

Octobre 2018



# RAPPORT TECHNIQUE CAPEMOULES (2015-2017)

CARACTERISATION DES PERFORMANCES DES ELEVAGES DE MOULES ET  
EVALUATION DE LA QUALITE DU MILIEU EN PAYS DE LA LOIRE

Rédacteurs :  
Apolline LEBOURG (CRC)  
Nicolas MORIN (LEAV)  
Philippe GLIZE (SMIDAP)

Etude réalisée avec le soutien financier de :



## Table des matières

1.	Introduction.....	1
2.	Coordination et calendrier .....	1
3.	Les bassins mytilicoles étudiés.....	2
4.	Suivi du captage mytilicole .....	2
4.1.	Préambule .....	2
4.2.	Les sites de captage suivis.....	4
4.3.	Méthodologie .....	5
4.3.1.	Echantillonnage .....	5
4.3.2.	Comptage .....	6
4.3.3.	Traitement des données.....	6
4.4.	Résultats .....	7
4.4.1.	Analyse interannuelle .....	7
4.4.2.	Analyse inter-sites.....	9
4.5.	Conclusions et perspectives .....	10
5.	Suivi des mortalités mytilicoles.....	10
5.1.	Préambule .....	10
5.2.	Les sites suivis : justification du choix.....	10
5.3.	Méthodologie .....	11
5.3.1.	Structure expérimentale.....	11
5.3.2.	Caractéristiques biométriques et zootechniques .....	11
5.3.3.	Protocole appliqué .....	12
5.4.	Résultats .....	12
5.4.1.	Suivi 2015-2016 .....	12
5.4.2.	Suivi 2016-2017 .....	13
5.5.	Conclusion .....	15
6.	Suivi de la qualité du milieu.....	16
6.1.	Introduction : Sites d'étude .....	16
6.2.	Paramètres analysés .....	18
6.3.	Résultats dans les eaux .....	19
6.3.1.	Suivi des paramètres physico-chimiques : pluviométrie, température, salinité, pH .....	19

6.3.2.	Suivi des micropolluants organiques dans les eaux.....	22
6.4.	Suivi des micropolluants organiques dans les moules .....	28
6.4.1.	Les PCB .....	28
6.4.2.	Les pesticides .....	30
6.5.	Correspondance entre les milieux .....	32
6.5.1.	Exutoires / Eaux marines.....	32
6.5.2.	Eaux marines / Moules.....	35
6.6.	Conclusion .....	36
	Conclusion générale .....	38
	Remerciements .....	39
	Table des illustrations.....	39
	Annexes .....	40

## 1. Introduction

L'étude CAPEMOULES s'inscrit en réponse aux mortalités massives de moules (*Mytilus edulis*) qui frappent l'ensemble des bassins mytilicoles ligériens depuis 2014. De tels phénomènes ont engendré des conséquences économiques majeures pour les entreprises de notre région.

Cette étude a pour objectifs :

- D'offrir à la profession une meilleure connaissance du système mytilicole et du milieu dans lequel s'inscrivent les élevages,
- D'établir des corrélations grâce à l'obtention de séries analytiques,
- Et de servir d'outil de prospection et d'ajustement des pratiques.

Pendant trois ans, des données mensuelles ont été acquises en ce qui concerne :

- Le captage (par le CRC Pays de la Loire),
- Les mortalités (par le SMIDAP),
- L'état du milieu (par le LEAV).

Ce programme partenarial est mené grâce au soutien de la Région Pays de la Loire (via l'appel à projet piloté par le SMIDAP) et au Conseil Départemental de la Vendée. Les résultats présentés ci-après reprennent l'ensemble des résultats obtenus au cours des programmes CAPEMOULES 1 (mars 2015 à septembre 2016) et CAPEMOULES 2 (octobre 2016 à décembre 2017).

## 2. Coordination et calendrier

Afin de mener à bien cette étude, des Groupes de Travail (GT) sont mis en place. Ces derniers sont constitués des professionnels et des structures partenaires du programme. Au total, le GT s'est réuni quatre fois (2 fois pendant CAPEMOULES 1 et 2 fois pendant CAPEMOULES 2). Les GT ont pour objectifs de cibler les actions à mener, de localiser les sites à prospector et d'établir le planning prévisionnel d'actions (Tableau 1). L'avancement de l'étude et les résultats sont présentés régulièrement pendant des comités de pilotage (COFIL). Ce COFIL est composé des professionnels et structures partenaires, des collectivités territoriales (financeurs de l'étude), et des structures pouvant apporter une expertise sur les résultats de l'étude (l'IFREMER et l'ADBVB dans notre cas).

Tableau 1 : Planning des interventions

		Suivi du captage	Suivi des mortalités	Suivi de l'état du milieu - Analyses sur les eaux	Suivi de l'état du milieu - Analyses sur les moules
CAPEMOULES 1	mars-15				
	avr-15				
	mai-15				
	juin-15				
	juil-15				
	août-15				
	sept-15				
	oct-15				
	nov-15				
	déc-15				
	janv-16				
	févr-16				
	mars-16				
	avr-16				
	mai-16				
	juin-16				
	juil-16				
août-16					
sept-16					
CAPEMOULES 2	oct-16				
	nov-16				
	déc-16				
	janv-17				
	févr-17				
	mars-17				
	avr-17				
	mai-17				
	juin-17				
	juil-17				
	août-17				
	sept-17				
oct-17					
nov-17					
déc-17					

### 3. Les bassins mytilicoles étudiés

Le territoire de compétence du CRC Pays de la Loire recense trois bassins de production mytilicole. Du nord au sud :

- L'estuaire de la Loire (site appelé « Banc du Nord »),
- La baie de Bourgneuf (site appelé « Maison Blanche »),
- La baie de l'Aiguillon.

Ces trois sites (Figure 1) font l'objet de l'étude CAPEMOULES.

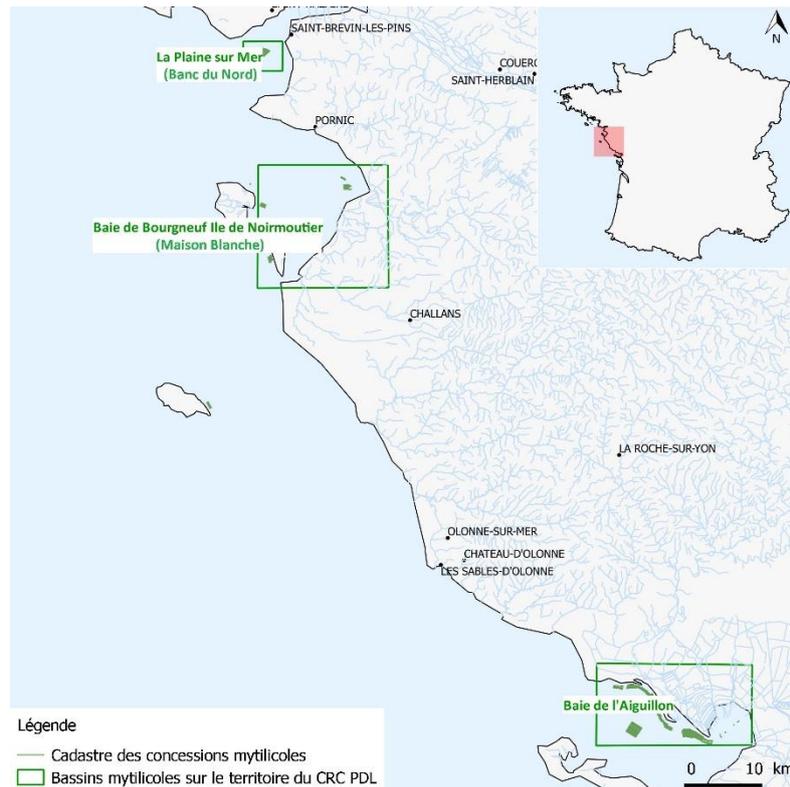


Figure 1 : Situation des bassins de production mytilicole sur le CRC PDL

### 4. Suivi du captage mytilicole

#### 4.1. Préambule

La reproduction

La période de reproduction de *Mytilus edulis* est définie de mars à juin. La fécondation est externe c'est-à-dire qu'elle se fait au sein de la colonne d'eau. La larve produite à l'issue de la fécondation est zooplanctonique puis elle se fixe sur un support de captage (dans notre cas, sur les cordes de coco posées par les producteurs en février / mars). Une fois fixées les larves deviennent du naissain.

Le captage naturel : une activité économique non négligeable

La région Pays de la Loire se démarque par l'importance de son captage mytilicole sur corde de coco.

Les entreprises des Pays de la Loire réalisent leur propre captage et assurent ainsi l'ensemble du cycle d'élevage sans passer par des intermédiaires.

De plus, les entreprises ligériennes ont développé une activité commerciale de cordes. On estime que la moitié des cordes posées est exclusivement destinée à la commercialisation et alimente les bassins de production mytilicole situés au nord de la Loire où le captage naturel y est irréalisable (en raison des températures de l'eau trop faibles).

Le captage naturel est donc une activité précieuse pour les entreprises de notre territoire. La pérennité de la mytiliculture française dépend du captage c'est pourquoi il est bénéfique de mettre en place des outils de prospection à destination des producteurs.

Intérêts de suivre le captage

*Pour les producteurs :*

- Information des professionnels en temps réel (via des bulletins) de l'état du captage (de la densité de naissains par mètre ; de la taille du naissain et des phases de métamorphose et de fixation).
- Adaptation des pratiques des professionnels en fonction des informations transmises (par exemple, nouvelle pose de cordes en cours de saison si apparition d'une nouvelle phase de fixation).
- Apport d'informations aux acheteurs de cordes.

*Pour la filière en général :*

- Obtention de séries analytiques permettant de comparer les campagnes de captage dans le temps (par exemple, suivi réalisé depuis 2000 sur le site de Maison Blanche).
- Apport d'éléments de connaissance sur le système mytilicole.

## 4.2. Les sites de captage suivis

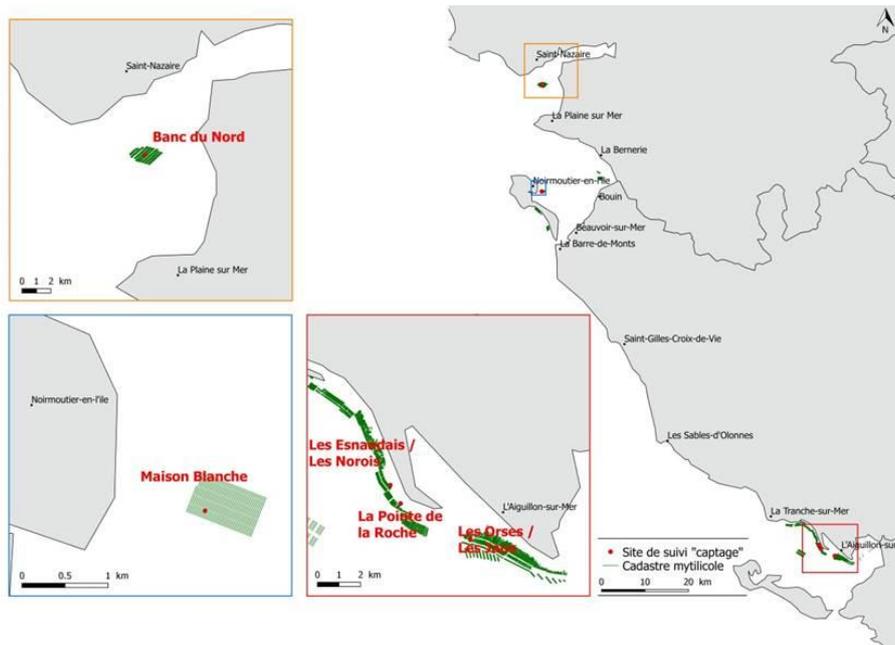


Figure 2 : Localisation des sites de suivi du captage mytilicole



Figure 3 : Localisation des sites de suivi du captage en 2017 sur la baie de l'aiguillon

La Figure 2 présente l'ensemble des points de suivi au niveau de la région Pays de la Loire. Il faut noter, qu'en 2017, les mytiliculteurs du pertuis breton ont souhaité changer le site de suivi « Pointe de la Roche » par le site « Paliers des jeunes ». La situation des points suivis en 2017 en baie de l'aiguillon est présentée sur la Figure 3.

## 4.3. Méthodologie

### 4.3.1. Echantillonnage

- 1) Les professionnels partenaires posent les cordes de captage à la fin du mois février ou au début du mois de mars. La date de pose dépend des pratiques professionnelles de chaque secteur.
- 2) Les professionnels partenaires de l'étude prélèvent au minimum 50 cm de corde, lors de chaque marée de vives eaux (soit tous les 15 jours), et ce, du 15 mars au 30 juin.
- 3) A terre, les échantillons sont congelés avant d'être traités. L'objectif de la congélation est de maintenir les naissains fixés sur les cordes.

*NB : Ce protocole est identique à celui mis en œuvre par le CREAA<sup>1</sup> dans le cadre de l'observatoire mytilicole des pertuis charentais. Les résultats obtenus dans le cadre de nos suivis en baie de l'Aiguillon sont intégrés dans un bulletin d'informations commun CRC-CREAA.*

Ce protocole est appliqué sur le site de « Banc du Nord » et sur les 3 sites de la baie de l'Aiguillon.

Cas particulier pour le site de « Maison Blanche »

Depuis 2000, le SMIDAP puis le CRC Pays de la Loire effectuent annuellement un suivi du captage de moules sur le site de Maison Blanche. Le protocole (ci-dessous) diffère légèrement de celui présenté ci-avant. A des fins de comparaison dans le temps, il est décidé de conserver ce protocole pour ce site.

- 1) Installation de la structure expérimentale : mise en place de cordes de coco (environ 5 mètres) tendues entre 2 pieux (ces cordes serviront de supports) comme présentées sur la Figure 4 (cordes noires).
- 2) A chaque marée, entre mars et juin, pose d'un morceau de corde d'environ 2 mètres. La corde est attachée à la corde « support » à l'aide d'élastiques (cordes de couleur sur la figure).
- 3) A chaque marée, entre mars et juin, prélèvement d'un échantillon de 50 cm (sur les cordes représentées en couleur sur la figure ci-dessous).
- 4) A terre, les échantillons sont congelés avant d'être traités. L'objectif de la congélation est de maintenir les naissains fixés sur les cordes.

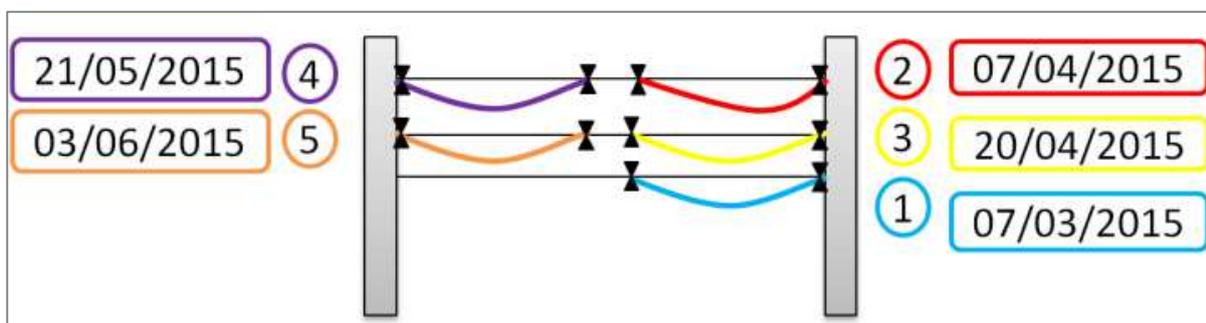


Figure 4 : Schéma de la structure expérimentale à Maison Blanche et date de pose en 2015

*NB : Ce protocole permet d'offrir aux professionnels une vision plus juste du nombre de naissains captés sur leurs cordes en fonction de leur date de pose. De plus, il permet d'évaluer exactement le nombre de naissains capté pendant 15 jours.*

<sup>1</sup> Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole

#### 4.3.2. Comptage

Les comptages sont réalisés à la station de l'Ifremer de Bouin qui nous met à disposition une salle de son laboratoire. Les étapes du protocole de comptage sont illustrées sur la Figure 5.

- 1) Couper l'échantillon de corde congelée en 3 tronçons de 10 cm.
- 2) Effiler chaque tronçon dans un récipient contenant de l'eau.
- 3) Tamiser le récipient d'eau sur les tamis de diamètres  $\varnothing 10$  mm ;  $\varnothing 5$  mm ;  $\varnothing 1$  mm ;  $\varnothing 200$   $\mu$ m.
- 4) Dénombrer les moules par classe de taille sous loupe binoculaire.

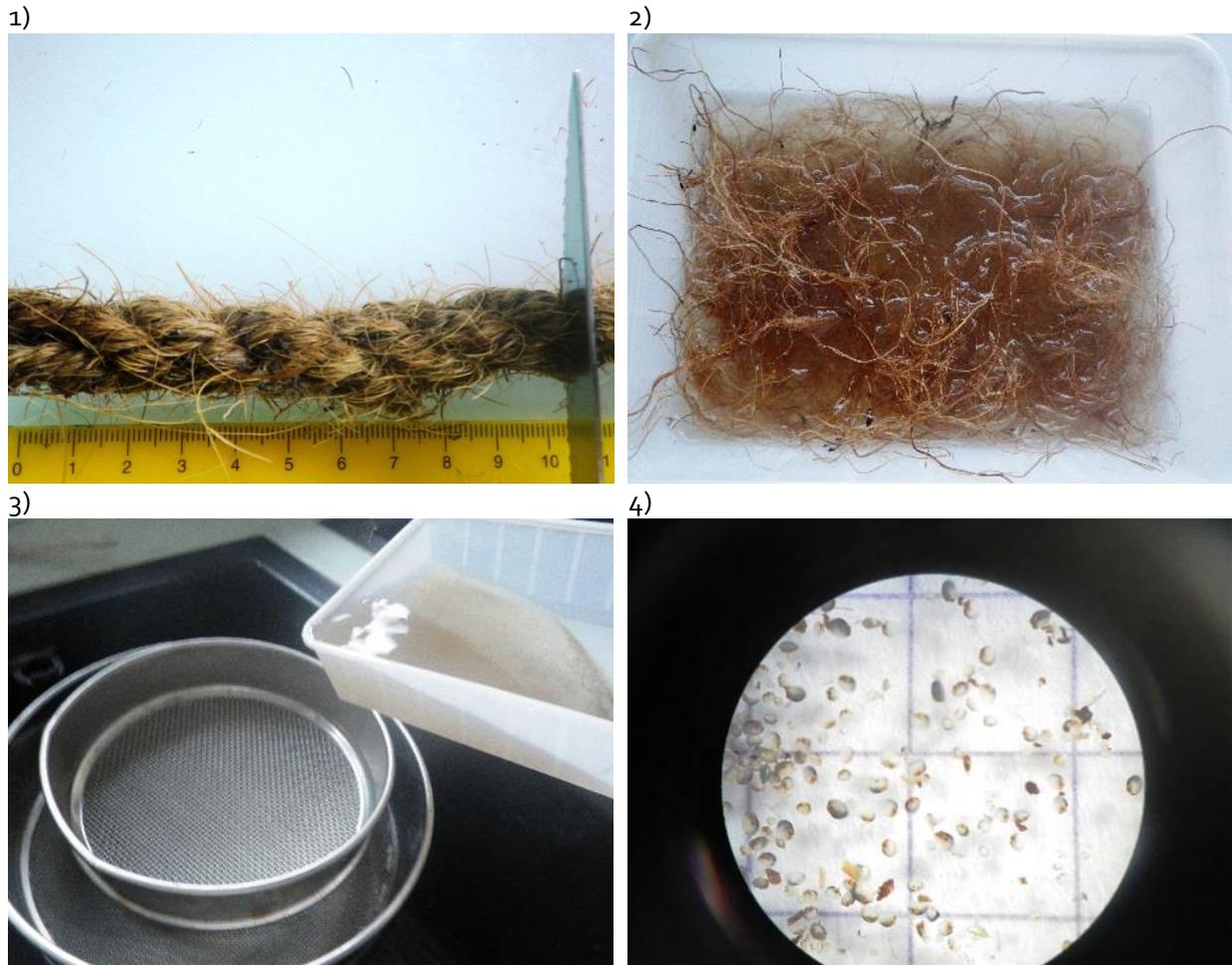


Figure 5 : Illustrations des étapes de comptage de moules sur les échantillons de corde

#### 4.3.3. Traitement des données

Les résultats des comptages sont notés sur les « fiches comptage », puis les données sont enregistrées dans un fichier Excel. Les résultats sont rapportés au mètre et portés dans le bulletin d'information. Ces bulletins sont ensuite transmis par mail ou par SMS aux professionnels.

Un travail de traitement des données acquises depuis 2006 pour le site de captage « Maison Blanche » est mené en parallèle. Ce traitement permet d'établir une moyenne des densités entre 2006 et 2014 qui est comparée aux données acquises dans le cadre de CAPEMOULES (§ 0).

## 4.4. Résultats

### 4.4.1. Analyse interannuelle

Banc du Nord

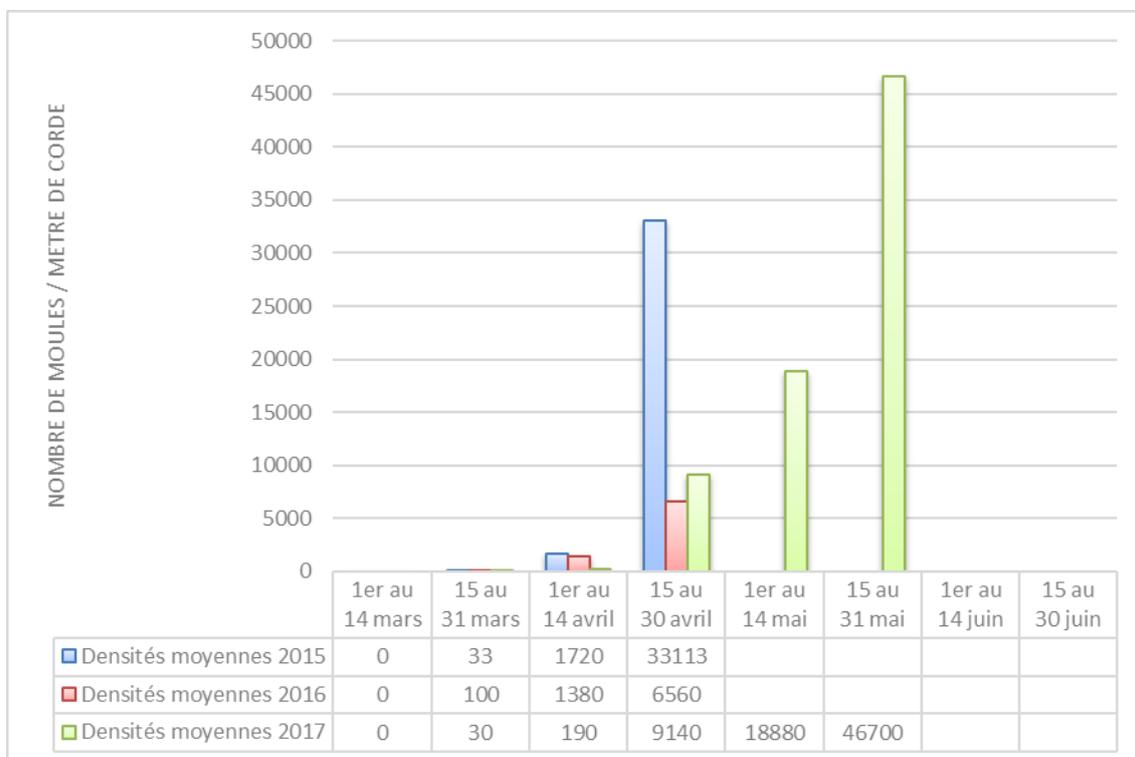


Figure 6 : Nombre de naissains / mètre de corde en 2015, 2016 et 2017 sur le site « Banc du Nord »  
NB : Les cellules vides signifient l'absence de données pour ces périodes.

Maison Blanche

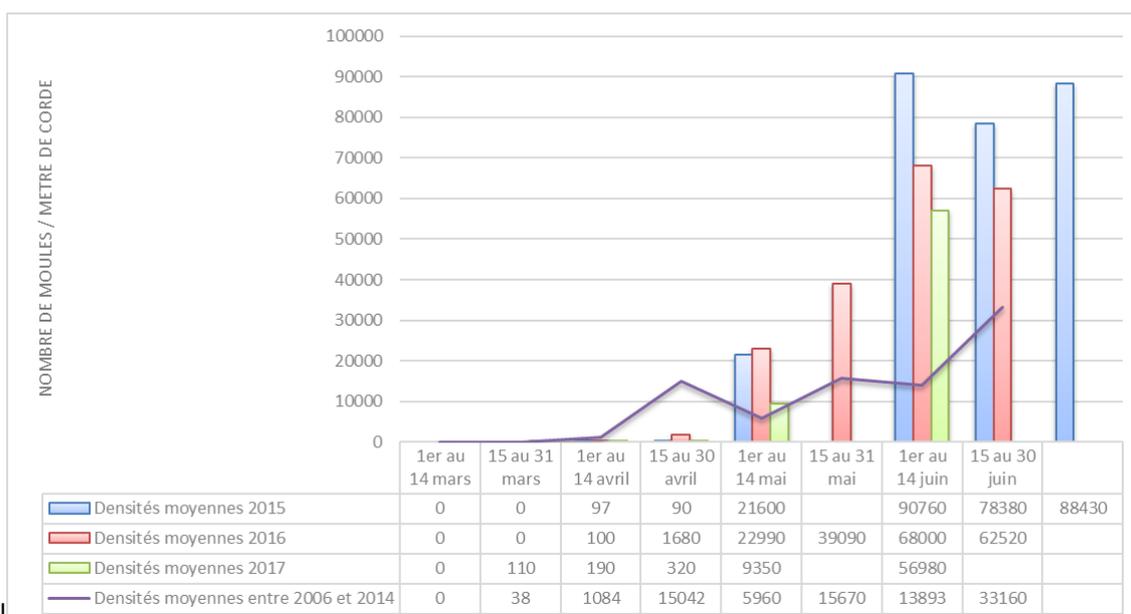


Figure 7 : Nombre de naissains / mètre de corde en 2015, 2016 et 2017 sur le site « Maison Blanche »  
NB : Les cellules vides signifient l'absence de données pour ces périodes.

## Baie de l'Aiguillon

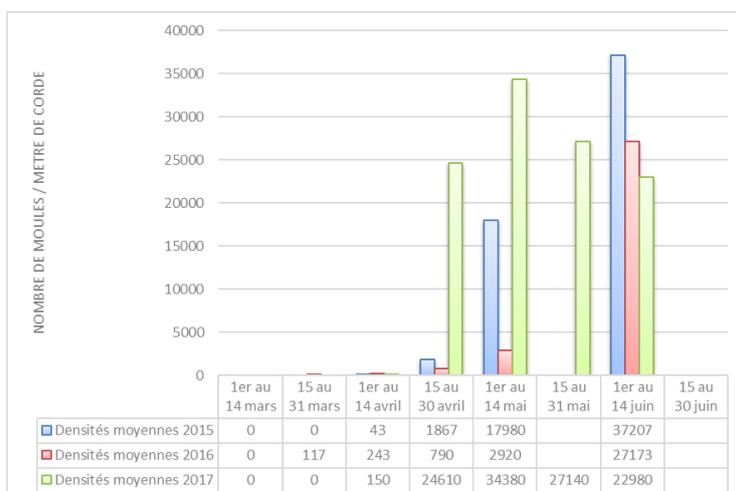


Figure 8 : Nombre de naissains /mètre de corde en 2015, 2016 et 2017 sur le site « Les Orses »

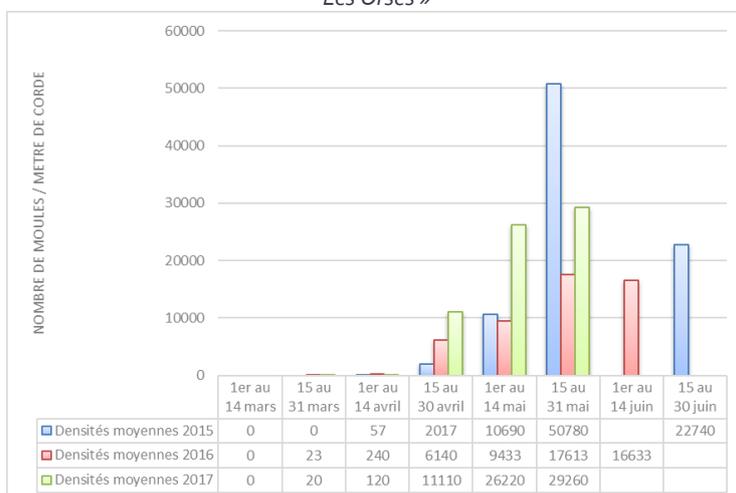


Figure 9 : Nombre de naissains /mètre de corde en 2015, 2016 et 2017 sur le site « Les Esnandais »



Figure 10 : Nombre de naissains /mètre de corde en 2015 et 2016 sur le site « Pointe de la Roche » et sur le site « Paliers des jeunes » en 2017

Sur les trois années de suivi, 2015, est l'année où on constate le captage important. Toutefois, aux dires des professionnels et comme le montre la courbe des moyennes depuis 2006 sur Maison

Blanche (Figure 7), il semble que les 3 années suivis dans ce programme présentent un captage pléthorique.

#### 4.4.2. Analyse inter-sites

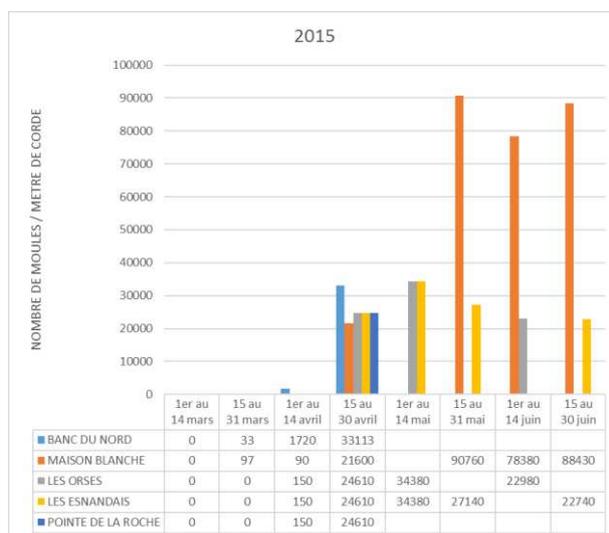


Figure 11 : Comparaison inter-site des densités de naissains sur corde en 2015

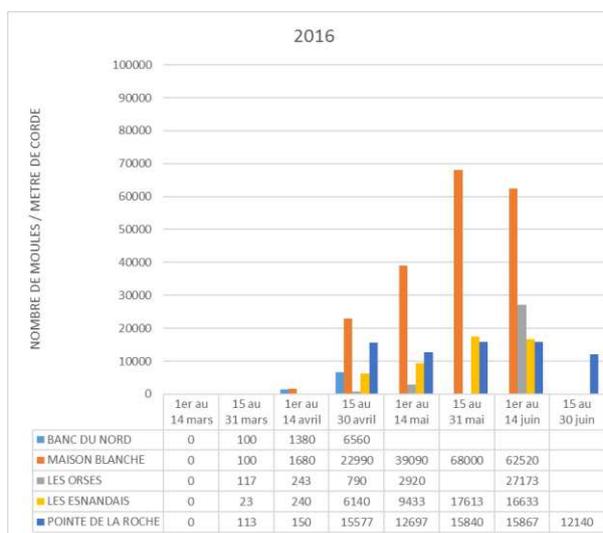


Figure 12 : Comparaison inter-site des densités de naissains sur corde en 2016

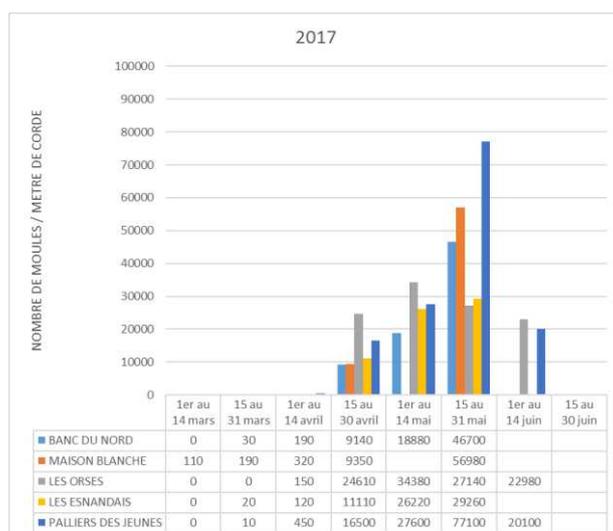


Figure 13 : Comparaison inter-site des densités de naissains sur corde en 2017

C'est le site « Maison Blanche » qui présente les densités les plus élevées de naissains par mètre de corde, atteignant 90 000 moules / m au début du mois de juin et ce, pour les années 2015 et 2016. Les densités observées sur les sites « Banc du Nord », « Les Orses », et « Les Esnandais » sont du même ordre de grandeur : entre 35 000 et 50 000 moules / m pour cette même période soit des cordes 2 fois moins garnies que sur Maison Blanche.

Néanmoins, le site « Pointe de la Roche » suivi en 2015 et 2016 présente un plus faible captage. En 2017, il a été préféré suivre le site « Palières des jeunes ». Ce suivi a permis de révéler l'importance du captage qui y est pratiqué. Les densités atteignent 75 000 moules / m à la mi-mai.

## 4.5. Conclusions et perspectives

Nous pouvons conclure que le phénomène de mortalité ne semble pas avoir de conséquence négative sur les densités de naissains sur cordes. Au contraire depuis 2014, début des surmortalités de moules, on assiste à des années de captage pléthorique. En effet, les observations de cette étude tendent à montrer que les moules subissant la surmortalité, pour le moment inexplicée, affaiblies par la reproduction, ne pouvant plus lutter, délaient massivement avant de mourir.

Cet outil d'information en temps réel sur le captage est jugé utile par la profession. Celui-ci permet aux producteurs d'ajuster leurs pratiques, notamment en terme de période de pose de corde. Certains producteurs utilisent ces résultats pour informer leurs clients du garnissage des cordes. A l'issue du programme CAPEMOULES, et à la demande de la profession, le CRC et le SMIDAP ont maintenu ces suivis. Le SMIDAP y a intégré un volet complémentaire sur le suivi des larves. Celui-ci apporte des éléments tout à fait pertinents pour les producteurs. L'objectif est de maintenir ces suivis de manière pérenne pour obtenir des séries de données dans le temps et ainsi émettre des corrélations sur les différents phénomènes observables *in situ*.

## 5. Suivi des mortalités mytilicoles

### 5.1. Préambule

Un suivi des mortalités sur « Banc du Nord » et « Maison Blanche » est assuré par le SMIDAP. Il a pour objet d'identifier la cinétique d'apparition et l'évolution du phénomène de mortalité durant la période de l'étude. Il vise à appréhender la ou les phases successives de mortalité, d'en définir leur chronologie et durée, et d'en quantifier l'importance en termes de pourcentages.

### 5.2. Les sites suivis : justification du choix

Le suivi est conduit sur les secteurs mytilicoles « Banc du Nord », situé à l'entrée de l'estuaire de la Loire, et de Maison Blanche, situé au Nord-Est de l'île de Noirmoutier (Figure 14). Ils correspondent à des sites de production majeure des Pays de la Loire.

Le choix du site de Maison Blanche est motivé par le fait qu'il est apparu fortement impacté par les mortalités massives depuis 2015. Les taux de mortalités mesurés atteignaient respectivement les 70-90% en 2015 et étaient compris entre 60 et 70% en 2016 (source : CRC Pays de la Loire).

Le secteur « Banc du Nord » a été retenu car présentant des mortalités conséquentes en 2016, voisines des 70% (Source : CRC Pays de la Loire).

*NB : Il convient de préciser que ce site est suivi uniquement pour la période 2016-2017 (CAPEMOULES 2), car il était indemne de mortalité avant cette date.*

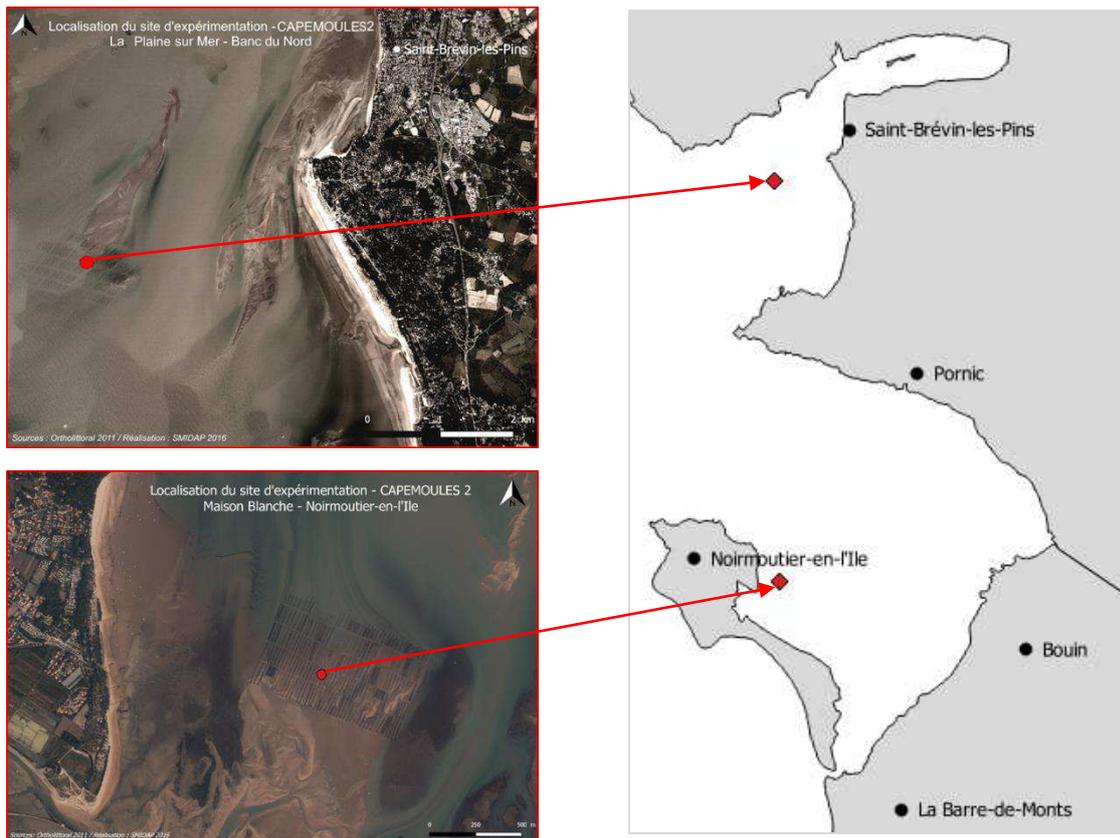


Figure 14: Localisation géographique des sites d'étude  
NB : les points rouges indiquent les lieux d'implantation des structures de suivi.

## 5.3. Méthodologie

### 5.3.1. Structure expérimentale

Les structures d'élevage déployées sont des mini-poches ostréicoles fixées sur des pieux de bouchots (Figure 15). Il s'agit de structure de type poche casier (L :40cm, l :30cm, e :8cm) de maille de 9 (9 mm de côté). Elles sont implantées au sein d'une ligne de pieux considérée comme « moyenne », tant en termes de degré d'émersion que de performances à l'élevage.



Figure 15 : Photographie de la structure expérimentale

### 5.3.2. Caractéristiques biométriques et zootechniques

Sur chaque site, 2 souches sont étudiées, à savoir une souche issue du captage local et une souche provenant d'un autre bassin mytilicole. Plus précisément sur le site de La Plaine sur Mer, la seconde souche provient du réseau MYTILOBS, réseau national du suivi de la mortalité mytilicole (IFREMER). Sur le site de Maison Blanche, elle provient de l'île Dumet (Loire-Atlantique), site jugé indemne de mortalités.

Les principales caractéristiques des expérimentations conduites sur les deux sites sont résumées dans le Tableau 2 et le Tableau 3.

Tableau 2 : Récapitulatif des conditions d'expérimentation pour le suivi 2015-2016

Localisation	Origines testées	Date de mise en élevage	Age	Densité appliquée	Taille moyenne initiale
Maison Blanche	Pen Bé	19/05/2015	Captage printemps 2014	120 moules / mini-poche	41,7 mm

Tableau 3 : Récapitulatif des conditions d'expérimentation pour le suivi 2016-2017

Localisation	Origines testées	Date de mise en élevage	Age	Densité appliquée	Taille moyenne initiale
Banc du Nord	Locale	04/10/2016	Captage printemps 2016	120 moules / mini-poche	33,3 mm
	MYTILOBS				25,6 mm
Maison Blanche	Locale	17/10/2016	Captage printemps 2016	120 moules / mini-poche	27,3 mm
	Ile Dumet				31,1 mm

### 5.3.3. Protocole appliqué

Le protocole retenu est une adaptation de celui appliqué par l'IFREMER au sein du réseau national MYTILOBS.

L'expérimentation est conduite sur un triplicata de poches. Les campagnes d'échantillonnage sont menées selon un pas de temps mensuel. Lors de chaque suivi, un comptage des moules vivantes et des moules mortes est effectué. Il permet de préciser le taux de mortalité instantanée entre deux échantillonnages successifs. Le taux de mortalité cumulée est par ailleurs déterminé et quantifié.

## 5.4. Résultats

### 5.4.1. Suivi 2015-2016

Les taux de mortalité instantanée et cumulée mesurés lors de la période de suivi (mai 2015 – juillet 2016) sont synthétisés au sein du graphique ci-dessous (Figure 16).

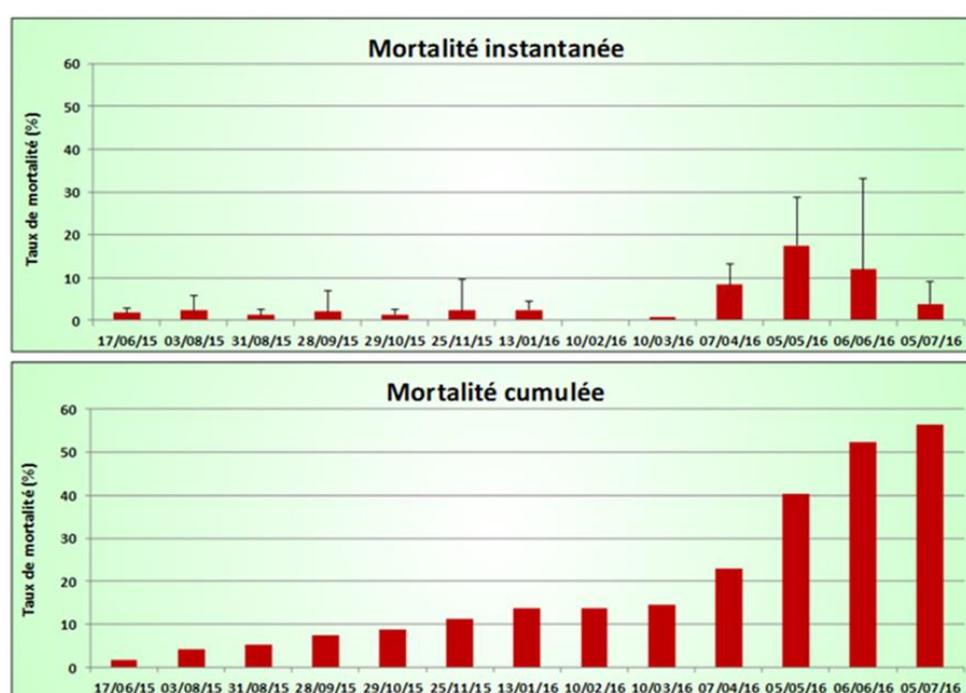


Figure 16 : Evolution temporelle de la mortalité instantanée et cumulée des moules suivi à Maison Blanche en 2015-2016

L'existence d'une mortalité faible a été notée sur les 10 premiers mois de suivi (taux cumulé de 12%).

Les taux de mortalité instantanée mensuels mesurés sur cette période étaient de l'ordre de 1 à 2%. Ils pourraient s'expliquer par la pression d'échantillonnage. En effet, lors de chaque suivi, les moules étaient retirées des mini-poches, induisant une rupture de leur byssus susceptible de générer une fragilisation du coquillage. Le byssus étant rattaché au pied, on tire sur un organe vital du coquillage.

Une amplification importante de la mortalité a été observée d'avril à juillet 2016. Les taux mensuels mesurés étaient compris entre 8 et 16%, aboutissant à un taux de mortalité cumulée de 44%. Ce phénomène pourrait être corrélé avec la phase de gamétogénèse et de reproduction. En effet, le suivi larvaire mytilicole réalisé en 2016 par le SMIDAP sur le secteur de Maison Blanche a montré l'existence d'une première ponte vers le 31 mars, précédant le constat de mortalité du 6 avril (8%). De même, une seconde ponte a été observée le 27 avril, précédant le constat du 5 mai (taux de mortalité de 17%).

Une régression notable de la mortalité a été notée à compter du mois de juillet. Elle est apparue achevée lors de l'échantillonnage conduit au mois d'août.

Le taux de mortalité cumulée final s'établit à 56%, soit une valeur équivalente à celle des souches de moules natives de Noirmoutier (Syndicat conchylicole de l'Île de Noirmoutier ; com. pers.). Il apparaît donc, que le facteur origine n'aurait pas d'incidence au niveau des mortalités. L'introduction de souches indemnes sur des secteurs « contaminés » ne permettrait pas de s'affranchir des phénomènes de mortalité, ni de limiter leur ampleur.

#### 5.4.2. Suivi 2016-2017

Les taux de mortalité instantanée et cumulée mesurés sur les 2 sites lors de la période de suivi (septembre 2016 – aout 2017) sont synthétisés au sein des graphiques ci-dessous (Figure 17 : Banc du Nord et Figure 18 : Maison Blanche).

Banc du Nord

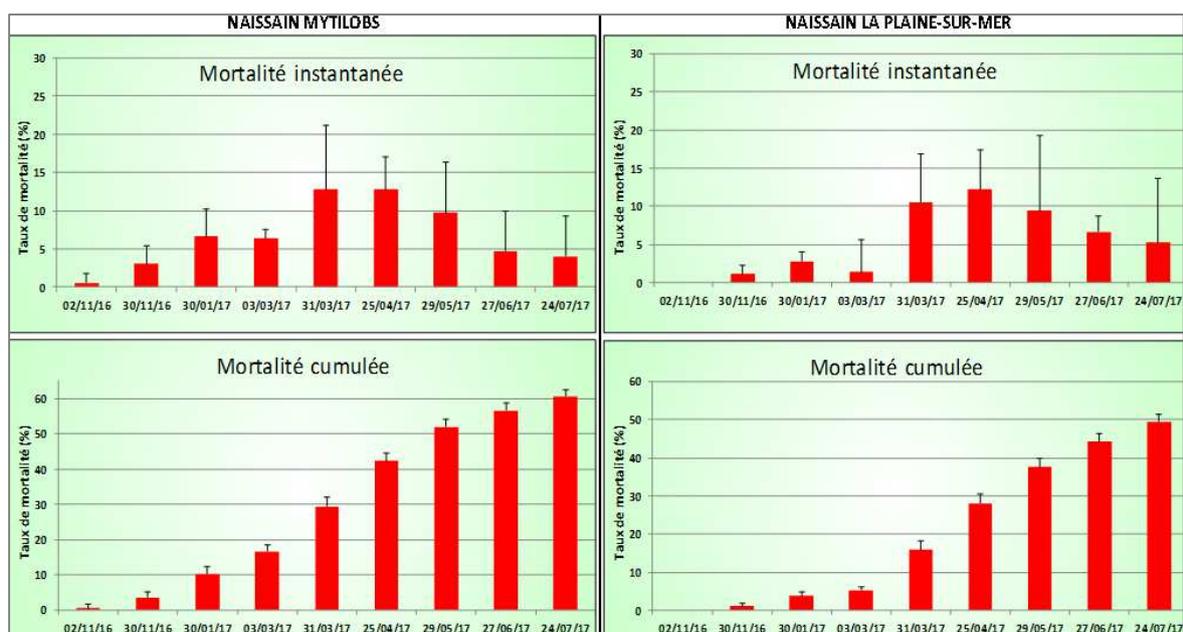


Figure 17 : Evolution temporelle de la mortalité instantanée et cumulée de moules suivis à Banc du Nord en 2016-2017

Durant les 2 premiers mois d'expérimentation (jusqu'en décembre 2017) des mortalités très faibles ont été mises en évidence pour les 2 souches. Les premières mortalités significatives ont été mesurées fin janvier, et seulement pour le lot MYTILOBS (6,7% mortalité instantanée). La situation est restée inchangée jusqu'à début mars, avec des pourcentages de mortalité équivalents à ceux mesurés précédemment.

Après 5 mois de suivi, il apparaît que la mortalité est faible pour la souche locale (mortalité cumulée : 5,3%) tandis qu'elle est significativement plus importante pour la souche MYTILOBS (mortalité cumulée : 16,7%).

Une augmentation significative de la mortalité est constatée fin mars, indépendamment de la souche de moules considérée. Les pourcentages de mortalité instantanée des souches locale et MYTILOBS sont respectivement de 10,6% et de 12,8%. Cette augmentation peut être mise en relation avec la phase de ponte observée sur le secteur et mise en évidence au travers des résultats du suivi du cycle larvaire de la moule conduit par le SMIDAP depuis 2015 en baie de Bourgneuf.

Le pic de mortalité est observé au cours du mois d'avril et concerne les deux souches étudiées. Il est à noter que la période de mars à mai se caractérise par un impact maximal en termes de mortalité, aboutissant à un taux de mortalité cumulée fin mai de 37,5% pour la souche locale et 52,0% pour la souche MYTILOBS. Elle coïncide avec la phase de gamétogénèse, de ponte des populations de moules et avec les premières hausses de températures qui favorisent le développement des bactéries.

Une régression significative du phénomène de mortalité est notée à compter de la fin juin et confirmée au mois de juillet. Elle serait à corréliser à la fin de la phase de gamétogénèse. Il est à préciser que les pourcentages de mortalité mesurés durant cette période pourraient être en partie imputables, bien que difficilement quantifiables, à un encrassement important des mini-poches (balanes, naissains de moules, algues, ...). En générant une limitation de la circulation de l'eau au sein de la structure, ce colmatage est susceptible d'induire des phénomènes majeurs d'anoxie, se traduisant par une mortalité des coquillages présents.

Les pourcentages de mortalité cumulés finaux sont de 49,4% pour la souche locale et 60,7% pour la souche MYTILOBS. Cette dernière semble plus impactée que la souche locale. Cette différence a été observée à l'issue des premiers mois d'élevage où après 8 mois de suivi, la souche MYTILOBS présentait un taux de mortalité cumulée supérieur de plus de 10% à celui de la souche locale. Durant la phase de mortalité majeure (mars à mai), les taux de mortalité mesurés sont apparus similaires pour les deux souches considérées.

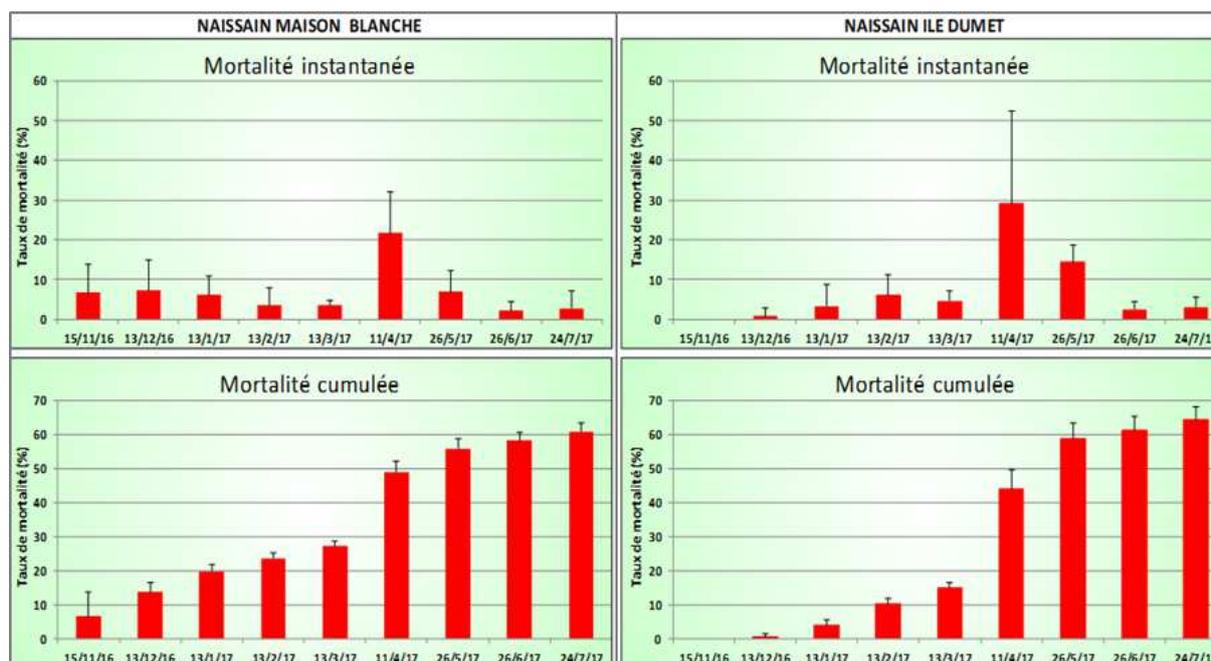


Figure 18 : Evolution temporelle de la mortalité instantanée et cumulée de moules suivis à Maison Blanche en 2016-2017

Le phénomène de mortalité a été décelé pour la souche locale dès le début du suivi engagé (taux de 8% au mois de novembre). Il a perduré de manière régulière pour atteindre un taux de mortalité cumulée de 27,2% au mois de février.

La souche de l'île Dumet est apparue impactée plus tardivement (décembre) et présentait un taux de mortalité cumulée de 12,3% en février, soit deux fois inférieur à celui de la souche locale.

Un pic de mortalité a été observé pour ce secteur au mois d'avril, avec respectivement un taux de mortalité instantanée de 21,7% pour la souche locale et de 29,2% pour la souche issue de l'île Dumet. L'épisode de mortalité majeure a perduré jusqu'à la fin du mois de mai. Ce constat est à corréliser, comme pour le site de La Plaine sur Mer, avec la phase de gamétogénèse et de ponte observée sur les populations de moules, induisant une fragilité physiologique des coquillages.

Une régression significative du phénomène de mortalité a été observée à compter de la fin juin et confirmée par les échantillonnages de fin juillet, et ce pour les deux souches étudiées. Elle coïncide, une nouvelle fois, avec la fin de la phase de reproduction des populations de moules.

Les taux de mortalité cumulée finaux sont de 60,8% pour la souche de l'île Dumet et de 64,2 % pour la souche locale et apparaissent équivalents. Ils semblent démontrer l'absence d'un effet origine sur le facteur mortalité.

## 5.5. Conclusion

En conclusion, le suivi conduit sur les sites de La Plaine sur Mer et de Maison Blanche ont permis d'aboutir aux observations suivantes :

- La chronologie d'apparition des mortalités est similaire pour les deux sites considérés. Les phases de mortalités majeures sont observées durant la période printanière (mars à mai).
- Elles sont corrélées avec la phase de gamétogénèse et de ponte des populations de moules. De même, la phase de régression des phénomènes de mortalité est notée de façon synchrone et simultanée pour les deux sites, à savoir au mois de juin, coïncidant avec la fin

de la phase de reproduction de l'espèce. Il est à rappeler, indépendamment de l'espèce de bivalves considérée, que la phase de gamétogénèse et de ponte induit une fragilité physiologique pouvant aboutir à des épisodes de mortalité plus ou moins conséquents.

- Les taux de mortalité cumulée mesurés sont apparus relativement homogènes que ce soit en fonction de l'origine des populations de moules suivies et /ou du site d'expérimentation considéré.
- Il apparaît que le facteur origine n'aurait pas d'incidence au niveau des mortalités. L'introduction de souches indemnes sur des secteurs touchés par les surmortalités ne permettrait pas de s'affranchir des phénomènes de mortalité, ni de limiter leur ampleur.

## 6. Suivi de la qualité du milieu

### 6.1. Introduction : Sites d'étude

Le Laboratoire de l'Environnement et de l'Alimentation de la Vendée (LEAV) a réalisé un suivi de la qualité du milieu sur **10 sites des bassins mytilicoles** des Pays de la Loire, représentés sur la Figure 19. Ces sites sont localisés en étier (**6 sites continentaux**) et en milieu marin (**4 sites**). Les 6 sites continentaux concernent 3 sites en baie de Bourgneuf (le Falleron, le Dain, la Taillée) et 3 sites en baie de l'Aiguillon (le Vieux-Lay, le Lay Braud, la Raque). Les 4 sites marins concernent 1 site dans l'estuaire de la Loire (Banc du Nord), 1 en baie de Bourgneuf (Maison Blanche) et 2 en baie de l'Aiguillon (Bouchots Ecluseaux et Filières Vendéennes).

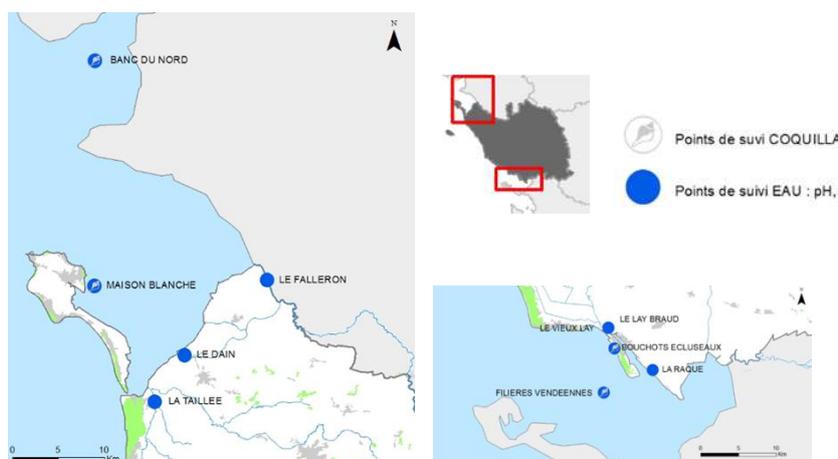


Figure 19 : Localisation des sites de prélèvements d'eau (bleu) et de coquillages (gris)

Source : CD85, LEAV – Réalisation : Observatoire SP le 20/02/2018

Des prélèvements d'eau et de coquillages (moules) sont réalisés respectivement sur 10 sites et sur 4 sites (Tableau 4) par le CRC Pays de la Loire, selon les méthodes classiques de prélèvements en milieu marin telle que la méthode AQUAREF<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> AQUAREF (2015) Opérations d'échantillonnage en milieu marin dans le cadre des programmes de surveillance DCE (matrice : eau, sédiment et biote) – Recommandations techniques – Edition 2015

Tableau 4 : Plan d'échantillonnage pour chaque matrice

Zones	Sites	Prélèvements d'eau	Prélèvements de coquillages
La Plaine-sur-Mer	Banc du Nord	X	X
	Maison Blanche	X	X
Baie de Bourgneuf	Le Falleron	X	
	Le Dain	X	
	La Taillée	X	
Baie de l'Aiguillon	Filières vendéennes	X	X
	Bouchots Ecluseaux	X	X
	Le Vieux Lay	X	
	Le Lay Braud	X	
	La Raque	X	

La fréquence d'échantillonnage prévue n'ayant pas pu être respectée (en raison des aléas météorologiques), le Tableau 5 reprend les calendriers « prévisionnel » et « réalisé » pendant les programmes d'études CAPEMOULES 1 et 2.

Tableau 5 : Calendriers prévisionnel et réel du nombre de prélèvements d'eau et de coquillages réalisés sur la totalité des sites

Programmes	Année	Mois	Calendrier prévisionnel – Nb de prélèvements d'eau sur tous les sites*	Calendrier réel – Nb de prélèvements d'eau sur tous les sites*	Calendrier prévisionnel – Nb de prélèvements de coquillages sur tous les sites**	Calendrier réel – Nb de prélèvements de coquillages sur tous les sites**
Capemoules 1	2015	Mai	10	10	4	5
		Juin	10	10	4	4
		Juil.	10	10		
		Sept.	10	10		
		Oct.	10	10		2
	2016	Fev.	10	10		2
		Mars	10	10		4
		Avril	10	9		4
		Mai	10	10	4	
		Juin	10	2	4	
Capemoules 2	2016	Juil.		10		
		Oct.	10	9		
		Nov.	10	16		1
		Dec.	10			
	2017	Janv.	10	8		
		Fev.	10	4		
		Mars	10	14	4	3
		Avril	10	15	4	4
Mai		10				
Juin	10	13				
Juil.	10	6				
Sept.	10	7				

\*Nombre de prélèvements d'eau =10, correspond à 1 prélèvement/site

\*\*Nombre de prélèvements de coquillages = 4, correspond à 1 prélèvement/site

Il est important de prendre en considération le fait que le nombre de prélèvements et les périodes ne sont pas similaires d'une année sur l'autre : 50 prélèvements d'eau et 11 prélèvements de coquillages en 2015, 76 prélèvements d'eau et 11 prélèvements de coquillages en 2016 et 67 prélèvements d'eau et 7 prélèvements de coquillages en 2017 (Tableau 5). L'utilisation de moyenne permet ainsi de palier à ce biais méthodologique.

## 6.2. Paramètres analysés

La qualité du **milieu aquatique** est suivie en analysant des **paramètres physico-chimiques** (température, pluviométrie, pH et salinité) et des **micropolluants organiques (209 pesticides et 7 PCB)** dans l'eau.

Les mesures de température de l'eau et de pluviométrie proviennent respectivement de l'Ifremer (export Surval) et de MétéoFrance (export Aquatic – base de données interne au Département de la Vendée). Le pH, la salinité et les micropolluants organiques sont, quant à eux, analysés par le LEAV sur les échantillons d'eau.

L'analyse des micropolluants organiques est réalisée à l'aide de chromatographes en phase liquide ou gazeuse couplée à de la spectrométrie de masse en tandem après extraction liquide/liquide, liquide/solide ou par dérivation. Par ailleurs, les volumes d'échantillons d'eau analysés sont plus importants que pour des analyses de routine afin d'améliorer la sensibilité des appareils de mesure (diminution des limites de quantification et de détection pouvant aller jusqu'à un facteur 6).

Le suivi de l'état du milieu a également concerné l'analyse des **micropolluants organiques dans les moules (204 pesticides et 6 PCB)**. Des méthodes d'analyse différentes ont été utilisées pour étudier les PCB d'une part et les pesticides d'autre part. La méthode d'analyse des PCB est une extraction par liquide pressurisé (PLE), suivie d'une purification et d'une analyse par chromatographie gazeuse couplée à de la spectrométrie de masse en tandem. L'analyse des pesticides a été réalisée par extraction liquide/solide, suivie d'une purification puis d'une analyse par chromatographie liquide ou gazeuse couplée à de la spectrométrie de masse en tandem.

La méthode d'analyse des PCB est plus sensible que celle des pesticides. En effet, pour l'analyse des PCB, un facteur de concentration lors de la préparation d'échantillons et une purification plus poussée, permettent d'atteindre des limites de quantification environ 200 fois plus basses que pour l'analyse des pesticides.

Les mesures obtenues sont ensuite compilées et analysées sur Excel.

### A retenir

Les prélèvements ont été réalisés sur **6 sites continentaux** (prélèvements d'eau) et **4 sites marins** (prélèvements d'eau et de coquillages) à Banc du Nord et en baies de Bourgneuf et de l'Aiguillon de mai 2015 à septembre 2017 :

- **2015 : 50 prélèvements d'eau et 11 prélèvements de coquillages**
- **2016 : 76 prélèvements d'eau et 11 prélèvements de coquillages**
- **2017 : 67 prélèvements d'eau et 7 prélèvements de coquillages**

Analyses des paramètres physico-chimiques : pluviométrie, température, salinité, pH

Analyses de **209 pesticides et 7 PCB** dans l'eau.

Analyses de **204 pesticides et 6 PCB** dans les coquillages.

**Méthodologie analytique différente en fonction des molécules recherchées et des matrices considérées entraînant des limites de quantification différentes.**

## 6.3. Résultats dans les eaux

### 6.3.1. Suivi des paramètres physico-chimiques : pluviométrie, température, salinité, pH

Les résultats du suivi de la pluviométrie en baie de Bourgneuf (Noirmoutier « La Prée aux Ducs ») et baie de l'Aiguillon (Angles « Rue des Choreaux ») sont présentés dans le Tableau 6. Ces résultats s'étendent du 1er janvier 2015 au 31 décembre 2017.

Tableau 6 : Résultats de pluviométrie en baie de Bourgneuf et baie de l'Aiguillon

	Noirmoutier (baie de Bourgneuf)					Angles (baie de l'Aiguillon)				
	Moyenne (mm)	Min (mm)	Max (mm)	Total (mm)	Nb de valeur	Moyenne (mm)	Min (mm)	Max (mm)	Total (mm)	Nb de valeur
2015	1,66	0	35,9	607,3	365	1,97	0	63,0	720,1	365
2016	1,73	0	40,0	632,8	366	1,88	0	41,0	688,3	366
2017	1,39	0	23,6	506,8	365	1,76	0	21,0	643,2	365

Au vu des résultats de précipitations moyennes, l'année **2016 a la pluviométrie la plus importante sur le secteur de Noirmoutier et l'année 2015 sur le secteur d'Angles**. Pour les trois années d'étude, la baie de l'Aiguillon a une pluviométrie plus importante que la baie de Bourgneuf. De plus, des **pics de précipitations** sont à noter **en début d'année 2016** et sont également décrits par l'Ifremer dans les Bulletins de surveillance 2016 sur la Qualité du Milieu Marin Littoral (*Ifremer, 2017<sup>3</sup>*).

Les résultats du suivi de la température de l'eau en baie de Bourgneuf (Noirmoutier « Bois de la Chaise Large ») et baie de l'Aiguillon (Filières « Filière W ») sont présentés dans le Tableau 7 pour la période du 1er janvier 2015 au 31 décembre 2017.

Tableau 7 : Résultats de températures de l'eau en baie de Bourgneuf et baie de l'Aiguillon

	Noirmoutier (baie de Bourgneuf)				Filières (baie de l'Aiguillon)			
	Moyenne (°C)	Min (°C)	Max (°C)	Nb de valeur	Moyenne (°C)	Min (°C)	Max (°C)	Nb de valeur
2015	14,1	6,5	19,2	23	14,7	7,7	19,7	27
2016	13,7	8,8	18,3	20	14,4	9,2	21,1	28
2017	14,0	5,6	20,2	25	14,4	6,2	21,2	26

Au vu des résultats de température de l'eau, **l'année 2015 semble être l'année la plus chaude** à la fois sur la baie de Bourgneuf et celle de l'Aiguillon. Les températures apparaissent **légèrement plus douces en baie de l'Aiguillon pour les 3 années considérées**. L'Ifremer, dans son bulletin de surveillance sur la Qualité du Milieu Marin Littoral de 2015 met également en évidence la douceur des températures de l'année 2015 avec, à l'image de 2014, des températures plus chaudes que 2016 et 2017 (*Ifremer, 2016<sup>4</sup>*).

Par ailleurs, les graphes de la Figure 20 montrent la corrélation entre les données de pluviométrie et de température de l'eau pour la baie de Bourgneuf et la baie de de l'Aiguillon.

<sup>3</sup> Ifremer (2017) Qualité du Milieu Marin Littoral. Bulletin de la surveillance 2016. Départements de Loire Atlantique et Vendée (partie nord) et Départements de Charente-Maritime et Vendée (sud) Site internet : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00387/49876> ; <http://archimer.ifremer.fr/doc/00388/49905>

<sup>4</sup> Ifremer (2016) Qualité du Milieu Marin Littoral. Bulletin de la surveillance 2015. Départements de Loire Atlantique et Vendée (partie nord) et Départements de Charente-Maritime et Vendée (sud) Site internet : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00343/45426> ; <http://archimer.ifremer.fr/doc/00343/45423>

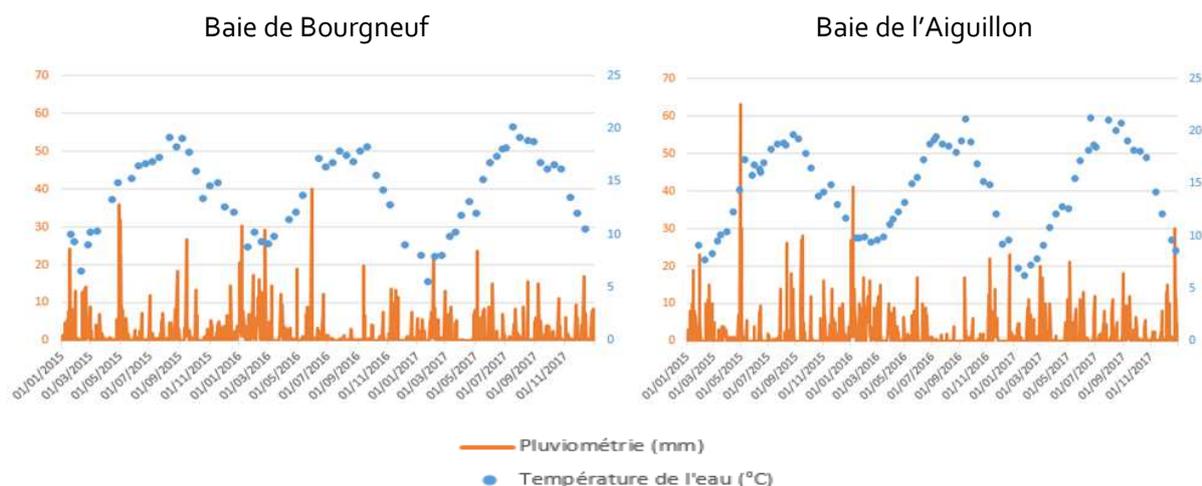


Figure 20 : Représentations graphiques des résultats de pluviométrie et de température de l'eau en baie de Bourgneuf et de l'Aiguillon de 2015 à 2017

Ces figures montrent **une saisonnalité des températures de l'eau** pour les deux sites avec une augmentation en été et une diminution en hiver. Un cycle n'est pas observé aussi nettement pour la pluviométrie. Des pics de pluviométrie sont observables sur la période de l'étude, en début d'année 2016 notamment (période hivernale) : en janvier 2016 pour les 2 baies et en février 2016 en baie de Bourgneuf uniquement.

Le Tableau 8 présente les résultats de **salinité** en baie de Bourgneuf et en baie de l'Aiguillon pour les 3 années d'étude (**mai 2015 à septembre 2017**). La salinité est mesurée à la fois sur les sites continentaux et marins pour les 2 baies.

Tableau 8 : Résultats de salinité (g/l) obtenus en baie de Bourgneuf et en baie de l'Aiguillon de mai 2015 à septembre 2017

Baies	Sites	Conti./ Mer	2015				2016				2017			
			Moy.	Min	Max	Nb	Moy	Min	Max	Nb	Moy	Min	Max	Nb
Plaine sur Mer	Banc du Nord	Mer	27,6	23,2	29,5	6	20,3	13,0	28,8	7	26,4	19,9	31,0	6
Bourgneuf	Maison Blanche	Mer	34,0	32,3	34,9	6	32,4	25,1	35,7	8	34,3	31,1	35,0	8
	Le Dain (Port du Bec)	Conti.	34,0	31,1	35,7	6	26,3	<2,0	35,1	8	33,8	<2,0	36,2	8
	La Taillée (Pont Neuf Etier de Sallertaine)	Conti.	11,0	<2,0	14,5	6	11,4	<2,0	19,7	8	8,7	<2,0	21,2	8
	Le Falleron (Port du Collet)	Conti.	30,5	22,4	35,3	6	18,5	2,0	35,0	7	27,4	6,0	36,5	8
Aiguillon	Bouchots écluseaux	Mer	34,3	32,4	35,1	6	33,3	29,9	35,3	8	34,1	30,4	35,6	8
	Filières Vendéennes	Mer	34,5	32,6	35,2	6	32,7	26,8	35,1	6	34,8	34,6	35,0	3
	Le Vieux Lay	Conti.	3,3	<2,0	4,4	6	3,8	<2,0	4,4	8	<2,0	<2,0	<2,0	5
	Le Lay	Conti.	11,7	3,1	31,3	6	11,0	<2,0	31,9	8	10,8	7,4	16,9	5
	La Raque	Conti.	7,0	4,4	8,7	6	6,8	<2,0	24,6	8	7,8	2,9	21,3	8

La salinité apparaît **plus faible en 2016** (avec une chute importante en février et mars 2016) pour tous les sites étudiés. Cette diminution peut être mise en **relation avec une pluviométrie plus importante en 2016 et particulièrement en début d'année, favorisant un apport d'eau douce sur tous les sites.**

Sur le site de Banc du Nord, la salinité est ainsi plus faible en 2016 qu'en 2015 et 2017. De plus, elle est plus faible sur ce site que sur les autres sites marins et est inférieure à la salinité de l'eau de mer (35 g/l). Cela s'explique certainement par sa position à l'embouchure de la Loire.

En baie de Bourgneuf, la salinité est également plus faible en 2016 pour tous les sites. Le site de Maison Blanche a une salinité moyenne proche de la salinité de l'eau de mer (35 g/l). Ce site peut cependant, en fonction des courants, être influencé par les arrivées d'eau douce de la Loire et celles des étiers insulaires et continentaux. Le site de La Taillée (Etier de Sallertaine – Pont Neuf) semble être le seul site continental avec une réelle influence de l'eau douce sur sa salinité avec des minimas inférieurs à 2 g/l. Cependant, les sites continentaux à l'image de ce dernier, sont également soumis à un apport d'eau de mer au vu des concentrations maximales élevées parfois observées. Les autres sites de la baie de Bourgneuf, dits continentaux (le Falleron et le Dain), ont des salinités proches du site marin de Maison Blanche mais restant toutes inférieures à 35 g/l. Il peut être envisagé que ces sites soient sous l'influence des marées du fait de leur position aux exutoires. A cela s'ajoute l'importance du moment et du lieu de prélèvement qui peuvent également influencer le résultat (marée montante/descendante, apport d'eau douce ou non, portes à la mer fermées/ouvertes, etc...).

En baie de l'Aiguillon, la diminution de salinité en 2016 ne paraît pas aussi marquée qu'en baie de Bourgneuf. Cependant les salinités semblent similaires entre les deux baies que ce soit pour les sites marins ou les sites continentaux. Ici les sites marins peuvent être influencés par les apports des fleuves côtiers et notamment la Sèvre Niortaise et le Lay. Les sites continentaux présentent des salinités principalement impactées par les arrivées d'eau douce des étiers considérés ainsi qu'une influence maritime relative aux marées. A l'image du site de la Taillée en baie de Bourgneuf, le site du Vieux Lay en baie de l'Aiguillon semble être le seul site continental avec une réelle influence de l'eau douce sur sa salinité avec des minimas inférieurs à 2 g/l.

Le Tableau 9 présente les résultats de **pH** en baie de Bourgneuf et en baie de l'Aiguillon pour les 3 années. Le pH est également mesuré à la fois sur les sites continentaux et marins.

Tableau 9 : Résultats de pH obtenus en baie de Bourgneuf et en baie de l'Aiguillon de mai 2015 à septembre 2017

Baie	Sites	Conti./ Mer	2015				2016				2017			
			Moy.	Min	Max	Nb	Moy	Min	Max	Nb	Moy	Min	Max	Nb
Plaine sur Mer	Banc du Nord	Mer	8,0	7,9	8,0	6	8,0	7,9	8,2	7	7,9	7,9	7,9	6
Bourgneuf	Maison Blanche	Mer	8,0	8,0	8,3	6	8,0	7,8	8,3	9	8,1	7,9	8,3	8
	Le Dain (Port du Bec)	Conti.	8,0	7,8	8,2	6	8,0	7,8	8,5	8	8,0	7,9	8,3	8
	La Taillée (Port Neuf Etier de Sallertaine)	Conti.	8,5	8,4	8,6	6	8,5	7,9	8,8	8	8,5	8,1	8,7	8
	Le Falleron (Port du Collet)	Conti.	8,1	7,9	8,3	6	8,1	7,7	8,6	7	8,1	7,9	8,3	8
Aiguillon	Bouchots écluseaux	Mer	8,1	8,0	8,3	6	8,0	7,9	8,1	8	8,0	7,9	8,2	8
	Filières vendéennes	Mer	8,1	8,0	8,2	6	8,1	7,9	8,2	6	8,0	8,0	8,0	3
	Le Vieux Lay	Conti.	8,2	7,7	9,0	6	8,2	7,8	8,9	8	8,3	7,8	9,1	5
	Le Lay	Conti.	8,0	7,8	8,7	6	7,9	7,7	8,3	8	7,8	7,7	7,9	5
	La Raque	Conti.	8,5	8,0	8,8	6	8,2	7,8	8,6	8	8,2	7,7	8,6	8

Aucune différence significative de pH n'apparaît entre les années et ce pour tous les sites des 2 baies et de Banc du Nord. De plus, les valeurs de pH inter-baies sont sensiblement identiques.

En baie de Bourgneuf, le pH est en moyenne 8,0 pour tous les sites à l'exception du site de La Taillée où il est en moyenne de 8,5. Ce site présente des pH différents à l'image de sa salinité qui est également différente des autres sites de la baie, qu'ils soient continentaux ou marins.

En baie de l'Aiguillon, le pH est en moyenne d'environ 8,0 pour tous les sites à l'exception des sites de La Raque et du Vieux Lay où le pH est légèrement plus élevé. Les résultats montrent des différences significatives entre les pH des sites continentaux et des sites marins. Cette différence peut s'expliquer par le phénomène d'eutrophisation (créant une augmentation du pH) en milieu continental.

Les valeurs obtenues des pH montrent une influence du continent sur ces sites au vu de la valeur moyenne de pH de l'Atlantique Nord de 8,2 (Bœuf G. et Loubersac L., 2013<sup>5</sup>).

Il faut cependant interpréter les résultats des paramètres physico-chimiques avec précaution puisqu'ils sont issus de **mesures ponctuelles** (salinité et pH) représentant l'état du milieu à un instant donné. Une mesure prise après des conditions météorologiques particulières peut fausser le résultat et amener une conclusion erronée. De même, les données de pluviométrie sont journalières et les données de température sont réalisées 2 fois par mois. Il apparaît donc **nécessaire, sur des paramètres physico-chimiques, d'acquérir de la donnée en continue** afin d'avoir une évolution temporelle fiable sur l'intégralité d'une année. De plus, ces mesures sont à associer avec la courantologie du secteur étudié afin d'envisager la dispersion d'un apport quel qu'il soit.

## A retenir

**Pluviométrie étudiée du 1 janvier 2015 au 31 décembre 2017** : Pluviométrie plus importante en baie de l'Aiguillon qu'en baie de Bourgneuf / Pluviométrie plus forte en 2016 en baie de Bourgneuf et en 2015 en baie de l'Aiguillon / Pics de pluviométrie début 2016.

**Température de l'eau étudiée du 1<sup>er</sup> janvier 2015 au 31 décembre 2017** : Température plus importante en 2015 pour les 2 baies / Température de l'eau inférieure en baie de l'Aiguillon qu'en baie de Bourgneuf / Saisonnalité des températures (chaud en été, froid en hiver).

**Salinité étudiée de mai 2015 à septembre 2017** : Salinité plus faible en 2016 => Lien avec la pluviométrie et les apports d'eau douce / Salinité de Banc du Nord inférieure à celle des sites marins => Influence de la Loire / Salinité différente entre sites marins et continentaux => Influence des eaux douces et de l'eau de mer variable en fonction des sites.

**pH étudié de mai 2015 à septembre 2017** : pH similaires entre les sites des 2 baies et dans le temps (environ 8,0-8,2) / Certains sites continentaux présentent des pH jusqu'à 8,5 => Rôle de l'eutrophisation sur les variations de pH.

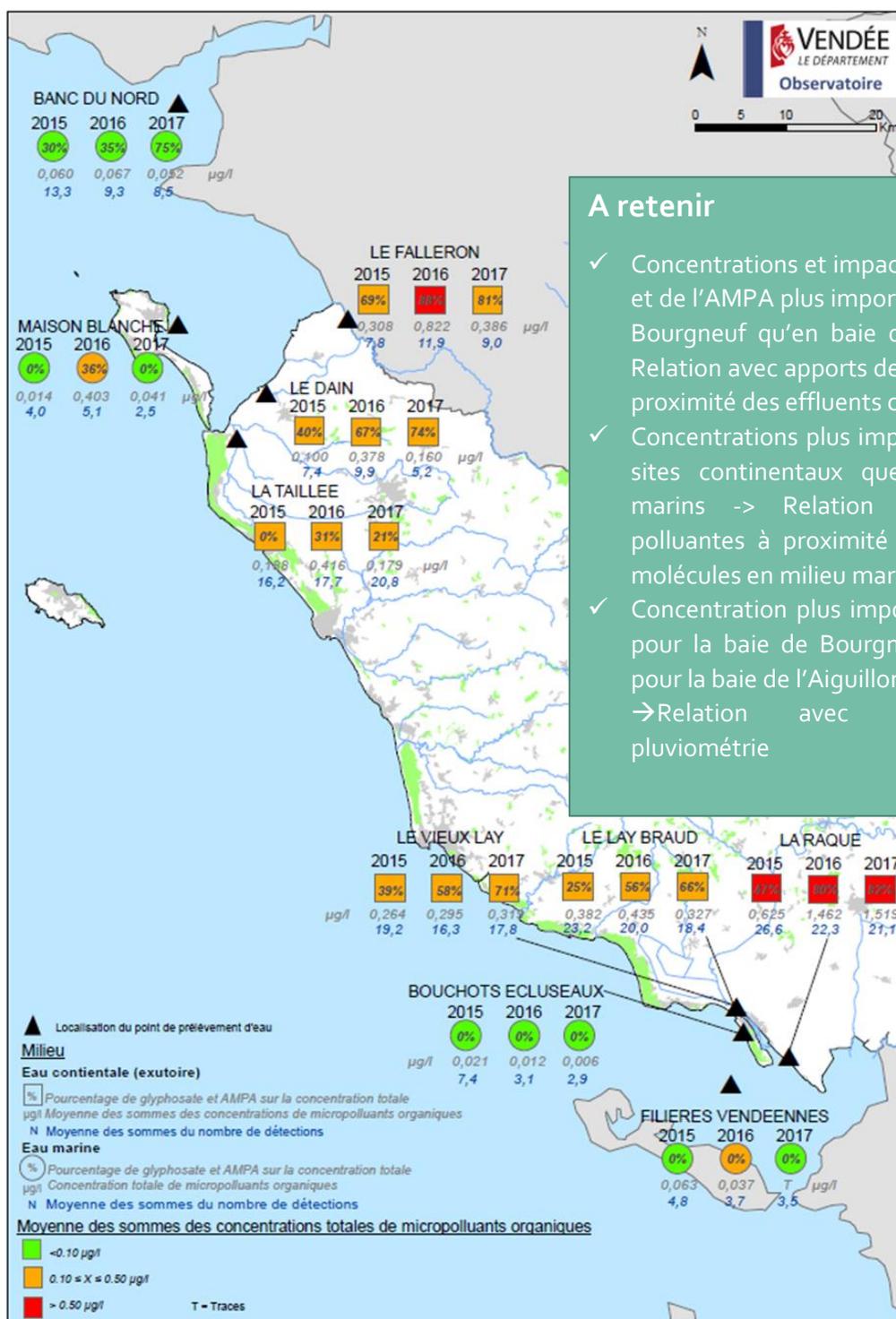
**Importance du moment de prélèvement (impact de la marée, ouvrages ouverts ou fermés, courants, etc...) pour des mesures ponctuelles.**

### 6.3.2. Suivi des micropolluants organiques dans les eaux

La Figure 21 et la Figure 22 présentent les résultats des micropolluants organiques des points de mesures d'eau continentale et marine dans les baies de Bourgneuf et de l'Aiguillon.

<sup>5</sup> Bœuf Gilles et Loubersac Lionel (2013) L'acidification de l'océan. *Tai Kona*, (3), 14-15. Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00142/25352/>

Les valeurs présentées sont des moyennes de sommes des concentrations (ci-après appelées concentrations), c'est-à-dire la moyenne annuelle des sommes mensuelles des concentrations en micropolluants organiques. Ces résultats sont représentatifs de la réalité du milieu à un instant donné.

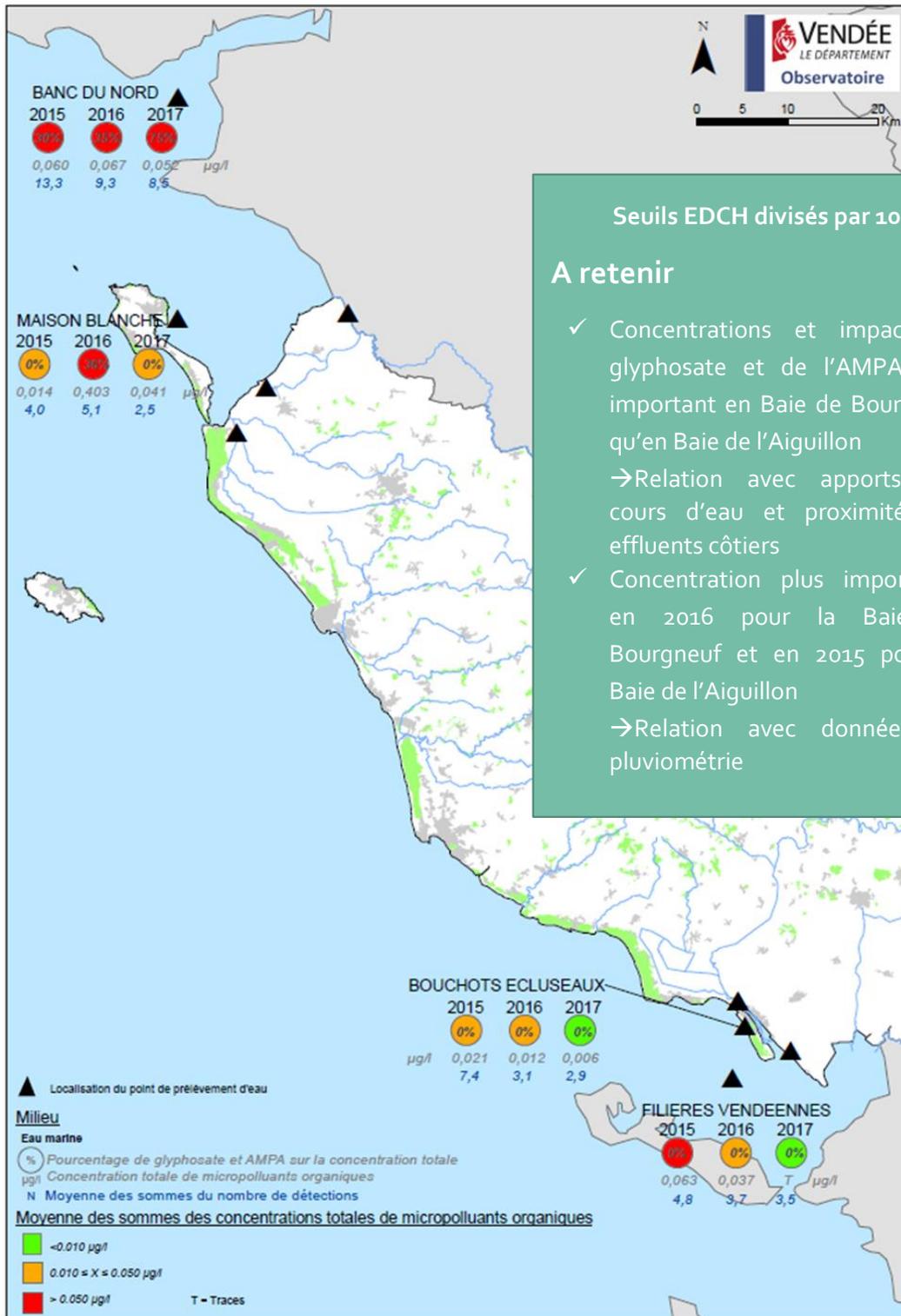


**A retenir**

- ✓ Concentrations et impact du glyphosate et de l'AMPA plus importants en baie de Bourgneuf qu'en baie de l'Aiguillon -> Relation avec apports des cours d'eau et proximité des effluents côtiers
- ✓ Concentrations plus importantes sur les sites continentaux que sur les sites marins -> Relation avec activités polluantes à proximité et dilution des molécules en milieu marin
- ✓ Concentration plus importante en 2016 pour la baie de Bourgneuf et en 2015 pour la baie de l'Aiguillon -> Relation avec données de pluviométrie

Source : CD85, LEAV – Réalisation : Observatoire SP le : 20/02/2018

Figure 21 : Moyennes annuelles des sommes des concentrations et du nombre de détection des micropolluants organiques pour tous les sites des baies de Bourgneuf et de l'Aiguillon de mai 2015 à septembre 2017 (avec seuils « eau destinée à la consommation humaine »)



Source : CD85, LEAV – Réalisation : Observatoire SP le : 20/02/2018

Figure 22 : Moyennes annuelles des sommes des concentrations et du nombre de détection des micropolluants organiques pour tous les sites des baies de Bourgneuf et de l'Aiguillon de mai 2015 à septembre 2017 (sites marins avec seuil « eau destinée à la consommation humaine » / 10)

En l'absence de valeurs seuils réglementaires concernant les concentrations de tous les micropolluants organiques étudiés dans les eaux naturelles, il est choisi de comparer nos résultats aux valeurs seuils des pesticides dans l'eau destinée à la consommation humaine (Code de la santé publique Articles R.1321-1 à R.1321-66 et annexes 13-1 à 13-3).

Ainsi, deux seuils ont été choisis :

- Un premier seuil correspondant à la limite de qualité par pesticide individuel dans l'eau destinée à la consommation humaine (EDCH) à savoir 0,10 µg/l,
- Un deuxième seuil correspondant à la limite de qualité pour la somme des pesticides dans l'EDCH à savoir 0,50 µg/l.

De plus, considérant que les concentrations seuils sont souvent inférieures dans les eaux marines que dans les eaux douces, il a été choisi de réaliser également une carte avec les seuils EDCH divisés par 10 pour les eaux marines uniquement.

Les pourcentages situés dans les symboles (cercles et carrés) représentent quant à eux la part de glyphosate et d'AMPA vis-à-vis de la concentration totale de pesticides.

Les points en orange sur la Figure 21, montrent donc les valeurs supérieures à 0,10 µg/l mais inférieures à 0,50 µg/l. Les points rouges montrent quant à eux des valeurs supérieures à 0,50 µg/l. Ces observations s'appliquent à la seconde carte mais considérant des seuils EDCH divisés par 10.

Les résultats de la Figure 21 et la Figure 22 indiquent des différences inter-annuelles au sein d'un même site, ainsi que des différences inter-sites pour une même année et cela en considérant les moyennes des sommes des concentrations et des nombres de détection.

**Les concentrations et les détections de pesticides sont plus importantes aux exutoires qu'en mer** (et ce pour les deux baies), où les pesticides sont aussi retrouvés. Ce résultat peut s'expliquer par la présence d'usages « polluants » à proximité des sites continentaux contrairement aux sites marins qui sont plus éloignés des usages humains. Cela s'explique également par la dilution en milieu marin qui est plus importante que sur le continent. Cependant, le site de Banc du Nord présente parfois des résultats plus élevés que les sites marins des deux baies, soulignant encore une fois pour ce site, l'influence du milieu continental *via* la Loire.

Les **sites marins** de la baie de Bourgneuf et de Banc du Nord présentent des concentrations et des détections plus importantes que les sites marins de la baie de l'Aiguillon. Cette observation est à considérer en corrélation avec l'impact des différents cours d'eau (Loire, cours d'eau côtiers et insulaires), de la marée, de l'éloignement des sites marins vis-à-vis du continent (sites en baie de l'Aiguillon plus éloignées que ceux de la baie de Bourgneuf et de Banc du Nord) et l'impact de cette géographie en terme d'arrivées d'eau (bouchots des Ecluseaux « abrités » des arrivées continentales).

En ce qui concerne les **sites continentaux**, les concentrations et les détections en baie de l'Aiguillon sont plus importantes qu'en baie de Bourgneuf avec le site de la Raque qui a des résultats particulièrement importants. Ces différences peuvent s'expliquer par des disparités d'activités anthropiques des deux bassins versants drainés par les fleuves côtiers ainsi que par le surfacique hydrographique différent sur les deux bassins versants. Cela va donc en faveur d'un impact des usages de pesticides au niveau des bassins versants sur la qualité de l'eau aux points de prélèvements.

**Les concentrations sont également plus importantes en 2016 (en comparaison avec 2015 et 2017) pour les sites de la baie de Bourgneuf.** Les sites marins de Banc du Nord et Maison Blanche présentent cette année-là un pic dû, notamment, pour ce dernier site, à une valeur particulièrement élevée de métribuzine (0,566 µg/l), herbicide utilisé dans la culture de la pomme de terre et quantifié en février 2016 (période de plantation de la benotte sur l'île de Noirmoutier). **En revanche, cette tendance n'est pas aussi marquée pour les sites de la baie de l'Aiguillon.** Ces observations sont à

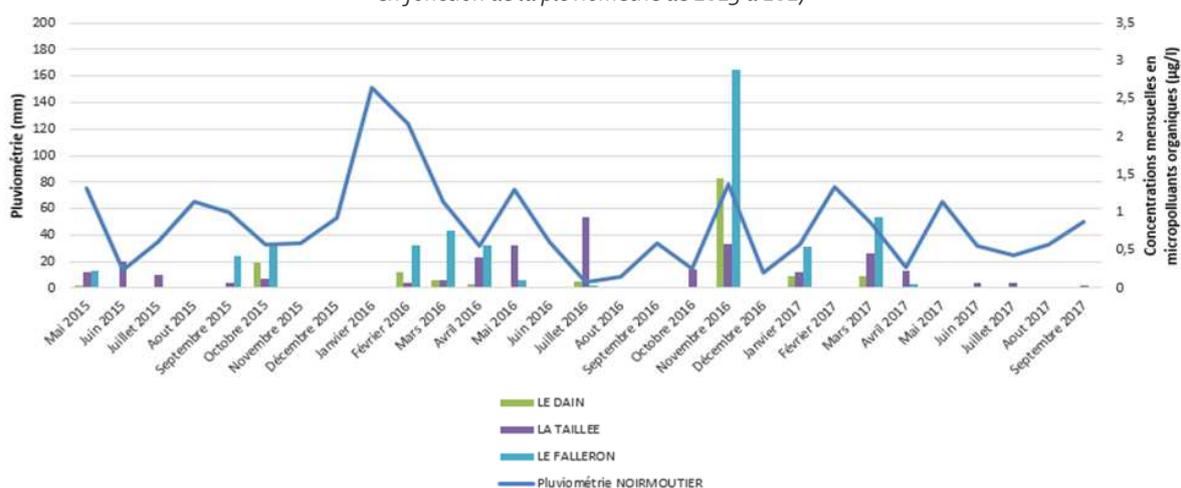
mettre en relation avec les résultats physico-chimiques exprimés précédemment et montrant des variations interannuelles de la pluviométrie et de la salinité en 2016 pour la baie de Bourgneuf et en 2015 pour la baie de l'Aiguillon. L'hypothèse d'un apport plus important d'eau douce ayant préalablement lessivé les sols est à considérer de même que l'influence des crues.

Ces cartes exposent également la part importante du glyphosate et de son métabolite l'AMPA, dont la prise en compte n'a toutefois été possible qu'à partir du mois de septembre 2015, moment à partir duquel le LEAV a analysé ces deux substances dans l'eau de mer. **Ces molécules sont présentes majoritairement (et jusqu'à 80%) sur les sites continentaux.** La plupart du temps, le glyphosate et l'AMPA ne sont pas retrouvés en milieu marin, probablement dû à une dégradation rapide de ces composés dans ce milieu.

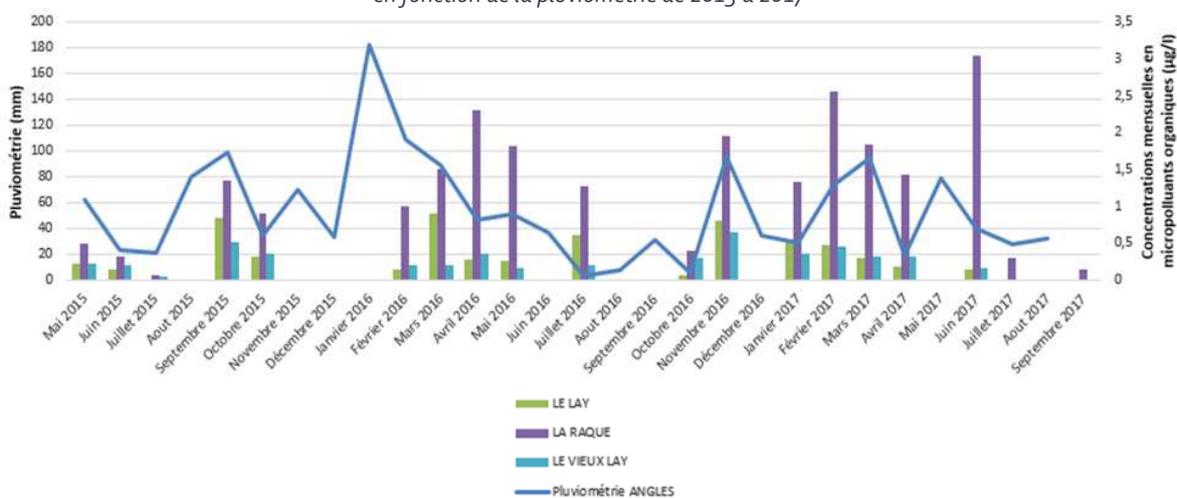
La carte dédiée aux eaux marines montre ainsi l'influence de la Loire sur le site de Banc du Nord par rapport aux autres sites marins. En effet, l'influence du glyphosate et de l'AMPA concernant ce site marin est relativement comparable aux autres sites continentaux.

Il est donc important de s'intéresser de manière plus fine à une éventuelle saisonnalité de la présence des micropolluants organiques. Ce travail est fait en considérant le nombre de détections mensuelles ou encore les concentrations mensuelles en fonction de la pluviométrie tel que représenté par la Figure 23 et aboutissant aux mêmes conclusions.

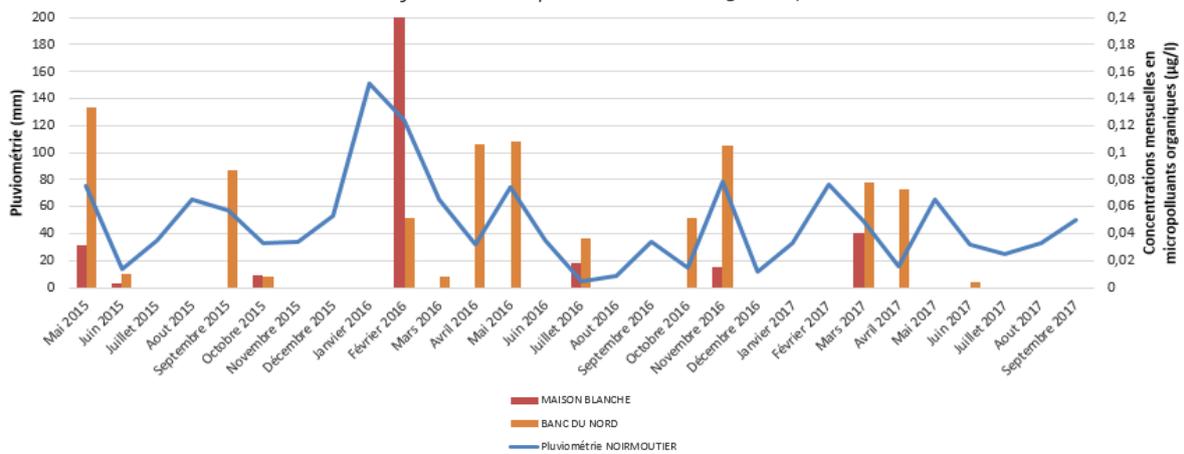
*Evolution de la concentration mensuelle des micropolluants organiques en baie de Bourgneuf en fonction de la pluviométrie de 2015 à 2017*



*Evolution de la concentration mensuelle des micropolluants organiques en baie de l'Aiguillon en fonction de la pluviométrie de 2015 à 2017*



Evolution de la concentration mensuelle des micropolluants organiques des sites marins de la baie de Bourgneuf en fonction de la pluviométrie de 2015 à 2017



Evolution de la concentration mensuelle des micropolluants organiques des sites marins de la baie de l'Aiguillon en fonction de la pluviométrie de 2015 à 2017

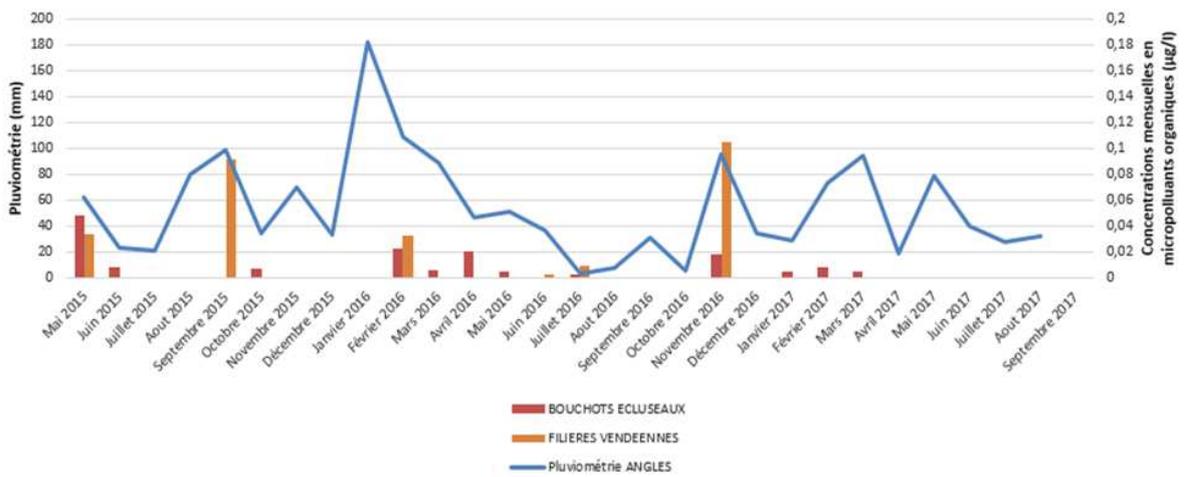


Figure 23 : Evolution de la concentration mensuelle en micropolluants organiques des sites d'études en fonction de la pluviométrie de 2015 à 2017

A la présentation de ces graphes, il est difficile d'extraire des tendances et/ou conclusions appuyées.

Cependant, **une augmentation des concentrations mensuelles de micropolluants après un épisode de pluie est parfois observée**. La présence d'une forte pluviométrie en février 2016 permet en fonction des sites soit l'observation d'une augmentation brutale des concentrations (à l'image des sites marins), soit une augmentation des concentrations qui dure sur les mois suivants pour les sites continentaux, conséquences possibles d'une période de crues.

Ainsi, la Figure 23 permet de visualiser les saisons les plus impactées par la présence de pesticides. **En 2015, les mois de mai-juin (printemps) et septembre-octobre (automne) sont les plus marqués. En 2016, l'hiver (février-mars), le printemps (avril-mai) et l'automne (octobre-novembre) sont les saisons les plus impactées par les pesticides.** Les mois de mars, avril, mai sont représentatifs de l'impact d'une crue importante suivant le fort épisode de pluie de février et/ou l'image des activités humaines de traitements à proximité. Il en est de même pour les mois d'octobre et novembre concernant l'impact des activités humaines auquel s'ajoute l'hypothèse de la présence de pesticides en conséquence des premières pluies après la saison estivale. En 2017, la période de janvier à avril est particulièrement marquée en baie de l'Aiguillon. **Des valeurs relativement élevées sont toutefois notées tout au long de l'année.**

Dans l'ensemble, les résultats précédents montrent une quasi similarité de la saisonnalité des apports de pesticides pour les sites continentaux et marins. Les sites continentaux de la baie de l'Aiguillon présentent une plus forte exposition aux pesticides que ceux de la baie de Bourgneuf et inversement pour les sites marins. De manière générale, les concentrations en micropolluants organiques et leur détection tendent à diminuer en 2017.

## A retenir

Il existe des **différences inter-annuelles et inter-sites** en termes de concentrations et de nombre de détections des pesticides.

**Les pesticides sont plus retrouvés aux exutoires qu'en mer**, en particulier le glyphosate et l'AMPA majoritairement retrouvés en milieu continental. Ces résultats sont à mettre en lien avec les paramètres physico-chimiques, les usages de polluants à proximité des sites continentaux, le lessivage des sols, l'influence des crues ou encore la dilution éventuelle des molécules en milieu marin.

**Les sites marins de la baie de Bourgneuf et de Banc du Nord présentent des détections et concentrations plus importantes que ceux de la baie de l'Aiguillon.** Ces résultats sont à mettre en relation avec l'impact des cours d'eau, la marée, les courants, etc... **Le site de Banc du Nord est plus marqué par la présence de pesticides que les autres sites marins.** Ces résultats sont à mettre en relation avec la présence de ce site à l'embouchure de la Loire

**Les sites continentaux de la baie de Bourgneuf présentent des concentrations et détections plus faibles que ceux de la baie de l'Aiguillon.** Ces résultats sont à corréliser avec les activités anthropiques des bassins versants.

**Les concentrations de pesticides sont également plus importantes en 2016 pour la baie de Bourgneuf et en 2015 pour la baie de l'Aiguillon.** Ces observations peuvent s'expliquer par les précipitations observées pour ces années sur les sites considérés.

**Les résultats précédents sont représentatifs de la réalité à un moment donné.**

## 6.4. Suivi des micropolluants organiques dans les moules

Cette partie présente les résultats des micropolluants organiques (PCB et pesticides) dans les moules. Afin de faciliter l'interprétation, les résultats des PCB ont été séparés de ceux des pesticides.

De manière générale, les résultats concernant les micropolluants organiques dans les moules montrent une présence plus récurrente des PCB que des pesticides dans les moules, à l'inverse de l'eau. Pour information, les PCB n'ont pas été retrouvés dans l'eau.

### 6.4.1. Les PCB

Les 6 PCB (25, 52, 101, 138, 153, 180) ont été analysés (Figure 24) dans les moules situées en baie de Bourgneuf (Maison Blanche), baie de l'Aiguillon (Bouchots écluseaux et Filières Vendéennes) et Banc du Nord.

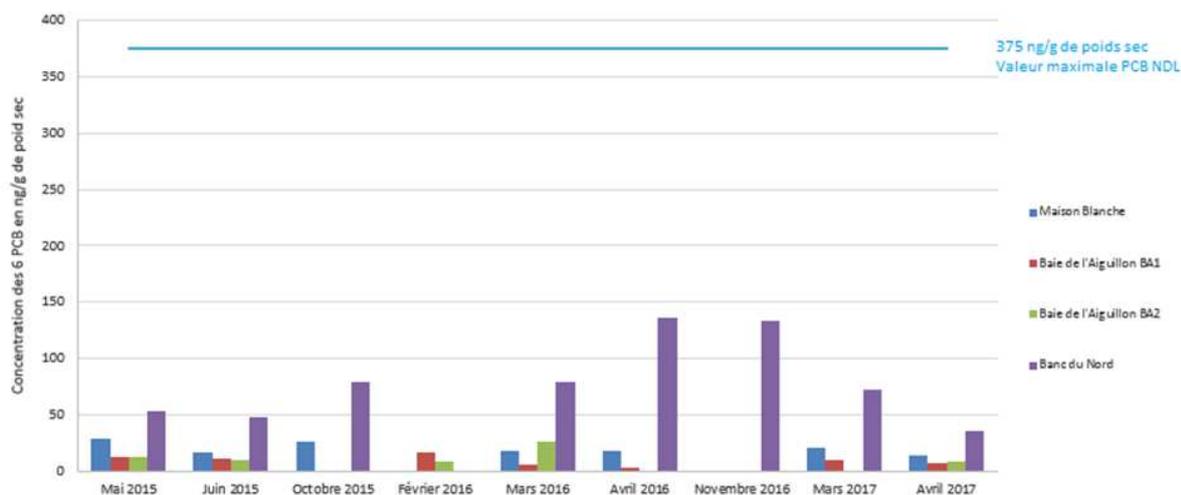


Figure 24 : Concentrations des 6 PCB dans les moules des différents sites marins de mai 2015 à septembre 2017

La Figure 24 présente une plus forte concentration des 6 PCB sur le site Banc du Nord qu'en baie de l'Aiguillon et en baie de Bourgneuf. Entre ces deux dernières baies, le site de Maison Blanche (baie de Bourgneuf) montre des concentrations plus importantes.

Une tendance saisonnière ainsi que des différences inter-annuelles sont difficilement observables sur la Figure 24. Le site de Banc du Nord présente cependant des concentrations particulièrement élevées en avril et novembre 2016.

La présence des PCB dans les moules plutôt que dans l'eau s'explique par leurs propriétés physico-chimiques. Ce sont des polluants organiques persistants qui sont fortement adsorbés sur les matières en suspension et qui s'accumulent dans l'environnement, en particulier pour certaines matrices comme les sédiments marins ou de rivière. Le caractère lipophile de ces molécules les rend aptes à pénétrer dans les organismes vivants et à s'y fixer durablement dans les tissus adipeux, une bio-accumulation est observable dans les moules par exemple (Loizeau *et al.*, 2001<sup>6</sup>).

Il est cependant important de considérer le fait que les moules ont été prélevées à différentes périodes de l'année au cours desquelles leur âge, stade de développement et cycle de reproduction n'étaient pas les mêmes ; or cela influe sur la bioaccumulation comme cela a pu être montré dans différentes études (Andral *et al.*, 2004)<sup>7</sup>.

Si les résultats sont comparés à la LMR (limite maximale de résidus) qui est une valeur réglementaire pour la commercialisation de produit alimentaire égale à 75 ng de PCB par gramme de matrice en poids humide (*version consolidée du règlement (CE) N° 1881/2006*), les valeurs maximales de PCB obtenues ne représentent que 35% de cette LMR.

Si on s'intéresse maintenant aux PCB individuellement, le Tableau 10 présente les concentrations moyennes obtenues sur les différents sites ainsi que leur comparaison avec les valeurs

<sup>6</sup> Loizeau V., Abarnou A., Menesguen A., (2001) A Model of PCB Bioaccumulation in the Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Food Web from the Seine Estuary (Eastern English Channel). *Marine Pollution Bulletin*, 43 : 242-255

<sup>7</sup> Andral B., Stanisiere JY., Sauzade D., Damier E., Thebault H., Galgani F., Boissery P., (2004) Monitoring chemical contamination levels in the Mediterranean based on the use of mussel caging. *Marine Pollution Bulletin* Volume 49 page 704-712

réglementaires OSPAR<sup>8</sup> pour chaque PCB. Les seuils OSPAR sont des valeurs réglementaires environnementales plus faibles que les LMR fixées dans le domaine alimentaire.

Tableau 10 : Résultats des concentrations moyennes des PCB individuels dans les moules et comparaison avec les seuils OSPAR

Paramètres	Valeur réglementaire OSPAR (ng/g poids sec)	Banc du Nord		Baie de Bourgneuf		Baie de l'Aiguillon	
		Concentrations moyennes (ng/g poids sec)	Comparaison n* au seuil OSPAR	Concentrations moyennes (ng/g poids sec)	Comparaison n* au seuil OSPAR	Concentrations moyennes (ng/g poids sec)	Comparaison n* au seuil OSPAR
PCB 101	6	7,6	127%	1,7	28%	1,1	19%
PCB 138	15,8	17,7	112%	4,8	30%	2,9	19%
PCB 153	80	39,5	49%	9,5	12%	5,9	7%
PCB 180	24	4,1	17%	1,3	5%	0,6	2%
PCB 28	3,2	0,2	6%	0,1	3%	0,1	3%
PCB 52	5,4	1,7	31%	0,3	6%	0,3	5%

\* Pourcentage de la concentration vis-à-vis du seuil OSPAR du PCB considéré

Les résultats expriment ainsi que les PCB individuels sont quantifiés dans 90 à 100% des cas, ce qui est conforme aux résultats d'études dans ce domaine étant donné le caractère ubiquiste de ces molécules (Abarnou A. et al., 2000<sup>9</sup>).

De plus, le Tableau 10 montre que les concentrations moyennes des deux baies sont en général de 2 à 30% des seuils OSPAR. Les concentrations moyennes de Banc du Nord sont quant à elles de 6 à 130% des seuils OSPAR.

Les PCB sont issus de l'activité humaine et particulièrement de l'activité industrielle et chimique. Au vu des résultats sur le site de Banc du Nord, il peut être mis en évidence l'impact de la Loire sur ce site qui apporterait les effluents d'un bassin versant industrialisé.

La présence de PCB dans les moules s'explique donc par la présence de PCB dans le milieu issu de contaminations directes ou remise en suspension des sédiments.

Cependant comme précisé précédemment les teneurs observées sont également dépendantes du stade de développement des individus, en particulier leur stade de reproduction qui influe sur la teneur lipidique des tissus et donc directement sur leur capacité de bioaccumulation (Casas S., 2007)<sup>10</sup>.

#### 6.4.2. Les pesticides

Les pesticides sont également analysés (Tableau 11) dans les moules élevées en baie de Bourgneuf (Maison Blanche), baie de l'Aiguillon (Bouchots des Ecluseaux et filières vendéennes) et à Banc du Nord.

<sup>8</sup> Convention OSPAR (1992) instrument actuel qui oriente la coopération internationale sur la protection du milieu marin de l'Atlantique Nord-Est et établit les valeurs sanitaires seuils (European Community) ou environnementales (Ecotoxicological Assessment Criteria) en dessous desquelles on ne constate aucun effet chronique sur la santé des consommateurs (EC) ou sur les espèces marines, notamment les plus sensibles (EAC). Ces valeurs sont apparentées aux NQE de la DCE. Pour le biote elles sont définies dans les huîtres et les moules pour 3 métaux, 8 HAP, 7 congénères des PCB, le lindane et le TBT.

<sup>9</sup> Abarnou A., Burgeot T., Chevreuil M., Le Boulenger F., Loizeau V., Madoulet-Jaouen A., Minier C. (2000) Les contaminants organiques : quels risques pour le monde vivant ? Ifremer

<sup>10</sup> Casas S. (2007) Modélisation de la bioaccumulation des contaminants organiques (PCB, DDT et HAP) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Convention Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse n°2006-1898. Direction des Opérations et Laboratoire Ifremer Environnement Ressources Provence Azur Corse

Tableau 11 : Nombre de détection des pesticides dans les moules et comparaison aux valeurs réglementaires

Molécules pesticides	Nombre de détection total	Nombre de détection Banc du Nord	Nombre de détection baie de Bourgneuf	Nombre de détection baie de l'Aiguillon	Concentration quantifiée maximale (ng/g poids sec)	Concentration quantifiée maximale (ng/g poids humide)	LMR cuisse de grenouille* (ng/g poids humide)	Comparaison* concentration quantifiée max / LMR
Azoxystrobine	1/26	1/8	0/6	0/12	Traces < 10	1,4	10	14%
Bifenthrine	4/26	0/8	2/6	2/12	48	13,3	10	133%
Diflufenicanil	2/26	2/8	0/6	0/12	Traces < 10	2,1	20	11%
Diméthénamide	1/26	1/8	0/6	0/12	Traces < 10	1,7	10	17%
Ethoprophos	4/26	1/8	0/6	3/12	31	9,2	/	/
Fénuron	1/26	1/8	0/6	0/12	Traces < 10	2,4	/	/
Fluroxypir	1/26	0/8	0/6	1/12	Traces < 10	1,7	10	17%
Métabenzthiazuron	3/26	0/8	1/6	2/12	Traces < 10	2,3	/	/
Phosphate de tributyl	4/26	0/8	1/6	3/12	14	2,7	/	/
Phtalimide (métabolite du Folpel)	2/26	1/8	1/6	0/12	30	6,4	50	13%
Prosulfocarbe	4/26	1/8	1/6	2/12	Traces < 10	1,8	10	18%
Terbutryne	3/26	0/8	0/6	3/12	Traces < 10	2,2	/	/

26 = nombre total de prélèvements

\*seule LMR comparable pour les moules (EU Pesticides database)

\*\*représentation de la part de la concentration quantifiée maximale vis-à-vis de la LMR

**Seuls les pesticides cités dans le Tableau 11 sont détectés dans les moules échantillonnées sur les 3 années parmi les 204 molécules recherchées.** De plus, il apparaît que certaines molécules sont, au maximum, détectées à l'état de traces et ne sont pas quantifiées.

Le Tableau 11 indique ainsi que les pesticides sont moins détectés dans les moules que les PCB. Cela peut être dû soit à une présence plus faible des pesticides soit au fait que les limites de quantification (LQ) des pesticides (10 ng/g de produit sec) sont plus élevées que celles des PCB (0,05 ng/g de produit sec) dans le cadre de cette étude. Cette différence est due à la fois à un facteur de concentration plus important pour l'analyse des PCB que des pesticides et à une purification plus poussée.

**La comparaison inter-sites permet d'observer que les sites de la baie de l'Aiguillon sont les plus impactés par la présence des pesticides dans les moules par rapport aux sites de Banc du Nord et de la baie de Bourgneuf.**

Le choix est fait de comparer les valeurs maximales de pesticides obtenues dans les moules avec la **LMR cuisse de grenouille** de chaque molécule (absence de valeur réglementaire environnementale plus adaptée). **Ces comparaisons indiquent que seul la bifenthrine, insecticide autorisé, présente une valeur maximale dépassant la LMR (133%) sur le site de Maison Blanche, alors que les autres molécules sont largement inférieures aux LMR (environ 20%).**

A l'image des résultats des PCB, il faut prendre en compte le fait que les moules échantillonnées ne sont pas les mêmes d'années en années et que leur état physiologique peut différer en fonction de la date de prélèvement et du lieu. **De plus, il est actuellement difficile de conclure à un réel impact de ces molécules (pesticides et PCB) sur les coquillages au vu de la faible disponibilité de valeurs réglementaires et d'études écotoxicologiques pour toutes les molécules. Il est donc difficile de faire le lien entre les molécules retrouvées, leurs concentrations maximales, et la cause des mortalités de coquillages, ainsi qu'un éventuel impact sur l'homme.**

## A retenir

Les PCB sont plus retrouvés dans les moules que dans l'eau au vu de leur propriété chimique lipophile. Cette présence dans les moules reste cependant conforme aux teneurs habituellement observées dans ce type d'organisme.

Les PCB sont majoritairement retrouvés à Banc du Nord. Les concentrations maximales de la somme des 6 PCB retrouvées sur les sites ne représentent que 35% de la LMR (=75ng de PCB / g de matrice en poids humide). Les PCB individuels sont retrouvés dans 90 à 100% des cas du fait de leur caractère ubiquiste. Les concentrations maximales des PCB individuels représentent 2 à 30% des seuils OSPAR pour les 2 baies contre 6 à 130% pour Banc du Nord ; l'impact de la Loire sur ce site est fortement envisageable.

Seuls 12 des 204 molécules de pesticides ont été retrouvées dans les moules pour tous les sites et sur 3 ans. Certaines de ces molécules sont parfois retrouvées au maximum à l'état de traces. Le site de la baie de l'Aiguillon présente cependant de plus fortes concentrations que ceux de Banc du Nord et de la baie de Bourgneuf. Seule la bifenthrine dépasse la LMR sur Maison Blanche.

Il est important de considérer la période de prélèvement ainsi que l'état physiologique des moules au moment du prélèvement ; cela pouvant influencer le résultat.

De plus, les limites de quantifications sont différentes entre les PCB et les pesticides.

Enfin, l'absence de seuils réglementaires applicables à notre étude rend les conclusions difficiles.

## 6.5. Correspondance entre les milieux

Après avoir étudié les pesticides et les PCB dans l'eau puis ces molécules dans les coquillages, il est nécessaire de s'intéresser au lien éventuel entre contaminations des eaux et contaminations des coquillages. En effet, les moules sont des organismes filtreurs dont le taux de filtration varie mensuellement et en fonction de la température de l'eau. Selon Small et al (1997)<sup>11</sup>, les moules ont une capacité de filtration particulièrement développée de mai à septembre et filtrent peu l'hiver, mais avec une possibilité de filtrer en 48h plus de 100 litres d'eau (en fonction des conditions environnementales).

Il est ainsi important de considérer les molécules et particulièrement les familles d'usages lors de la comparaison entre contamination du milieu et des organismes.

### 6.5.1. Exutoires / Eaux marines

Le Tableau 12 reprend les principaux usages des molécules retrouvées en milieu marin et continental.

---

<sup>11</sup> Smaal, A.C., A.P.M.A. Vonck and M. Bakke. 1997. Seasonal variation in physiological energetics of *Mytilus edulis* and *Cerastoderma edule* of different size classes. *J. Mar. Biol. Ass.U.K* 77: 817-838.

Tableau 12 : Tableaux synthétiques des molécules retrouvées annuellement (exprimées en pourcentages) en fonction de leur usage premier (source Index Phytosanitaires Acta 2017<sup>12</sup>)

### Banc du Nord

	2015	2016	2017
Herbicides (n=89)	56,6%	57,0%	61,8%
Fongicides (n=44)	15,1%	20,0%	14,7%
Insecticides (n=69)	1,9%	3,0%	2,9%
Produits industriels (n=4)	9,4%	6,2%	2,9%
Molluscicides (n=1)	9,4%	7,7%	11,8%
HAP (n=1)	0,0%	1,5%	0,0%
Autres (n=8)	7,6%	4,6%	5,9%

### Baie de Bourgneuf

	Port du Collet (Le Falleron)			Port du Bec (Le Dain)			Pont Neuf (La Taillée)		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Herbicides (n=89)	51,3%	62,7%	53,7%	45,9%	66,8%	45,2%	55,6%	62,9%	59,2%
Fongicides (n=44)	12,8%	15,7%	13,0%	13,5%	11,6%	12,8%	23,6%	16,2%	18,4%
Insecticides (n=69)	0%	4,8%	3,7%	0%	2,9%	6,5%	1,2%	2,4%	2,4%
Produits industriels (n=4)	12,8%	6,0%	5,5%	10,8%	5,8%	6,5%	6,2%	5,6%	5,6%
Molluscicides (n=1)	12,8%	3,6%	9,3%	13,5%	4,3%	6,5%	7,4%	6,5%	6,4%
HAP (n=1)	0%	1,2%	0%	0%	1,4%	0%	0%	0,8%	0,8%
Autres (n=8)	10,3%	6,0%	14,8%	16,3%	7,2%	22,5%	6,2%	5,6%	7,2%

	Maison Blanche		
	2015	2016	2017
Herbicides (n=89)	30,0%	60,0%	33,4%
Fongicides (n=44)	15,0%	11,4%	13,3%
Insecticides (n=69)	10,0%	0%	0%
Produits industriels (n=4)	20,0%	11,4%	13,3%
Molluscicides (n=1)	15,0%	5,7%	0%
HAP (n=1)	0%	2,9%	0%
Autres (n=8)	10,0%	8,6%	40,0%

### Baie de l'Aiguillon

	Le Vieux Lay			Le Lay			La Raque		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Herbicides (n=89)	55,2%	52,6%	66,3%	62,1%	60,8%	63,0%	63,9%	62,2%	61,5%
Fongicides (n=44)	24,0%	26,3%	19,1%	20,7%	20,7%	16,3%	21,8%	20,5%	19,6%
Insecticides (n=69)	3,1%	2,7%	3,4%	1,6%	2,1%	3,3%	0,8%	1,3%	2,0%
Produits industriels (n=4)	6,3%	6,1%	3,4%	5,2%	4,3%	4,3%	4,5%	3,8%	4,0%
Molluscicides (n=1)	6,3%	6,1%	5,6%	4,3%	5,0%	5,4%	4,5%	3,2%	5,4%
HAP (n=1)	0%	1,8%	0%	0,9%	2,1%	0%	0%	1,9%	1,4%
Autres (n=8)	5,1%	4,4%	2,2%	5,2%	5,0%	7,7%	4,5%	5,1%	6,1%

	Bouchots Les Ecluseaux			Filières vendéennes		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Herbicides (n=89)	29,7%	32,0%	25,0%	37,5%	31,8%	28,6%
Fongicides (n=44)	21,6%	4,0%	10,0%	0%	4,5%	14,2%
Insecticides (n=69)	8,1%	0%	5,0%	16,7%	4,5%	0%
Produits industriels (n=4)	16,2%	28,0%	25,0%	25,0%	27,4%	28,6%
Molluscicides (n=1)	10,8%	8,0%	10,0%	8,3%	9,1%	0%
HAP (n=1)	0%	8,0%	0%	0%	9,1%	0%
Autres (n=8)	13,6%	20,0%	25,0%	12,5%	13,6%	28,6%

<sup>12</sup> Index Phytosanitaires Acta 2017 (Octobre 2016) Edition Acta Edition

**Les résultats des familles d'usages montrent la présence majoritaire des herbicides sur tous les secteurs et pour les 3 années considérées.** La deuxième famille de molécules présente est celle des fongicides. Il est intéressant de constater qu'en milieu continental, le pourcentage d'herbicides est globalement plus important qu'en milieu marin. Cela s'explique par le fait que les herbicides sont des composés généralement hydrophiles, se dégradant relativement rapidement. **Les résultats montrent également la présence systématique de molluscicide (métaldéhyde) dans les eaux étudiées.**

En milieu continental, les herbicides et les fongicides sont les molécules le plus souvent rencontrées ainsi que sur le site de Banc du Nord, décrit comme marin, mais qui présente des familles de molécules similaires aux sites continentaux. Cela pourrait une fois de plus s'expliquer en partie par l'influence de la Loire sur cette zone.

Le tableau 10 montre que **certaines molécules sont détectées dans plus d'un cas sur deux en milieu marin** : le **phosphate de tributyl** (retardateur de flamme et anti-mousse ; 67 % des cas) et **l'anthraquinone** (répulsif pour oiseaux et produit industriel ; 54 % des cas). L'ensemble de ces pesticides est également fortement présent dans les eaux continentales (entre 57 et 77 % des cas), laissant présager d'une dégradation relativement lente de ces pesticides dans l'environnement, si ces détections proviennent des exutoires continentaux.

Tableau 13 : Correspondance entre les milieux : exutoires / sites marins

Molécules	Taux détection exutoires (6 sites)	Taux détection eaux marines (4 sites)	Utilisation
Métaldéhyde	82%	40%	Molluscicide
Anthraquinone (interdit 2009)	77%	54%	Répulsif oiseaux, produit industriel
Phosphate de Tributyl	74%	67%	Retardateur de flamme, anti-mousse
Tébuconazole	70%	13%	Fongicide
AMPA	66%	17%	Métabolite herbicide
Boscalid	58%	10%	Fongicide
Cyproconazole	52%	8%	Fongicide
Métolachlore (interdit 2003)	51%	49%	Herbicide

A l'heure actuelle, **il est difficile de déterminer si les concentrations et les nombres de détection obtenus en micropolluants organiques sont délétères pour les organismes aquatiques marins.** En effet, une **NQE-MA<sub>marine</sub>** (normes de qualité environnementale en milieu marin) **ou une PNEC<sub>marine</sub>** (Concentration Prédite Sans Effet pour les organismes aquatiques en milieu marin), **représentant des seuils de toxicité, n'est pas toujours attribuée pour les micropolluants organiques** recherchés dans cette étude. Ainsi, parmi les 216 paramètres recherchés, **86 ont une NQE-MA<sub>marine</sub> et/ou une PNEC<sub>marine</sub> attribuée. Ces seuils ont été dépassés pour seulement 5 micropolluants** sur la période 2015 à 2017 pour l'ensemble des sites marins. Ces 5 micropolluants sont le 2,4-MCPA (herbicide ;  $PNEC_{Eau\ marine} = 0,05 \mu g/l$ ), l'irgarol (algicide ;  $PNEC_{Eau\ marine} = 0,010 \mu g/l$  ;  $NQE-MA_{Eau\ marine} = 0,00017 \mu g/l$ ) et le métazachlore (herbicide ;  $PNEC_{Eau\ marine} = 0,00019 \mu g/l$ ) pour Banc du Nord, ainsi que le chlortoluron (herbicide ;  $PNEC_{Eau\ marine} = 0,010 \mu g/l$ ) et l'aminotriazole (herbicide ;  $PNEC_{Eau\ marine} = 0,008 \mu g/l$ ) sur les filières. Leur taux de détection respectif sont cependant de 2,7%, 0,05%, 1%, 1,8% et 0,1%. En l'état actuel de nos connaissances, cette étude est innovante car elle permet de déterminer la présence d'une large gamme de micropolluants organiques quand la littérature scientifique n'offre qu'un panel très limité de ces paramètres pour le milieu marin français.

## 6.5.2. Eaux marines / Moules

Le Tableau 14 fait le lien entre les molécules retrouvées dans l'eau des sites marins ainsi que celles retrouvées dans les moules et ce lorsque le taux de détection dans l'eau dépasse les 10%.

Tableau 14 : Synthèse des taux de détections des micropolluants organiques dans l'eau marine et les coquillages de 2015 à 2017 pour les 4 sites marins (taux de détection eau marine > 10%)

Molécules	Taux détection eaux marines (4 sites)	Taux détection moules	Utilisation
Phosphate de tributyl	67%	14%	Retardateur de flamme, anti-mousse
Anthraquinone (interdit depuis 2009)	54%	0%	Répulsif oiseaux, produit industriel
Metolachlore (interdit depuis 2003)	49%	0%	Herbicide
Metaldehyde	40%	0%	Molluscicide
Atrazine desethyl (interdit depuis 2003)	31%	0%	Métabolite Herbicide
AMPA	17%	0%	Métabolite Herbicide
Tebuconazole	13%	0%	Fongicide
Prosulfocarbe	12%	14%	Herbicide
Boscalid	10%	0%	Fongicide

Le Tableau 14 montre que **les molécules majoritairement retrouvées dans l'eau ne sont pas celles qui sont le plus détectées dans les coquillages à l'exception du phosphate de tributyl et du prosulfocarbe.**

Ces observations sont à mettre en lien avec les limites de quantifications utilisées en laboratoire à la fois pour la détection des micropolluants dans l'eau et dans les coquillages.

Le Tableau 15 s'intéresse quant à lui aux molécules majoritairement présentes dans les coquillages et dont le taux de détection dépasse les 10%.

Tableau 15 : Synthèse des taux de détections des micropolluants organiques dans l'eau marine et les coquillages de 2015 à 2017 pour les 4 sites marins (taux de détection moules > 10%)

Molécules	Taux détection eaux marines (4 sites)	Taux détection moules	Utilisation
PCB	0%	90-100%	Isolants électriques
Bifenthrine	0%	14%	Insecticide
Phosphate de tributyl	67%	14%	Retardateur de flamme, anti-mousse
Prosulfocarbe	12%	14%	Herbicide
Ethoprophos	0%	14%	Insecticide
Metabenzthiazuron	0%	10%	Herbicide
Terbuthryne	1%	10%	Herbicide

**Le Tableau 15 met en évidence la présence d'accumulation de micropolluants organiques dans les moules qui ne sont pas détectés dans les eaux marines, à l'image des PCB.**

Le Tableau 14 et le Tableau 15 montrent que **le phosphate de tributyle et le prosulfocarbe sont les 2 molécules retrouvées dans plus de 10% des cas, à la fois dans les eaux marines et les moules des 4 sites marins étudiés.** Le phosphate de tributyle est issu de contaminations industrielles alors que le prosulfocarbe est un herbicide.

**De manière générale la présence des molécules dans l'eau et/ou les moules s'explique par leurs propriétés chimiques et leur affinité envers les matrices (lipophile, hydrophile, etc...). Ainsi, les propriétés hydrophiles des herbicides expliquent leur présence importante dans l'eau.** La rémanence

des insecticides et des PCB explique quant à elle leur présence dans les moules et leur absence dans l'eau.

### A retenir

L'étude montre que les herbicides sont les molécules majoritairement retrouvées dans les eaux, puis en second temps les fongicides. Ces résultats s'appliquent particulièrement aux sites continentaux et à Banc du Nord.

Deux molécules sont retrouvées dans 1 cas sur 2 aux exutoires et en eau marine :

- Phosphate de tributyl : retardateur de flamme et anti-mousse ; produit industriel
- Anthraquinone : répulsif à oiseaux et produit industriel

Si on compare aux 86 NOE-MA et/ou PNEC disponibles, sur les 216 molécules recherchées, seules 5 ont dépassé les seuils entre mai 2015 et septembre 2017.

Si on fait le lien entre les résultats dans l'eau et ceux des coquillages, les molécules majoritairement retrouvées dans l'eau ne sont pas celles qui sont le plus détectées dans les coquillages à l'exception du phosphate de tributyl et du prosulfocarbe (herbicide) retrouvés dans l'eau et les coquillages dans plus de 10% des cas. De même, les molécules qui s'accumulent dans les coquillages ne sont pas forcément retrouvées dans l'eau, à l'image des PCB.

L'étude peut également, au vu des résultats, mettre en évidence la dégradation des molécules entre les sites continentaux et marins.

## 6.6. Conclusion

Les études CAPEMOULES 1 et 2 ont permis d'examiner les micropolluants organiques dans l'eau (marine et continentale) et les coquillages (moules) des sites mytilicoles des Pays de la Loire, ainsi que les paramètres physico-chimiques de ces zones.

Les données physico-chimiques ont mis en évidence une pluviométrie plus importante en 2016 pour la baie de Bourgneuf et en 2015 pour la baie de l'Aiguillon. Dans l'ensemble, cette dernière baie présente une pluviométrie plus importante que la baie de Bourgneuf et des pics sont constatés sur l'ensemble du territoire en début d'année 2016. Il est possible de faire le lien avec une baisse de la salinité cette année-là et particulièrement en février et mars. Ces observations peuvent s'expliquer par un apport d'eau douce plus important faisant diminuer la salinité sur tous les sites. Les résultats de température de l'eau mettent quant à eux en évidence une année 2015 plus chaude que les autres, ainsi qu'un cycle saisonnier des températures de l'eau sur les différents sites (plus chaud en été et plus froid en hiver). Enfin, le pH apparaît similaire entre les deux baies et entre sites marins et continentaux (à l'exception de certains sites continentaux où le pH est plus élevé : la Taillée et la Raque ; en lien avec les phénomènes d'eutrophisation). Cela montre également l'influence du continent sur les sites marins.

Les résultats des micropolluants organiques dans les eaux ne mettent pas en évidence la présence des PCB au vu de leur propriété chimique mais celle des pesticides.

Les concentrations ainsi que les détections des pesticides sont plus importantes dans l'eau des étiers qu'en mer, où les pesticides sont également retrouvés. En milieu continental, les

concentrations et les détections sont **plus importantes en baie de l'Aiguillon qu'en baie de Bourgneuf**. Cela peut s'expliquer par des différences d'usages de produits phytosanitaires entre les deux baies. En **milieu marin**, à l'inverse, les concentrations et les détections **sont plus importantes en baie de Bourgneuf qu'en baie de l'Aiguillon**. Cela peut provenir de l'impact potentiellement plus direct des fleuves côtiers (continentaux et insulaires), des courants, etc... en baie de Bourgneuf qu'en baie de l'Aiguillon.

L'influence du **glyphosate** et de son métabolite **l'AMPA** est également à prendre en compte dans ces différences entre les milieux pour les deux baies. En effet, l'impact de cet herbicide et de son métabolite est **plus important en milieu continental** qu'en milieu marin où il se détériore relativement rapidement.

Une **augmentation** des concentrations de pesticides est également observée **en 2015 en baie de l'Aiguillon et en 2016 en baie de Bourgneuf** de manière plus ou moins marquée sur les sites continentaux et sur les sites marins, créant un **lien possible avec l'augmentation de la pluviométrie**, favorisant le lessivage des sols ainsi que les périodes de crues.

Malgré des valeurs élevées toute l'année, **certaines saisons sont plus impactées que d'autres** (fin de l'hiver, début du printemps, partie de l'automne) conséquence des usages humains à proximité, de la météorologie et de ses conséquences (lessivages des sols, crues, etc...).

Concernant les résultats des **micropolluants organiques dans les moules**, les **PCB** sont les molécules **majoritairement retrouvées**. Les pesticides sont moins quantifiés du fait de la méthodologie et/ou de leur présence moins importante dans les coquillages.

Ainsi, les **PCB**, d'origine industrielle et chimique, sont **quantifiés dans 90 à 100% des cas** (concentrations maximales des 6 PCB dans les moules représentant **jusqu'à 35% de la LMR**). Leurs concentrations sont les plus élevées dans les moules de Banc du Nord. Les concentrations maximales de chaque PCB sont de **6 à 130% des seuils OSPAR pour Banc du Nord** et de **2 à 30% des seuils OSPAR pour les deux baies**. Cela s'explique soit par une plus importante filtration des moules soit par la présence de PCB plus marquée sur ces sites (apports directs et/ou remise en suspension) et notamment Banc du Nord dont l'influence de la Loire est notable.

Concernant les **pesticides**, seuls **12 sur 204 sont retrouvés dans les moules** avec pour certains, des concentrations maximales à l'état de traces. Une fois de plus, les pesticides sont **plus présents dans les moules élevées à Banc du Nord** que dans les deux baies.

Si on s'intéresse à la correspondance entre les milieux, **les concentrations et les détections sont plus faibles en milieu marin qu'en milieu continental**, ce qui s'explique par le facteur de dilution beaucoup plus important en mer qu'en cours d'eau et par des stabilités de micropolluants organiques limitées dans le milieu. Lorsque les pourcentages de détections en micropolluants organiques sont similaires entre les milieux aquatiques, cela suggère soit une grande stabilité du micropolluant organique soit une possible utilisation de celui-ci directement proche des 2 milieux.

Les **herbicides sont également majoritairement retrouvés sur les sites continentaux et les produits industriels sur les sites marins**. Le site de Banc du Nord présente ces deux familles d'usages en part importante.

Enfin, **les molécules les plus détectées dans l'eau ne sont pas forcément les plus détectées dans les moules et inversement** (à l'image des PCB majoritairement retrouvés dans les moules mais pas dans l'eau). Cependant, certaines molécules sont **communes aux deux matrices : le phosphate de tributyle** (produit industriel détecté à plus de 10% dans l'eau et les moules) et le **prosulfocarbe** (herbicide détecté à plus de 10% dans l'eau et les moules).

En conclusion, **l'étude des micropolluants organiques dans l'eau et les moules est ainsi à mettre en lien avec les paramètres physico-chimiques**, en gardant à l'esprit que ces études sont des mesures ponctuelles, révélatrices de l'état du milieu à un instant donné. Il serait nécessaire d'ajouter des analyses en continue afin d'obtenir une évolution temporelle fiable à l'image des acquisitions haute fréquence des données physico-chimiques et qualitatives de l'eau.

**Ces études permettent également de considérer la présence de micropolluants organiques dans l'eau et les moules.** Le lien entre les molécules présentes dans l'eau et celles présentes dans les moules est encore difficile au vu des méthodes analytiques disponibles et des pratiques d'échantillonnage réalisables. **L'absence de valeurs seuils réglementaires adaptées** aux différentes matrices et au panel de molécules empêche également l'étude de l'impact de ces molécules sur l'environnement et sur les coquillages. Enfin, il serait aussi pertinent de pouvoir s'intéresser aux effets « cocktail » sur les coquillages afférents à la présence simultanée de molécules dans l'eau.

## Conclusion générale

Cet outil a permis de caractériser les élevages de moules sur les différents bassins mytilicoles ligériens en terme de :

- Captage
- Mortalité
- Qualité du milieu

Cette étude nous apporte des références et des ratios utiles en vue d'optimiser les conditions d'élevage mais aussi de sensibiliser des acteurs du territoire.

Dans le contexte actuel des mortalités mytilicoles, qui durent depuis 2014, il est important pour les professionnels de disposer de ces éléments de connaissance sur la qualité du milieu dans lequel s'inscrivent leurs élevages.

Malgré toute l'attention portée aux résultats obtenus au cours de ces trois années d'étude, il nous est impossible d'émettre des liens de cause à effet entre les mortalités observées et les paramètres physico-chimiques du milieu. En effet, le recul temporel ne semble pas être suffisant pour émettre des corrélations entre les différents facteurs étudiés. C'est pourquoi, il serait pertinent de poursuivre l'acquisition de données dans le temps.

## Remerciements

Les remerciements s'adressent aux professionnels partenaires de l'étude pour leur implication dans les différents suivis (réalisation des prélèvements d'eaux et de moules, embarquement des chargés d'étude, fourniture des cordes et mise à disposition gracieuse de pieux) : Alain GENDRON, Emmanuel BERTAUD, Richard GORICHON, Frédéric AUNIS, Hugo BAUDET et les mytiliculteurs du syndicat conchylicole de La Plaine sur Mer.

## Table des illustrations

Figure 1 : Situation des bassins de production mytilicole sur le CRC PDL .....	2
Figure 2 : Localisation des sites de suivi du captage mytilicole .....	4
Figure 3 : Localisation des sites de suivi du captage en 2017 sur la baie de l'aiguillon .....	4
Figure 4 : Schéma de la structure expérimentale à Maison Blanche et date de pose en 2015 .....	5
Figure 5 : Illustrations des étapes de comptage de moules sur les échantillons de corde .....	6
Figure 6 : Nombre de naissains / mètre de corde en 2015, 2016 et 2017 sur le site « Banc du Nord » ...	7
Figure 7 : Nombre de naissains / mètre de corde en 2015, 2016 et 2017 sur le site « Maison Blanche »	7
Figure 8 : Nombre de naissains / mètre de corde en 2015, 2016 et 2017 sur le site « Les Orses » .....	8
Figure 9 : Nombre de naissains / mètre de corde en 2015, 2016 et 2017 sur le site « Les Esnandais » .	8
Figure 10 : Nombre de naissains / mètre de corde en 2015 et 2016 sur le site « Pointe de la Roche » et sur le site « Paliers des jeunes » en 2017.....	8
Figure 11 : Comparaison inter-site des densités de naissains sur corde en 2015 .....	9
Figure 12 : Comparaison inter-site des densités de naissains sur corde en 2016.....	9
Figure 13 : Comparaison inter-site des densités de naissains sur corde en 2017 .....	9
Figure 14 : Localisation géographique des sites d'étude .....	11
Figure 15 : Photographie de la structure expérimentale.....	11
Figure 16 : Evolution temporelle de la mortalité instantanée et cumulée des moules suivi à Maison Blanche en 2015-2016 .....	12
Figure 17 : Evolution temporelle de la mortalité instantanée et cumulée de moules suivis à Banc du Nord en 2016-2017 .....	13
Figure 18 : Evolution temporelle de la mortalité instantanée et cumulée de moules suivis à Maison Blanche en 2016-2017.....	15
Figure 19 : Localisation des sites de prélèvements d'eau (bleu) et de coquillages (gris) .....	16
Figure 20 : Représentations graphiques des résultats de pluviométrie et de température de l'eau en baie de Bourgneuf et de l'Aiguillon de 2015 à 2017 .....	20
Figure 21 : Moyennes annuelles des sommes des concentrations et du nombre de détection des micropolluants organiques pour tous les sites des baies de Bourgneuf et de l'Aiguillon de mai 2015 à septembre 2017 (avec seuils « eau destinée à la consommation humaine »).....	23
Figure 22 : Moyennes annuelles des sommes des concentrations et du nombre de détection des micropolluants organiques pour tous les sites des baies de Bourgneuf et de l'Aiguillon de mai 2015 à septembre 2017 (sites marins avec seuil « eau destinée à la consommation humaine » / 10) .....	24
Figure 23 : Evolution de la concentration mensuelle en micropolluants organiques des sites d'études en fonction de la pluviométrie de 2015 à 2017 .....	27
Figure 24 : Concentrations des 6 PCB dans les moules des différents sites marins de mai 2015 à septembre 2017.....	29

## Annexes

### Annexe 1 – Liste des molécules recherchées par le LEAV dans l'eau et les moules

FAMILLES	MOLECULES	EAU	MOULES	USAGES
METABOLITES DES TRIAZINES	Atrazine déséthyl	X	X	HERBICIDE
METABOLITES DES TRIAZINES	Atrazine-déisopropyl	X	X	
METABOLITES DES TRIAZINES	Tébufénozide	X	X	
METABOLITES DES TRIAZINES	Terbuthylazine déséthyl	X	X	
PESTICIDES AMIDES, ACETAMIDES	Acétochlore	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES AMIDES, ACETAMIDES	Alachlore	X	X	
PESTICIDES AMIDES, ACETAMIDES	Boscalid	X	X	
PESTICIDES AMIDES, ACETAMIDES	Diméthénamide	X	X	
PESTICIDES AMIDES, ACETAMIDES	Isoxaben	X	X	
PESTICIDES AMIDES, ACETAMIDES	Métazachlore	X	X	
PESTICIDES AMIDES, ACETAMIDES	Métolachlore	X	X	
PESTICIDES AMIDES, ACETAMIDES	Napropamide	X	X	
PESTICIDES AMIDES, ACETAMIDES	Oryzalin	X	X	
PESTICIDES AMIDES, ACETAMIDES	Propachlore	X	X	
PESTICIDES AMIDES, ACETAMIDES	Propanil	X	X	
PESTICIDES AMIDES, ACETAMIDES	Propyzamide	X	X	
PESTICIDES AMIDES, ACETAMIDES	Tébutam	X	X	
PESTICIDES ARYLOXYACIDES	2,4,5-T	X	X	
PESTICIDES ARYLOXYACIDES	2,4-D	X	X	
PESTICIDES ARYLOXYACIDES	2,4-MCPA	X	X	
PESTICIDES ARYLOXYACIDES	2,4-MCPB	X	X	
PESTICIDES ARYLOXYACIDES	Dichlorprop	X	X	
PESTICIDES ARYLOXYACIDES	Fénoprop	X	X	
PESTICIDES ARYLOXYACIDES	Mécoprop	X	X	
PESTICIDES ARYLOXYACIDES	Triclopyr	X	X	
PESTICIDES CARBAMATES	Aldicarbe	X	X	FONGICIDE-INSECTICIDE
PESTICIDES CARBAMATES	Bromacil	X	X	
PESTICIDES CARBAMATES	Carbaryl	X	X	
PESTICIDES CARBAMATES	Carbendazime	X	X	
PESTICIDES CARBAMATES	Carbétamide	X	X	
PESTICIDES CARBAMATES	Carbofuran	X	X	

FAMILLES	MOLECULES	EAU	MOULES	USAGES
PESTICIDES CARBAMATES	Chlorprophame	X	X	
PESTICIDES CARBAMATES	Dimétilan	X	X	
PESTICIDES CARBAMATES	Fénoxycarbe	X	X	
PESTICIDES CARBAMATES	Lenacile	X	X	
PESTICIDES CARBAMATES	Méthiocarb	X	X	
PESTICIDES CARBAMATES	Méthomyl	X	X	
PESTICIDES CARBAMATES	Molinate	X	X	CHIMIE
PESTICIDES CARBAMATES	Norflurazon	X	X	FONGICIDE-INSECTICIDE
PESTICIDES CARBAMATES	Propoxur	X	X	
PESTICIDES CARBAMATES	Prosulfocarbe	X	X	
PESTICIDES CARBAMATES	Pyrimicarbe	X	X	
PESTICIDES DIVERS	2,6 Dichlorobenzamide	X	X	
PESTICIDES DIVERS	Acifluorfen	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Aclonifen	X	X	
PESTICIDES DIVERS	AMPA	X	X	
PESTICIDES DIVERS	Anthraquinone	X	X	METABOLITE - HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Bentazone	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Bifenox	X	X	
PESTICIDES DIVERS	Captan dosé sous forme(1,2,3,3- tétrahydrophthalinide)	X	X	
PESTICIDES DIVERS	Chloridazone	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Chlorothalonil	X	X	FONGICIDE
PESTICIDES DIVERS	Chlorthiamide	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Clomazone	X	X	
PESTICIDES DIVERS	Cyprodinil	X	X	FONGICIDE
PESTICIDES DIVERS	Dicamba	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Diflubenzuron		X	INSECTICIDE
PESTICIDES DIVERS	Diflufénicanil	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Diméthomorphe	X	X	FONGICIDE
PESTICIDES DIVERS	Ethofumésate	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Fenpropimorphe	X	X	FONGICIDE
PESTICIDES DIVERS	Flurochloridone	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Fluroxypir	X	X	

FAMILLES	MOLECULES	EAU	MOULES	USAGES
PESTICIDES DIVERS	Fluroxypir Meptyl		X	
PESTICIDES DIVERS	Folpel	X	X	FONGICIDE
PESTICIDES DIVERS	Glufosinate	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Glyphosate	X	X	
PESTICIDES DIVERS	Imidaclopride	X	X	INSECTICIDE
PESTICIDES DIVERS	Iprodione	X	X	FONGICIDE
PESTICIDES DIVERS	Isoxaflutole	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Métalaxyle	X	X	FONGICIDE
PESTICIDES DIVERS	Métaldehyde	X	X	MOLLUSCICIDE
PESTICIDES DIVERS	Métosulam	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Myclobutanil		X	FONGICIDE
PESTICIDES DIVERS	Omethoate		X	INSECTICIDE
PESTICIDES DIVERS	Oxadixyl	X	X	FONGICIDE
PESTICIDES DIVERS	Oxyfluorfen	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Pendiméthaline	X	X	
PESTICIDES DIVERS	Phosphate de tributyl	X	X	ADJUVANT CHIMIQUE
PESTICIDES DIVERS	Phtalimide		X	FONGICIDE
PESTICIDES DIVERS	Prochloraze	X	X	
PESTICIDES DIVERS	Procymidone	X	X	
PESTICIDES DIVERS	Pyridate	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Pyriméthanil	X	X	FONGICIDE
PESTICIDES DIVERS	Quinoxifen	X	X	
PESTICIDES DIVERS	Trifluraline	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES DIVERS	Vinchlozoline	X	X	FONGICIDE
PESTICIDES NITROPHENOLS ET ALCOOLS	Bromoxynil	X	X	HERBICIDE - DESHERBANT
PESTICIDES NITROPHENOLS ET ALCOOLS	Dichlobénil	X	X	
PESTICIDES NITROPHENOLS ET ALCOOLS	Dinoterbe	X	X	
PESTICIDES NITROPHENOLS ET ALCOOLS	Imazaméthabenz-méthyl	X	X	
PESTICIDES NITROPHENOLS ET ALCOOLS	loxynil	X	X	
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Aldrine	X	X	INSECTICIDE
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Biphenyle	X	X	

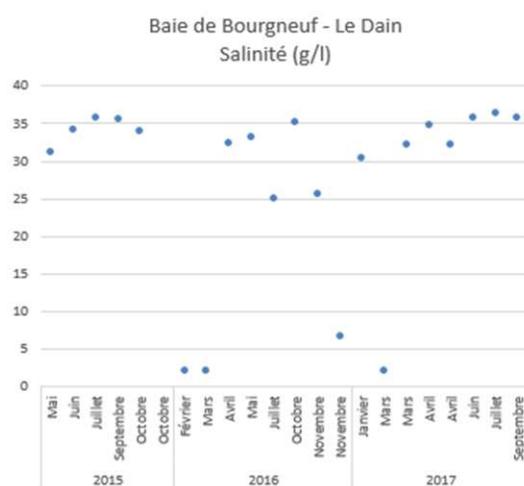
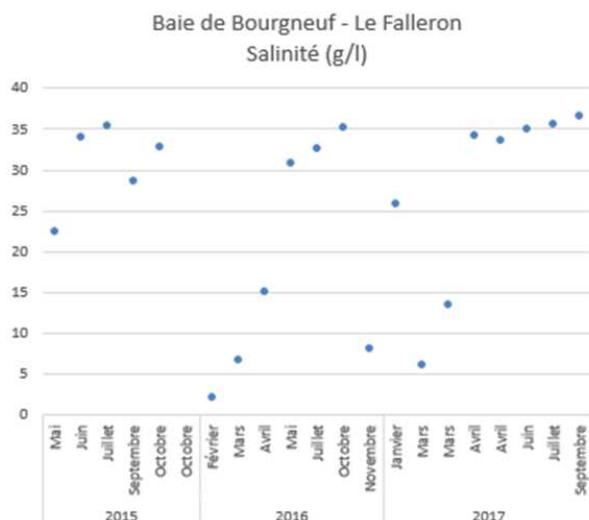
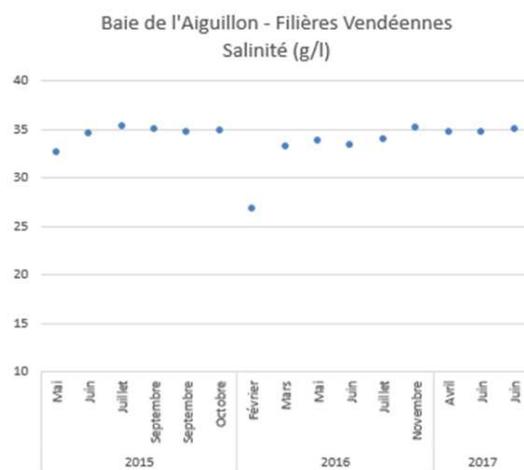
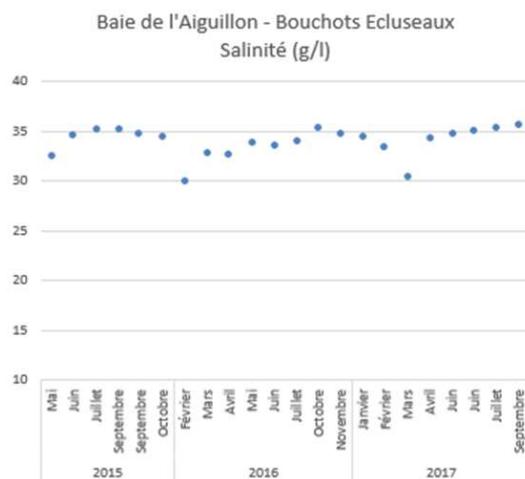
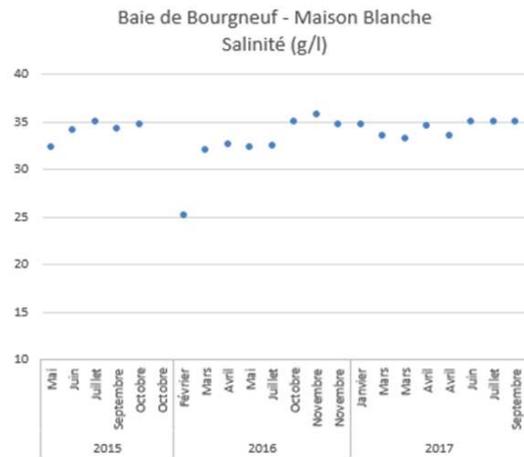
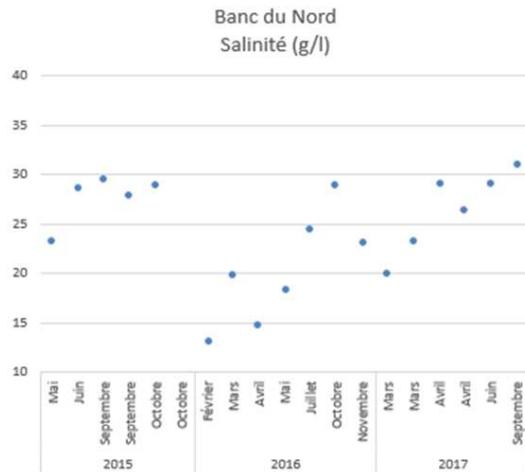
FAMILLES	MOLECULES	EAU	MOULES	USAGES	
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Chlordane alpha	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Chlordane gamma	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Chlordecone	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	DDD-2,4	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	DDD-4,4	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	DDE-2,4	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	DDE-4,4	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	DDT-2,4	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	DDT-4,4	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Dicofol	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Dieldrine	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Dimetachlor	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Endosulfan alpha	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Endosulfan béta	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Endosulfan sulfate	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Endrine	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	HCH alpha	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	HCH béta	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	HCH delta	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	HCH epsilon	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	HCH gamma (lindane)	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Heptachlore	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Heptachlore époxide cis	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Heptachlore époxide trans	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Hexachlorobenzene	X	X		INDUSTRIE
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Isodrine	X	X		CHIMIE
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Méthoxychlore	X	X		INSECTICIDE
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Oxadiazon	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Oxychlordane	X	X		
PESTICIDES ORGANOCHLORES	Triazophos	X	X		
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Azamétiphos	X	X	INSECTICIDE	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Azinphos éthyl	X	X		
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Azinphos méthyl	X	X		
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Bromophos éthyl	X	X		

FAMILLES	MOLECULES	EAU	MOULES	USAGES
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Bromophos méthyl	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Chlorfenvinphos	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Chlorméphos	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Chlorpyriphos éthyl	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Chlorpyriphos méthyl	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Diazinon	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Dichlorvos	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Ethion-Diethion		X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Ethoprophos	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Fenitrothion	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Fenthion	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Heptenophos	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Malathion	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Méthacrifos	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Méthidation	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Oxydéméton méthyl	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Parathion éthyl	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Parathion méthyl	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Phoxime	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Profénofos	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Pyrazophos	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Pyrimiphos méthyl	X	X	
PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES	Quinalphos	X	X	
PESTICIDES PHENYLPYRAZOLES	Fipronil	X	X	INSECTICIDE-ACARICIDE
PESTICIDES PHENYLPYRAZOLES	Fipronil désulfinyl	X	X	
PESTICIDES PHENYLPYRAZOLES	Fipronil sulfide	X	X	
PESTICIDES PHENYLPYRAZOLES	Fipronil sulfone	X	X	
PESTICIDES PYRETHRINOIDES	Bifenthrine*	X	X	INSECTICIDE
PESTICIDES PYRETHRINOIDES	Cyfluthrine	X	X	
PESTICIDES PYRETHRINOIDES	Cyperméthrine	X	X	
PESTICIDES PYRETHRINOIDES	Deltaméthrine	X	X	
PESTICIDES PYRETHRINOIDES	Esfenvalérate	X	X	
PESTICIDES PYRETHRINOIDES	Fenvalérate	X	X	
PESTICIDES PYRETHRINOIDES	Lambda Cyhalothrine	X	X	

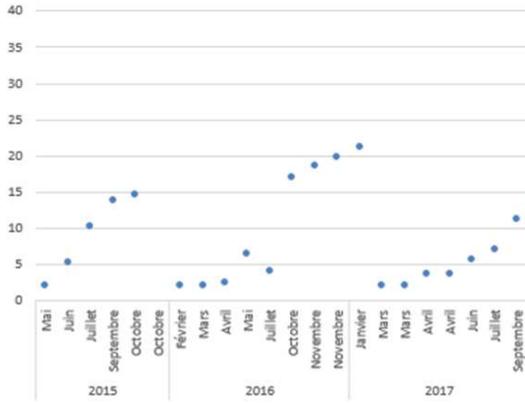
FAMILLES	MOLECULES	EAU	MOULES	USAGES
PESTICIDES PYRETHRINOIDES	Permethrine	X		
PESTICIDES PYRETHRINOIDES	Permethrine-cis		X	
PESTICIDES PYRETHRINOIDES	Permethrine-trans		X	
PESTICIDES STROBILURINES	Azoxystrobine	X	X	FONGICIDE
PESTICIDES STROBILURINES	Kresoxim-méthyl	X	X	
PESTICIDES SULFONYLUREES	Flazasulfuron	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES SULFONYLUREES	Iodosulfuron		X	
PESTICIDES SULFONYLUREES	Mesosulfuron Methyl	X	X	
PESTICIDES SULFONYLUREES	Metsulfuron méthyl	X	X	
PESTICIDES SULFONYLUREES	Nicosulfuron	X	X	
PESTICIDES SULFONYLUREES	Prosulfuron	X	X	
PESTICIDES SULFONYLUREES	Rimsulfuron	X	X	
PESTICIDES TRIAZINES	Améthryne	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES TRIAZINES	Atrazine	X	X	
PESTICIDES TRIAZINES	Cyanazine	X	X	
PESTICIDES TRIAZINES	Cybutryne (irgarol)	X	X	
PESTICIDES TRIAZINES	Desmétryne	X	X	
PESTICIDES TRIAZINES	Hexazinone	X	X	
PESTICIDES TRIAZINES	Métamitrone	X	X	
PESTICIDES TRIAZINES	Métribuzine	X	X	
PESTICIDES TRIAZINES	Prométhrine	X		
PESTICIDES TRIAZINES	Propazine	X	X	
PESTICIDES TRIAZINES	Secbuméton	X	X	
PESTICIDES TRIAZINES	Simazine	X	X	
PESTICIDES TRIAZINES	Terbuméton	X	X	
PESTICIDES TRIAZINES	Terbutryne	X	X	
PESTICIDES TRIAZINES	Terbutylazine	X	X	
PESTICIDES TRIAZOLES	Aminotriazole	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES TRIAZOLES	Bromuconazole	X	X	FONGICIDE
PESTICIDES TRIAZOLES	Cyproconazole	X	X	
PESTICIDES TRIAZOLES	Epoxyconazole	X	X	
PESTICIDES TRIAZOLES	Fludioxonil	X	X	
PESTICIDES TRIAZOLES	Flusilazole	X	X	
PESTICIDES TRIAZOLES	Hexaconazole	X	X	

FAMILLES	MOLECULES	EAU	MOULES	USAGES
PESTICIDES TRIAZOLES	Metconazole	X	X	
PESTICIDES TRIAZOLES	Penconazole	X	X	
PESTICIDES TRIAZOLES	Propiconazole	X	X	
PESTICIDES TRIAZOLES	Tébuconazole	X	X	
PESTICIDES TRIAZOLES	Tétraconazole	X	X	
PESTICIDES TRICETONES	Mésotrione	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES TRICETONES	Sulcotrione	X	X	
PESTICIDES UREES SUBSTITUEES	1-(3,4-dichlorophényl)-3-méthylurée	X	X	HERBICIDE
PESTICIDES UREES SUBSTITUEES	1-(3,4-dichlorophényl)-urée	X	X	
PESTICIDES UREES SUBSTITUEES	Chloroxuron	X	X	
PESTICIDES UREES SUBSTITUEES	Chlortoluron	X	X	
PESTICIDES UREES SUBSTITUEES	Diuron	X	X	
PESTICIDES UREES SUBSTITUEES	Fénuron	X	X	
PESTICIDES UREES SUBSTITUEES	Isoproturon	X	X	
PESTICIDES UREES SUBSTITUEES	Linuron	X	X	
PESTICIDES UREES SUBSTITUEES	Métabenzthiazuron	X	X	
PESTICIDES UREES SUBSTITUEES	Métobromuron	X	X	
PESTICIDES UREES SUBSTITUEES	Métoxuron	X	X	
PESTICIDES UREES SUBSTITUEES	Monolinuron	X	X	
PESTICIDES UREES SUBSTITUEES	Monuron	X	X	
PESTICIDES UREES SUBSTITUEES	Néburon	X	X	
PIPERIDINES	Fenpropidin	X	X	FONGICIDE
PCB CONGENERES	PCB 101	X	X	INDUSTRIE
PCB CONGENERES	PCB 118	X		
PCB CONGENERES	PCB 138	X	X	
PCB CONGENERES	PCB 153	X	X	
PCB CONGENERES	PCB 180	X	X	
PCB CONGENERES	PCB 28	X	X	
PCB CONGENERES	PCB 52	X	X	
PHENOLS	Dichlorophene		X	HERBICIDE

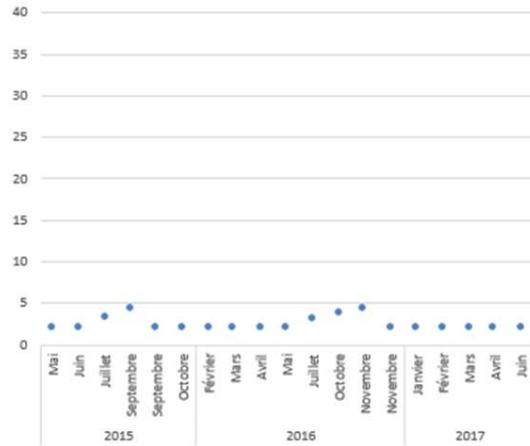
Annexe 2 – Graphiques des salinités mensuelles pour chaque site de mai 2015 à septembre 2017



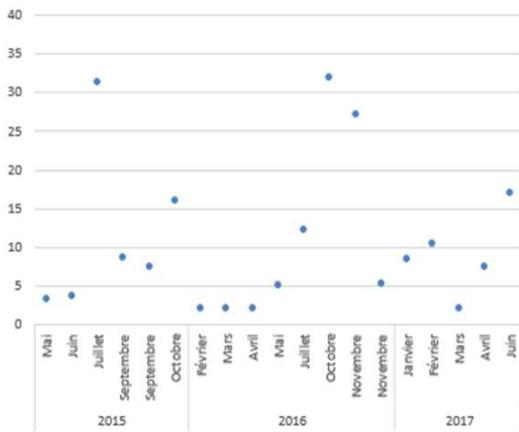
Baie de Bourgneuf - La Taillée  
Salinité (g/l)



Baie de l'Aiguillon - Le Vieux Lay  
Salinité (g/l)



Baie de l'Aiguillon - Le Lay  
Salinité (g/l)



Baie de l'Aiguillon - La Raque  
Salinité (g/l)

