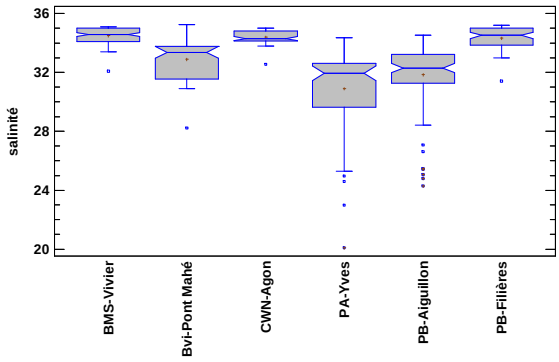
site mytilicole	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Coef. de variation	Minimum	Maximum	Etendue
BMS-Vivier	66	14,3115	14,6	2,22917	15,576%	10,42	18,92	8,5
Bvi-Pont Mahé	66	14,3115	14,6	2,22917	15,576%	10,42	18,92	8,5
CWN-Agon	69	14,3149	14,53	2,35008	16,417%	10,21	19,06	8,85
PA-Yves	63	15,8248	16,14	2,09676	13,2499%	12,19	20,0	7,81
PB-Aiguillon	69	15,4472	15,58	2,47841	16,0444%	10,76	20,09	9,33
PB-Filières	47	17,3802	17,5	1,60199	9,21733%	13,68	20,03	6,35

Annexe 3. Nombre de jours d'élevage dans de gammes de température : <10°C, >10°C et > 20°C.sur les sites du réseau Mytilobs

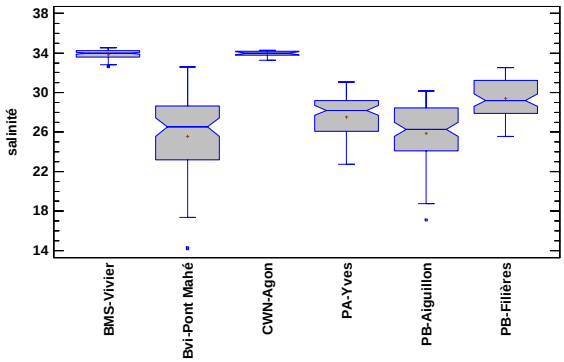
Sites	encadrement température ℃	temps cumulé		Sites	encadrement température ℃	temps cumulé		Sites	encadrement température ℃ hivers	temps cumulé
Filière	< 10℃	**51**		**Agon**	< 20℃	**28**		**Filière**	> 10℃	**22**
Yves	< 10℃	**66**		**Pont Mahé**	< 20℃	**50**		**Aiguillon**	> 10℃	**22**
Aiguillon	< 10℃	**70**		**Vivier**	< 20℃	**51**		**Yves**	> 10℃	**21**
Pont Mahé	< 10℃	**81**		**Filière**	< 20℃	**64**				
Agon	< 10℃	**112**		**Aiguillon**	< 20℃	**83**				
Vivier	< 10℃	**119**		**Yves**	< 20℃	**90**				

Annexe 4. Comparaison des distributions de fréquence des salinités sur les sites Mytilobs durant les 5 saisons de l'étude & tableaux des variables statistiques

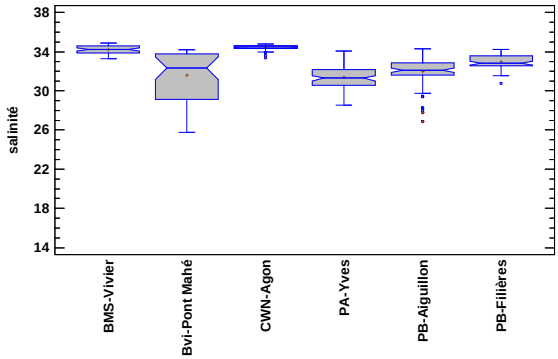
Automne 2013



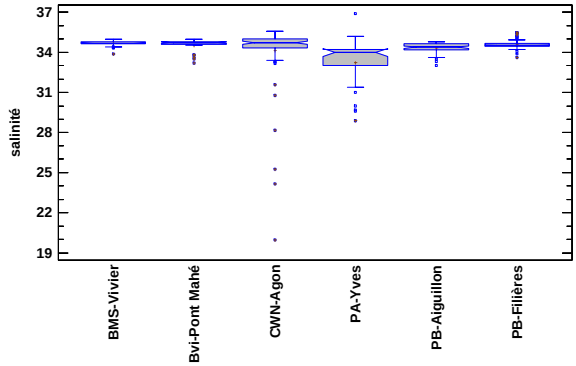
Hiver 2014



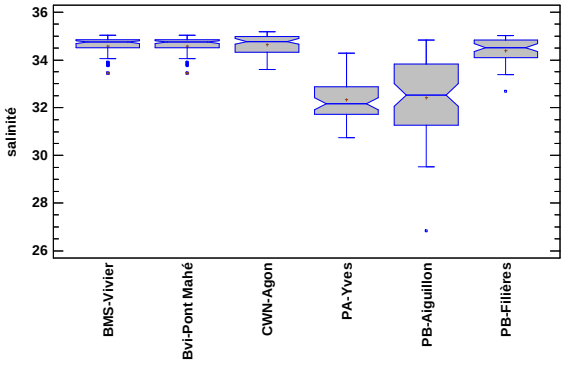
printemps 2014



été 2014



automne 2014



Automne 2013

site mytilicole	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Coef. de variation	Minimum	Maximum	Etendue
BMS-Vivier	92	34,514	34,575	0,537943	1,55862%	32,09	35,1	3,01
Bvi-Pont Mahé	73	32,8929	33,35	1,31989	4,01271%	28,2198	35,24	7,02023
CWN-Agon	64	34,3964	34,305	0,413239	1,2014%	32,57	35,02	2,45
PA-Yves	87	30,8976	31,94	2,87908	9,31814%	20,07	34,37	14,3
PB-Aiguillon	92	31,8625	32,3	2,26028	7,09386%	24,27	34,55	10,28
PB-Filières	70	34,3424	34,52	0,701463	2,04256%	31,42	35,21	3,79

hiver 2014

site mytilicole	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Coef. de variation	Minimum	Maximum	Etendue
BMS-Vivier	72	33,8597	33,985	0,472673	1,39597%	32,63	34,52	1,89
Bvi-Pont Mahé	80	25,5493	26,5199	4,21974	16,516%	14,2036	32,5629	18,3593
CWN-Agon	15	34,0	34,0	0,256348	0,753965%	33,3	34,3	1,0
PA-Yves	90	27,5547	28,21	2,03961	7,40203%	22,73	31,06	8,33
PB-Aiguillon	90	25,8876	26,285	3,09942	11,9726%	17,09	30,15	13,06
PB-Filières	70	29,4204	29,215	2,04327	6,94506%	25,56	32,53	6,97

printemps 2014

site mytilicole	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Coef. de variation	Minimum	Maximum	Etendue
BMS-Vivier	51	34,2329	34,24	0,370493	1,08227%	33,3	34,9	1,6
Bvi-Pont Mahé	39	31,629	32,31	2,31288	7,31253%	25,75	34,2	8,45
CWN-Agon	80	34,45	34,5	0,260792	0,757017%	33,4	34,8	1,4
PA-Yves	90	31,4157	31,305	1,26973	4,04169%	28,54	34,1	5,56
PB-Aiguillon	89	31,9861	32,1	1,49392	4,67053%	26,9	34,3	7,4
PB-Filières	53	32,9606	32,84	0,760408	2,30702%	30,78	34,23	3,45

été 2014

site mytilicole	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Coef. de variation	Minimum	Maximum	Etendue
BMS-Vivier	91	34,6732	34,68	0,168838	0,486942%	33,86	34,96	1,1
Bvi-Pont Mahé	27	34,5326	34,72	0,484963	1,40436%	33,2	34,96	1,76
CWN-Agon	91	34,1537	34,72	2,30666	6,75375%	19,9683	35,5633	15,595 ?
PA-Yves	37	33,24	34,0	1,73164	5,20951%	28,9	36,9	8,0
PB-Aiguillon	47	34,3253	34,39	0,402907	1,17379%	33,0	34,8	1,8
PB-Filières	83	34,6058	34,54	0,296019	0,855403%	33,61	35,47	1,86

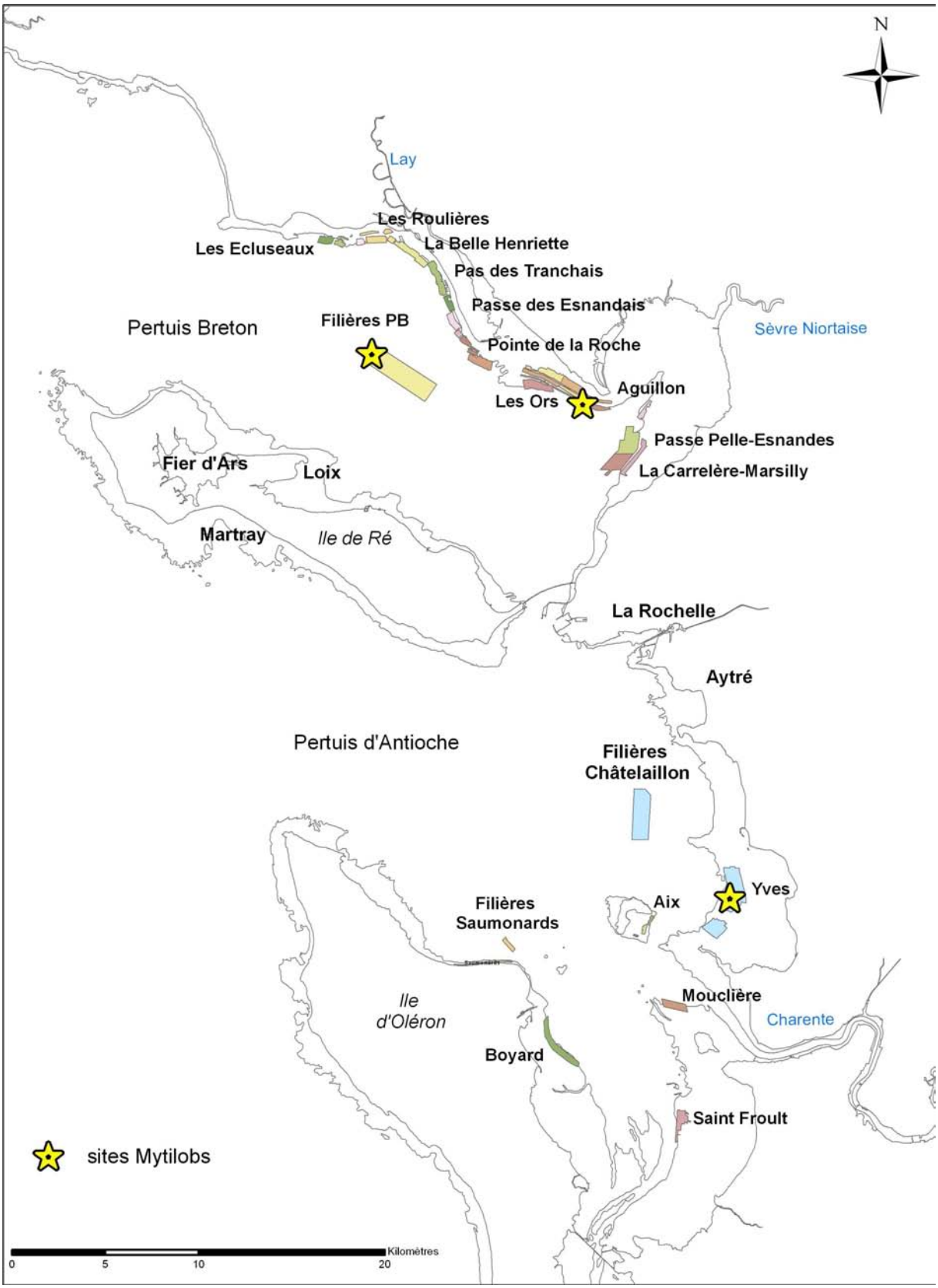
Automne 2014

site mytilicole	Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Coef. de variation	Minimum	Maximum	Etendue
BMS-Vivier	66	34,5806	34,74	0,394906	1,14199%	33,44	35,04	1,6
Bvi-Pont Mahé	66	34,5806	34,74	0,394906	1,14199%	33,44	35,04	1,6
CWN-Agon	69	34,6541	34,78	0,399287	1,15221%	33,6	35,18	1,58
PA-Yves	51	32,3263	32,16	0,814602	2,51994%	30,74	34,29	3,55
PB-Aiguillon	69	32,4236	32,53	1,60968	4,96452%	26,84	34,83	7,99
PB-Filières	47	34,3934	34,52	0,524476	1,52493%	32,7	35,03	2,33

Annexe 5. Dessalure sur les différents sites pendant l'hiver 2014

SITE	VALEURS	PERIODE	NB DE JOUR	MIN
FILIERES	< 30	30 FEV-15 MARS	85	25.5
	< 20	0	0	
AIGUILLON	<30	24 DEC – 01 AVR	98	
	<20	13 AU 22 FEV	4	17
YVES	<30	26 DEC – 29 MARS	93	22.7
	<20	0	0	
PONT MAHE	<30	31 DEC – 13 AVR	75	
	<20	19 FEV – 1 MARS	11	
	<15	19 AU 26 FEV	4	14.2

Annexe 6. Principaux Mouvements de moules dans les pertuis Charentais

La figure ce dessous présente les mouvements d'élevage les plus probables de la mytiliculture dans les pertuis Charentais. Six zones d'élevage sont représentées : la zone 1 représente l'ensemble du pertuis Breton les mouvements sont essentiellement internes à ce pertuis (flèche rouge) sur l'ensemble « bouchot-filière ». La zone 2 (baie d'Yves) et 3 (filière d'Yves-Chatellaillon) représente un deuxième ensemble homogène (flèche verte). Il existe des mouvements de moules (naissain, nouvelain) à partir de la zone 1 (flèche orange pointillée) vers les zone 3 et 4, mais pas entre février et juin. Un 3ème ensemble homogène regroupe les zones 4 (bouchots de Boyard) et 5 (filière Saumonards). Des échanges entre la zone 6 (Mouclière) et ce 3ème ensemble sont toutefois possibles. En plus des mouvements régionaux, il existe des expéditions de naissain captés sur cordes de coco, vers la Bretagne Nord et la Normandie. Elles débutent au printemps dès la fin du mois d'avril et au début du mois de mai. Ce schéma ne présage aucunement des mouvements d'huîtres dans les zone d'élevage à proximités des zones de productions de moules. Ces zones sont pour l'essentiel les zones 5 (filières des Saumonards) et dans la zone 1 le site filière du pertuis Breton. Ces deux sites sont essentiellement identifiés comme des sites de prégrossissement de naissain d'huîtres.

Annexe 7. Sites de production mytilicole des pertuis Charentais. Points Mytilobs campagne 2014