

COLLECTEURS BIOSOURCÉS

Suivi de la capacité de captage de naissain
d'huîtres creuses de coupelles biosourcées



Bilan des expérimentations

Décembre 2020

Rédaction :

Pierrick BARBIER

Collaboration :

Anne Lise BOUQUET, Gaël OUDOT, Paul BODIN, Amélie GEAY

Table des matières

INTRODUCTION	4
CONTEXTE	4
OBJECTIFS	5
MATERIELS ET METHODES	6
COUPELLES DE CAPTAGE	6
PLAN EXPERIMENTAL	6
PARAMETRES SUIVIS	7
DENSITE DE NAISSAIN	7
TAILLE DU NAISSAIN	7
PERFORMANCES ZOOTECHNIQUE EN 1 ^{ERE} ANNEE DE CYCLE D'ELEVAGE.....	8
RESISTANCE DES COUPELLES	8
ANALYSES STATISTIQUES	8
RESULTATS ET DISCUSSION	9
DENSITE DE NAISSAINS CAPTES AVANT L'HIVER	9
PERTE DE NAISSAINS DURANT L'HIVER	11
TAILLE DU NAISSAIN VIVANT	12
AVANT L'HIVER.....	12
APRES L'HIVER.....	14
RESISTANCE DES COUPELLES.....	16
PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES EN 1 ^{ERE} ANNEE D'ELEVAGE	17
CONCLUSIONS	18
PERSPECTIVES	18
REFERENCES	20
ANNEXES	22

Liste des figures

Figure 1 : a. Pose de collecteurs, cordées de coupelles et paquets tube, sur un parc de captage ; b. Cordées de coupelles biosourcées (à gauche) et classiques (à droite)	5
Figure 2 : Carte des parcs de captage utilisés au cours des 3 années d'expérimentations.	7
Figure 3 : Densité de naissains captés avant l'hiver (moyenne \pm IC) dans le bassin de Marennes-Oléron par année en fonction du type de collecteur. Pour chaque type de collecteur, les différences entre les années sont symbolisées par les groupes de lettre.	10
Figure 4 : Densité de naissains captés avant l'hiver (moyenne \pm IC) sur coupelles biosourcées et témoins en fonction des années et des secteurs de captage. Les valeurs significativement différentes entre les deux types de collecteurs sont représentées par un *	10
Figure 5 : Relation entre la densité de naissains captés avant l'hiver sur coupelles biosourcées et témoins en fonction de la densité annuelle de naissains captés par secteur. Les valeurs en abscisse sont des moyennes annuelles par secteur issues du suivi pluriannuel du captage de l'huître creuse réalisé par le CREAA (Pouvreau et al. 2020). Les courbes de tendance logarithmiques associées à chaque type de collecteurs sont représentées avec l'intervalle de confiance associé.	11
Figure 6 : Densité de naissains vivants sur coupelles (moyenne \pm IC), avant et après l'hiver, en fonction du type de matériau, pour les années 2017 et 2018 dans les secteurs de La Seudre, le centre du bassin et l'embouchure de La Charente. Uniquement les sites où les collecteurs ont été récupérés lors des deux périodes sont représentés. Les valeurs de 2019 ne sont pas représentées par manque d'échantillons suffisants après l'hiver. Les valeurs significativement différentes avant et après l'hiver sont représentées par un *	12
Figure 7 : Longueur des naissains (moyenne \pm IC) mesurés avant l'hiver sur les coupelles biosourcées et témoins en fonction de l'année. Les valeurs significativement différentes avant et après l'hiver sont représentées par un *	13
Figure 8 : Longueur des naissains (moyenne \pm IC) mesurés avant l'hiver sur les coupelles biosourcées et témoins en fonction du secteur et de l'année. Les valeurs significativement différentes avant et après l'hiver sont représentées par un *	13
Figure 9 : Distribution des longueurs de naissains mesurés avant l'hiver sur les coupelles biosourcées et témoins en fonction de l'année et du secteur. Pour une longueur donnée, plus la hauteur de la courbe est grande, plus la proportion de naissain mesurant cette taille est importante.	14
Figure 10: Longueur des naissains vivants sur coupelles (moyenne \pm IC), avant et après l'hiver, en fonction du type de matériaux, dans les secteurs de La Seudre, le centre du bassin et l'embouchure de La Charente. Uniquement les sites où les collecteurs ont été récupérés lors des deux périodes sont représentés. Les valeurs de 2019 ne sont pas représentées par manque d'échantillons suffisants après l'hiver. Pour chaque secteur, les différences entre les types de collecteurs et périodes sont symbolisées par les groupes de lettre.	15
Figure 11 : Distribution des tailles de naissains avant (clair) et après l'hiver (foncé) pour a. les coupelles biosourcées et b. les coupelles témoins. La ligne pointillée symbolise la longueur de 25 mm. Uniquement les sites où les collecteurs ont été récupérés lors des deux périodes sont représentés. Les valeurs de 2019 ne sont pas représentées par manque d'échantillons suffisants après l'hiver.	16
Figure 12 : a. Coupelle témoin pliée au milieu de la cordée ; b. Coupelles biosourcées cassées et fissurées en fin de cordée ; c. Coupelles biosourcées cassées en début de cordée.	17

Liste des tableaux

Tableau 1: Valeur moyenne des longueurs de naissains vivants mesurés avant et après la période hivernale, et le gain de longueur entre ces deux périodes. Les valeurs en gras sont significativement différentes. Ces données ne prennent en compte que les résultats des années 2017 et 2018	14
Tableau 2 : Proportion (%) du nombre de coupelle biosourcées et témoins pour chaque état de résistance en 2019 et 2020. « Inutilisables » : coupelles cassées + perdues de la cordée ; « Fissurées » : coupelles très endommagées mais encore sur la cordée ; « Pliées » : coupelles encore utilisable mais avec un pli marqué ; « Intactes » : pas de dommage particulier.	17

Introduction

Contexte

La diminution des impacts anthropiques sur l'environnement marin est un enjeu majeur pour l'ensemble des professionnels de la mer. Les professionnels de la conchyliculture sont de plus en plus sensibles aux problématiques environnementales liées à leurs stratégies de production. C'est pourquoi de nombreux projets sur l'économie circulaire, le recyclage de produits issus de la conchyliculture et l'utilisation de matériaux éco-compatibles sont en cours au sein des bassins de production français, notamment le long du littoral charentais. Une grande part du matériel utilisé pour les élevages ostréicoles est composée de plastiques issus de la pétrochimie (e.g. PP : polypropylène ; PE : polyéthylène). Au cours de leur cycle de vie ces plastiques se dégradent dans le milieu (e.g. production de microplastique) et certains sont retrouvés comme déchets dans les lisses de mer.

Le naissain issu de captage naturel est la première phase du cycle de production en ostréiculture traditionnelle. Cette caractéristique est spécifique à certaines régions françaises, dont la Charente-Maritime qui est la zone principale de captage d'huître creuse (*Crassostrea gigas*). Le captage du naissain est réalisé sur différents « collecteurs » dont le plus utilisé est la coupelle (Figure 1a), traditionnellement conçue en PP. Ce matériel ostréicole génère des déchets plastiques lorsqu'il est perdu en mer (e.g. tempêtes). Au cours de leur cycle de vie ils sont retrouvés dans les lisses de mer et leur accumulation en mer génère des macrodéchets plastiques qui se fragmentent lentement jusqu'à l'échelle de microparticules qui ne sont pas neutres pour l'environnement : introduction de matériaux de synthèse dans la chaîne trophique marine, rôle de vecteur d'espèces invasives, impacts physiques sur le benthos...

Une solution pour pallier les problèmes environnementaux engendrés par ces matériaux est l'utilisation de bioplastiques. La définition d'un bioplastique prend en compte deux aspects :

- L'utilisation d'un matériau biosourcé, c'est-à-dire issu d'une ressource renouvelable (e.g. végétale). Ce matériau est généralement un biopolymère, permettant de conserver les caractéristiques physiques des polymères de synthèse ;
- La biodégradabilité, c'est-à-dire que l'action des microorganismes permet la dégradation du matériau en matière organique assimilable dans la biomasse.

Plusieurs voies de synthèse des biopolymères existent, notamment par la production de PHA (polyhydroxyalcanoates) qui sont des polyesters biodégradables créés naturellement par fermentation bactérienne de sucres ou lipides. D'autres substances peuvent être rajoutées à ces biopolymères pour modifier leurs caractéristiques physicochimiques (e.g. élasticité, dureté...) ou valoriser des coproduits (e.g. coquille d'huîtres).

Dans ce contexte, les professionnels de la conchyliculture désirent réduire les impacts environnementaux liés à leurs pratiques d'élevage, dans un premier temps, en utilisant du matériel composé de matériaux éco-responsables. Ainsi, en tant que premier exemple d'utilisation de matériaux biosourcés en ostréiculture, cette démarche a mené à la création de coupelles biosourcées (Figure 1a) pour le captage naturel de naissains d'huîtres creuses.



Figure 1 : a. Pose de collecteurs, cordées de coupelles et paquets tube, sur un parc de captage ; b. Cordées de coupelles biosourcées (à gauche) et classiques (à droite)

Objectifs

Le Comité Régional de la Conchyliculture de Charente-Maritime (CRC-17) a sollicité le CREA afin de tester les capacités de captage d'un nouveau type de collecteur : les coupelles biosourcées.

Pour ce faire, le CRC-17 s'est mis en relation avec l'entreprise ICCI Seabird (Lorient, Morbihan) pour développer un biopolymère (Sea156[®]) utilisé spécifiquement pour la fabrication des coupelles biosourcées. Ce matériau est composé entre 10 et 15 % de poudre de coquilles d'huîtres et il est biodégradable dans des conditions de compostage industriel après broyage. Le Sea156[®] a reçu les certifications nécessaires pour répondre aux normes et réglementations nationales et internationales de teneur en carbone biosourcé et de compostage industriel. Par la suite, ce composé a été utilisé par l'entreprise de plasturgie SOGEMAP (Surgères, Charente-Maritime) pour créer une série de coupelles biosourcées, afin qu'elles soient mise à l'eau pour la saison de captage de l'année 2017.

L'objectif principal de ce projet de 4 ans (1^{ère} phase en 2017 et 2^{ème} phase de 2018 à 2020) est de comparer les performances de captage de naissain d'huîtres creuses des coupelles biosourcées à celles de coupelles classiques en plastique. Pour répondre précisément à cet objectif, les indicateurs de comparaison entre les deux types de collecteurs ont porté sur :

- La capacité de captage de naissain à l'issue de la période de reproduction (avant l'hiver) ;
- La tenue du naissain sur collecteur jusqu'au printemps (après l'hiver) ;
- Les performances zootechniques des huîtres captées sur les deux types de coupelles au cours de la première année du cycle d'élevage ;
- La résistance des coupelles après 3 années de captage.

Matériels et Méthodes

Couppelles de captage

En 2017, des cordées de 48 couppelles en matériau biosourcé, nommées « Biosourcé », et en plastique, nommées « Témoin », ont été reçues par le CREAA. D'un diamètre similaire entre les deux types de collecteur, la surface de captage d'une couppelle est de 0,04 m². Les différences entre les deux types de couppelles résident dans la couleur : blanc pour les biosourcées et argile pour les témoins (Figure 1b), et leur densité : 33 g pour une couppelle biosourcées et 21 g pour une couppelle témoin. A la réception, les cordées de couppelles ont été immergées dans une claire pendant 4 semaines, préalablement à leur distribution.

Plan expérimental

En juin 2017, 4 cordées de couppelles biosourcées et de couppelles témoins ont été distribuées à 9 ostréiculteurs du Bassin de Marennes-Oléron, partenaires du CREAA dans le programme « Suivi du captage de l'huître creuse en Charente-Maritime » (Barbier et al. 2020a).

De 2017 à 2019, généralement entre mi-juillet et mi-août de chaque année, ces cordées de couppelles sont disposées sur les parcs de captage des professionnels, en même temps que leurs propres collecteurs. Le CREAA dispose également ces deux types de couppelles au niveau du parc de captage des Longées, utilisés dans le programme « Observatoire ostréicole du littoral charentais » (Barbier et al. 2020b).

En octobre, deux cordées de couppelles biosourcées et témoins sont récupérées et analysées pour estimer la densité de naissain captés avant la période hivernale (Bouquet et al. 2017 ; Barbier et al. 2018 ; Barbier et al. 2020c). En mars de l'année suivant le reste des collecteurs est récupéré pour estimer la quantité de naissains demeurant sur les couppelles après la période hivernale (Bouquet et al. 2018 ; Barbier et al. 2019a ; Barbier et al. 2020c).

En avril 2018, le naissain capté (en 2017) a été détroqué des couppelles biosourcées et témoins, calibré et mis en poche. Ces lots ont été disposés sur un parc de demi-élevage de chaque professionnel pour être élevé pendant la première année du cycle d'élevage. En janvier 2019, les poches ont été récupérées pour estimer les différences de performances d'élevage entre les huîtres captées sur deux types de collecteurs.

En juin 2020, après 3 saisons de captage réalisées dans des conditions professionnelles, une estimation de la résistance des couppelles biosourcées et témoins a été réalisée (Barbier et al. 2019b).

Les parcs de captage utilisés dans ce projet ont été répartis suivant 4 secteurs dans le Bassin de Marennes-Oléron : L'embouchure de La Charente, le centre du bassin, La Seudre et Bonne Anse (Figure 2).

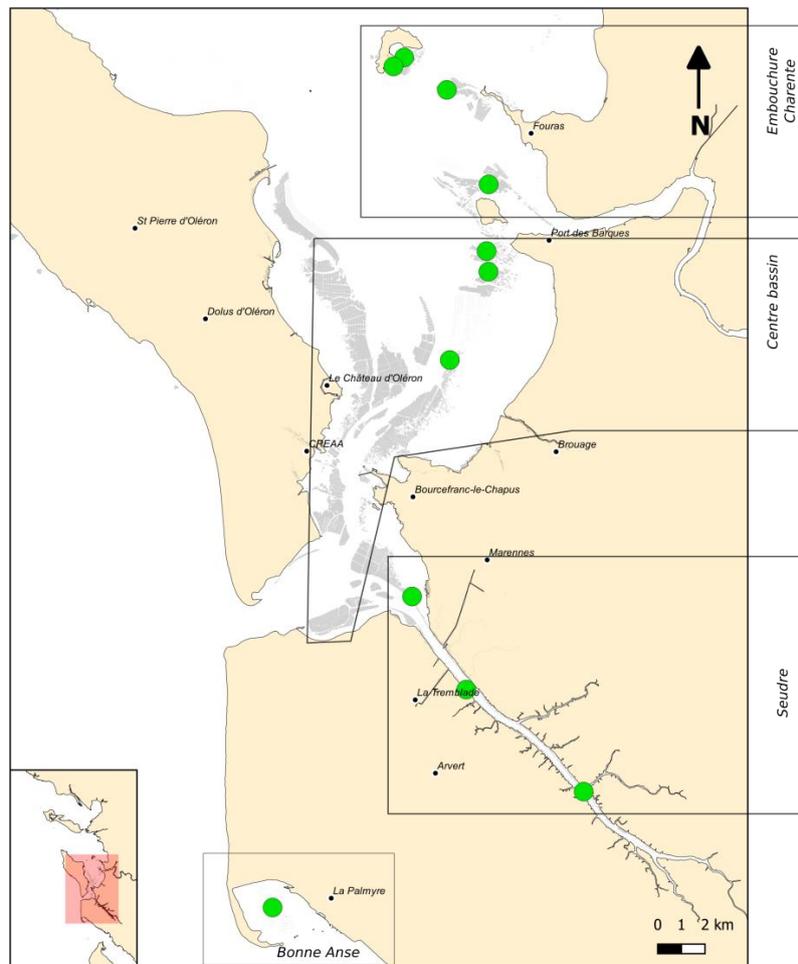


Figure 2 : Carte des parcs de captage utilisés au cours des 3 années d'expérimentations.

Paramètres suivis

Densité de naissain

Lors de la récupération des collecteurs avant et après l'hiver, 3 coupelles de chaque type sont sélectionnées aléatoirement le long de la cordée. Les naissains vivants sont comptés sur le recto et le verso des coupelles, permettant d'estimer la densité de naissain capté à l'issue de la période de reproduction et à la sortie de l'hiver.

Les naissains morts (deux valves ouvertes ou uniquement une seule valve accrochée à la coupelle) et les naissains décrochés (présence de la trace de la valve sur la coupelle) sont comptabilisés. Ces résultats permettent d'estimer un taux de perte (mortalité + décrochage) de naissain par coupelle. Cependant, étant donné l'utilisation des mêmes coupelles durant 3 années consécutives, il est difficile de reconnaître un naissain est mort au cours de l'année ou s'il s'agit d'un reliquat de naissain des années précédentes. Ainsi, les données de perte par mortalité ou décrochage ne sont utilisées qu'à titre indicatif. Ainsi, pour limiter ce biais et estimer le taux de perte au cours de la période hivernale, la différence entre la densité de naissain vivant avant et après l'hiver est utilisée.

Taille du naissain

Pour chaque parc, période et type de coupelle, la longueur (de la charnière à la face ventrale) de 30 naissains vivants et morts est mesurée. Ces individus sont sélectionnés aléatoirement sur les 3 coupelles de chaque échantillon. Ces valeurs permettent d'estimer la taille moyenne du naissain avant et après l'hiver. Afin d'éviter les biais d'interprétations liés à des périodes de croissance différentes

(périodes de pose et de récupération des collecteurs différentes), la taille du naissain vivant mesurée avant et après l'hiver a été standardisée par rapport au temps de déploiement des collecteurs sur parc. Ainsi, des longueurs théoriques sont utilisées. Elles sont estimées à partir des valeurs mesurées et ajustées pour des temps de croissance sur coupelles de 90 jours (avant l'hiver) et de 250 jours (après l'hiver) depuis la date de pose des collecteurs.

Performances zootechnique en 1^{ère} année de cycle d'élevage

En janvier 2019, à l'issue de la première année d'élevage en poche des lots captés en 2017, les huîtres vivantes et mortes de chaque origine ont été dénombrées afin d'estimer leur taux de survie. Le poids des huîtres vivantes a été mesuré pour en déduire le gain de poids annuel. Finalement, des mesures biométriques ont été réalisées sur 30 huîtres vivantes pour chaque type et parc d'élevage : longueur (de la charnière à la face ventrale), largeur (perpendiculaire à la longueur au niveau du muscle adducteur), épaisseur (au niveau du muscle adducteur) et épaisseur du crochet (Barbier et al. 2019b). Ces mesures permettent de calculer l'indice de longueur (IL ; somme de la longueur et de l'épaisseur, divisées par la largeur), permettant d'estimer si une huître est « longue » ($IL > 3$) ou non.

Résistance des coupelles

En avril 2019 et 2020, le naissain a été enlevé de chaque cordée de coupelle afin de mimer l'action de détroquage des professionnels. A l'issue de la dernière année de suivi, le nombre de coupelles intactes, pliées, fissurées et inutilisables (= coupelles cassées et perdues) a été dénombré sur les cordées de chaque type de coupelle. Ces résultats permettent d'estimer la résistance des coupelles après une utilisation de 3 années consécutives dans des conditions réelles d'utilisation professionnelle.

Analyses statistiques

L'ensemble des données est présenté sous forme de moyenne avec une barre d'erreur associée (intervalle de confiance ou écart-type). Des modèles de régressions linéaires multiples ont été utilisés pour déterminer l'effet du type de collecteur (biosourcé vs témoin), de l'année et du secteur de captage sur la densité et la taille du naissain capté. Les tests de comparaison de moyennes utilisés sont des ANOVA simples et multiples suivi de tests post-hoc de Tukey HSD. La comparaison des proportions des différents états de résistance des coupelles a été réalisée par des tests multiples du χ^2 . Les conditions d'application de ces tests paramétriques sont vérifiées par le test de Shapiro-Wilk (normalité) sur les résidus de l'ANOVA et le test de Bartlett (homoscédasticité). En cas de non-normalité ou d'hétéroscédasticité des données, le test non-paramétrique de comparaison de moyenne de Kruskal-Wallis est réalisé. Le seuil de significativité utilisé pour les tests de normalité, d'homoscédasticité et de comparaisons de moyennes est $\alpha < 0,05$. L'ensemble des données est traité avec les logiciels R (Version 4.0.3) et RStudio® (Version 1.3.1093).

Résultats et discussion

Au cours des 3 années d'expérimentation, tous les échantillons n'ont pu être récupérés (Annexe 1). En effet, au regard des contraintes climatiques ou liées aux dynamiques propres à chaque entreprise, certains professionnels n'ont pas été en capacité de mettre à disposition les collecteurs à temps ou les ont perdus. Par ailleurs, le contexte sanitaire du début d'année 2020 n'a pas permis de récupérer l'ensemble des coupelles distribuées en 2019. De ce fait, les données obtenues en 2020 (concernant le captage 2019 après l'hiver) ne pourront pas être comparées à celles des années précédentes. Pour les résultats obtenus après les périodes hivernales, uniquement les résultats des sites où les collecteurs ont été récupérés lors des deux périodes sont représentés.

Densité de naissains captés avant l'hiver

Entre 2017 et 2019, le recrutement de l'huître creuse a été très variable entre les 3 années et entre les secteurs de captage (Figure 2) en Charente-Maritime. Sur l'ensemble du bassin, la densité de naissain capté sur coupelle était de 326 ind/coupelle en 2017, 70 ind/coupelle en 2018 et 150 ind/coupelle en 2019 (Pouvreau et al. 2020). Cette hétérogénéité ne permet pas de mettre en évidence une différence significative entre les deux types de coupelles à l'échelle du suivi tri-annuel (112 ind/coupelle biosourcée et témoin) sur l'ensemble du bassin de Marennes-Oléron. Cette grande variabilité nécessite que l'on considère les facteurs « Année » et « Secteur » au même titre que le facteur principal « Type de matériau ». Dans ce cas, ces facteurs sont prépondérants pour expliquer de la variabilité du naissain capté avant l'hiver. En effet, l'année de suivi et le secteur de captage expliquent plus de 60 % de la densité du naissain sur coupelle (32 % et 29 %, respectivement) alors que le facteur « Type de matériau » n'explique que moins de 1 % de cette variabilité. Au regard de ces résultats il est donc nécessaire d'analyser les données à l'échelle de chaque année et de chaque secteur de captage.

A l'échelle de chaque année, la densité de naissain capté sur les deux types de collecteurs était similaire pour les années 2017 et 2020, avec des valeurs moyennes de 346 ind/coupelle et 233 ind/coupelle, respectivement. En 2018, les collecteurs biosourcés ont capté significativement plus de naissains avant l'hiver, 87 ind/coupelle, que les coupelles témoins, 59 ind/coupelle. Ainsi, l'année où le captage a été le plus faible dans le bassin de Marennes-Oléron, il y a eu plus de naissain sur les collecteurs biosourcés que sur ceux en plastique traditionnel.

L'évolution interannuelle de la densité de naissains captés dans le bassin pour chaque type de collecteur montre deux dynamiques différentes. En effet, pour les coupelles biosourcées, les années 2017 et 2019 présentaient un captage de même intensité alors que celui de l'année 2018 était significativement plus faible (Figure 3). Concernant les coupelles témoins, le captage a été significativement différent pour les trois années, avec dans l'ordre décroissant, l'année 2017, 2019 et 2018 (Figure 3). Au regard de ces 3 années de suivi, le captage sur coupelles biosourcées montre une certaine constance entre les années alors que celui sur coupelles classiques témoigne d'une plus grande hétérogénéité (Figure 3).

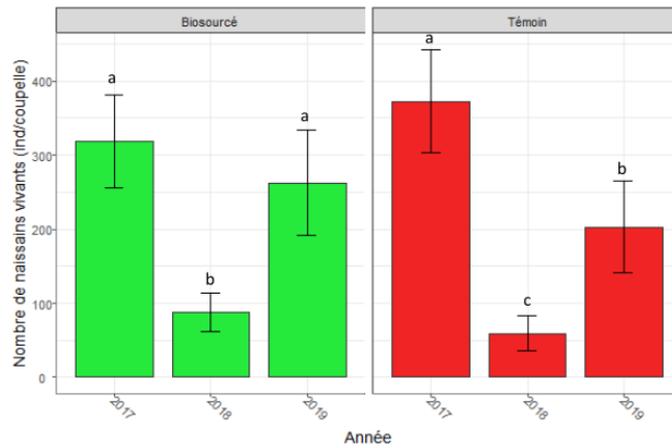


Figure 3 : Densité de naissains captés avant l'hiver (moyenne \pm IC) dans le bassin de Marennes-Oléron par année en fonction du type de collecteur. Pour chaque type de collecteur, les différences entre les années sont symbolisées par les groupes de lettre.

La densité de naissain captés sur coupelle avant l'hiver a été, dans la majeure partie des cas, similaire entre les coupelles biosourcées et témoins au niveau des secteurs pour chaque année (Figure 4). Néanmoins, des différences significatives sont mises en évidence pour 4 des 10 situations possibles (Figure 4). En effet, en 2018 il y a eu significativement plus de naissains sur les coupelles biosourcées que sur les coupelles témoins (Figure 4) dans les secteurs de l'embouchure de La Charente (2 fois plus sur coupelles biosourcées) et au centre du bassin (1,5 fois plus sur coupelles biosourcées). En 2019, dans le centre du bassin en Seudre, 1,5 fois plus de naissain sur les coupelles biosourcées comparativement aux coupelles témoins (Figure 4).

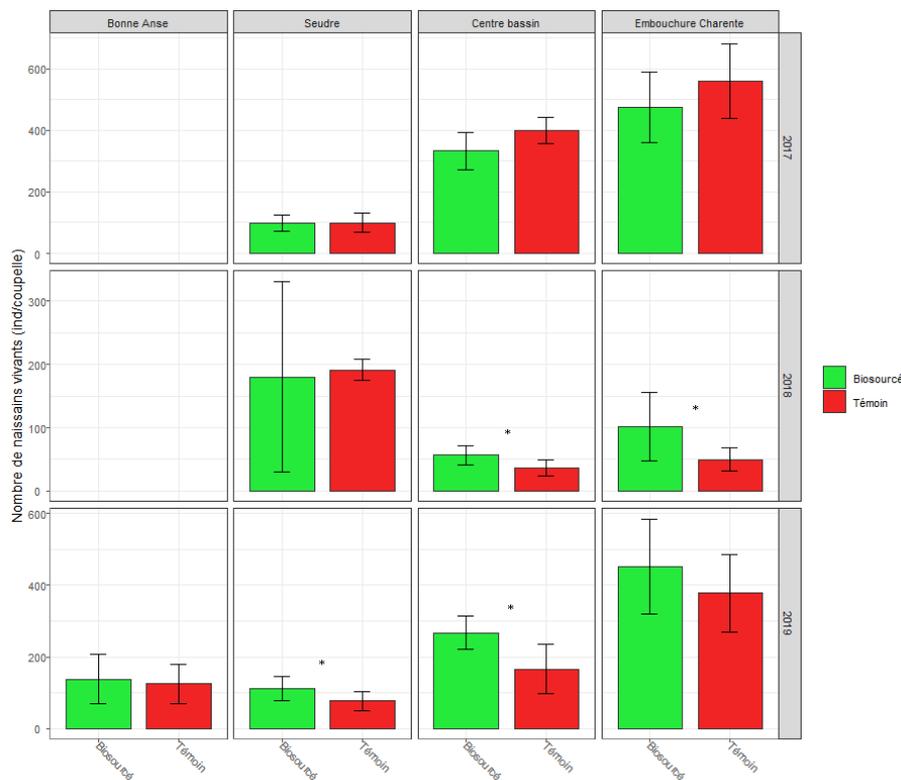


Figure 4 : Densité de naissains captés avant l'hiver (moyenne \pm IC) sur coupelles biosourcées et témoins en fonction des années et des secteurs de captage. Les valeurs significativement différentes entre les deux types de collecteurs sont représentées par un *.

Ces différences significatives ne sont visibles que dans les cas où le recrutement global était relativement faible (≤ 100 ind/coupele), alors qu'aucune différence ne semble émerger dans les situations où le captage était abondant (> 200 ind/coupele). Ces résultats suggèrent que la quantité de naissains sur les collecteurs biosourcés et témoins évolue de la même manière à partir d'une certaine quantité de naissains dans le milieu (Figure 5). En dessous de cette valeur, quand le nombre global de recrues est relativement faible, il semble que la densité de naissains est significativement supérieure sur les coupelles biosourcées que sur les coupelles en plastique classiques (Figure 5).

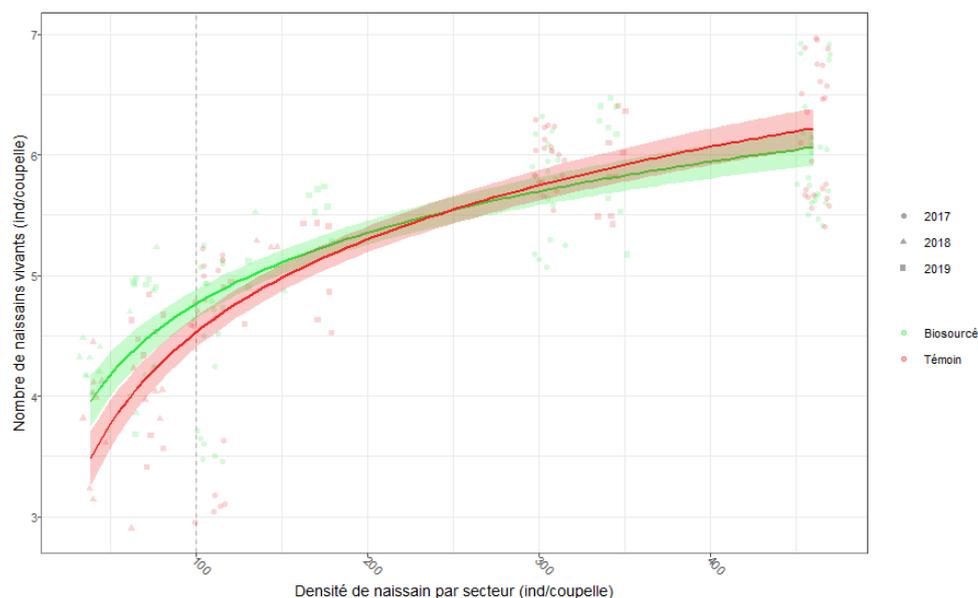


Figure 5 : Relation entre la densité de naissains captés avant l'hiver sur coupelles biosourcées et témoins en fonction de la densité annuelle de naissains captés par secteur. Les valeurs en abscisse sont des moyennes annuelles par secteur issues du suivi pluriannuel du captage de l'huître creuse réalisé par le CREAA (Pouvreau et al. 2020). Les courbes de tendance logarithmiques associées à chaque type de collecteurs sont représentées avec l'intervalle de confiance associé.

Perte de naissains durant l'hiver

La quantité de naissains restant sur les collecteurs à la sortie de l'hiver a évolué de la même manière quel que soit le type de coupele.

D'une part, à l'échelle du bassin de Marennes-Oléron, la proportion de perte de naissains vivants sur les coupelles au mois de mars (après l'hiver) par rapport à ceux du mois d'octobre (avant l'hiver) ne diffère pas en fonction du type de matériau. Ce taux de perte s'élève à 40 % en 2017 et 14 % en 2018. Les facteurs influençant significativement la perte de naissain sur collecteurs sont le secteur (9 % d'explication) et l'année (7 % d'explication). Ces résultats témoignent principalement de la configuration des parcs de captage (e.g. zones exposées ou abritées), la manutention opérée sur les cordées de coupelles (e.g. attache des cordées sur table) et aux conditions climatiques hivernales différentes chaque année.

D'autre part, à l'échelle des secteurs de captage, l'évolution de la densité de naissains sur collecteurs durant l'hiver a été du même ordre de grandeur entre les deux types de coupelles. La diminution significative du nombre de naissains sur collecteurs biosourcés et témoins a été synchrone, c'est-à-dire qu'elle a été observée dans les mêmes secteurs lors des mêmes années (Figure 6). En effet, en 2017, les secteurs du centre du bassin et de l'embouchure de La Charente ont subi 28 % et 53 % de perte de naissain sur les deux types de collecteurs, respectivement. En 2018, la perte hivernale de naissain n'a été significative qu'en Seudre, avec 48 % de naissains en moins sur les deux types de coupelles (Figure 6).

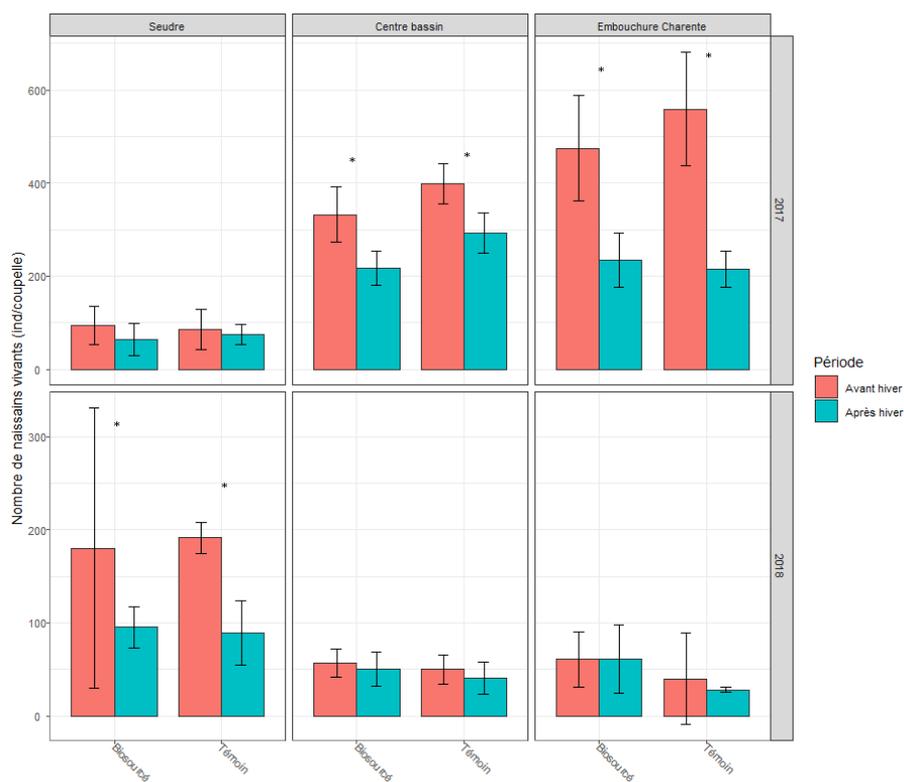


Figure 6 : Densité de naissains vivants sur coupelles (moyenne \pm IC), avant et après l'hiver, en fonction du type de matériau, pour les années 2017 et 2018 dans les secteurs de La Seudre, le centre du bassin et l'embouchure de La Charente. Uniquement les sites où les collecteurs ont été récupérés lors des deux périodes sont représentés. Les valeurs de 2019 ne sont pas représentées par manque d'échantillons suffisants après l'hiver. Les valeurs significativement différentes avant et après l'hiver sont représentées par un *.

Taille du naissain vivant

Avant l'hiver

La taille moyenne du naissain mesuré avant l'hiver était de 8,5 mm en 2017 et 8,9 mm en 2019, quel que soit le type de coupelle sur lequel il s'était capté. C'est en 2018 où la seule différence significative est observée entre les tailles de naissain des deux origines (Figure 7), avec 7,3 mm et 6,5 mm sur les coupelles biosourcées et témoins, respectivement.

La différence de taille observée en 2018 s'explique, à l'échelle des secteurs de captage, par une taille de naissain différente au niveau de La Seudre en octobre 2018 (Figure 8). Ces recrues captées sur coupelles biosourcées mesuraient 10,7 mm contrairement à celles des coupelles témoins qui n'étaient que de 6,7 mm (Figure 8). Ce résultat traduit notamment de distributions de tailles différentes en fonction du type de collecteur (Figure 9). En effet, on remarque deux pics majeurs (mode) dans les proportions de tailles des naissains de coupelles biosourcées, à 6 mm et 15 mm, alors que seul des individus autour de 6 mm dominent au niveau des naissains captés sur coupelles témoins (Figure 9 ; flèches noires). Cette distinction entre les deux distributions influence significativement la taille du naissain mesuré en Seudre en 2018 sur les deux types de collecteurs. Dans les autres secteurs, aucune tendance ne se dégage, le naissain mesurait la même taille en octobre de chaque année de suivi.

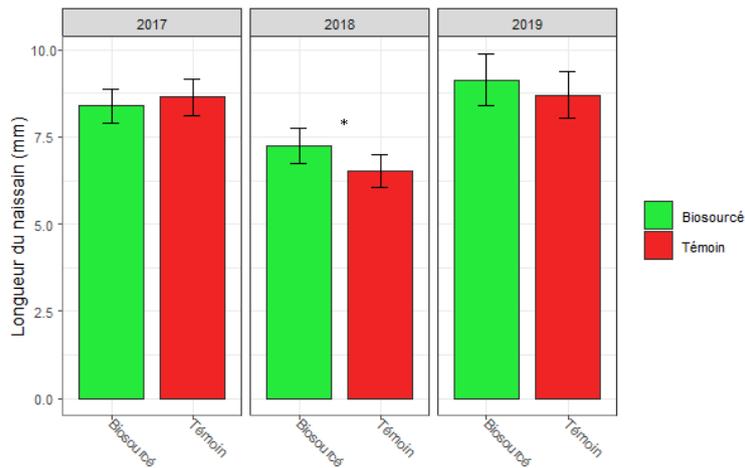


Figure 7 : Longueur des naissains (moyenne \pm IC) mesurés avant l'hiver sur les coupelles biosourcées et témoins en fonction de l'année. Les valeurs significativement différentes avant et après l'hiver sont représentées par un *.

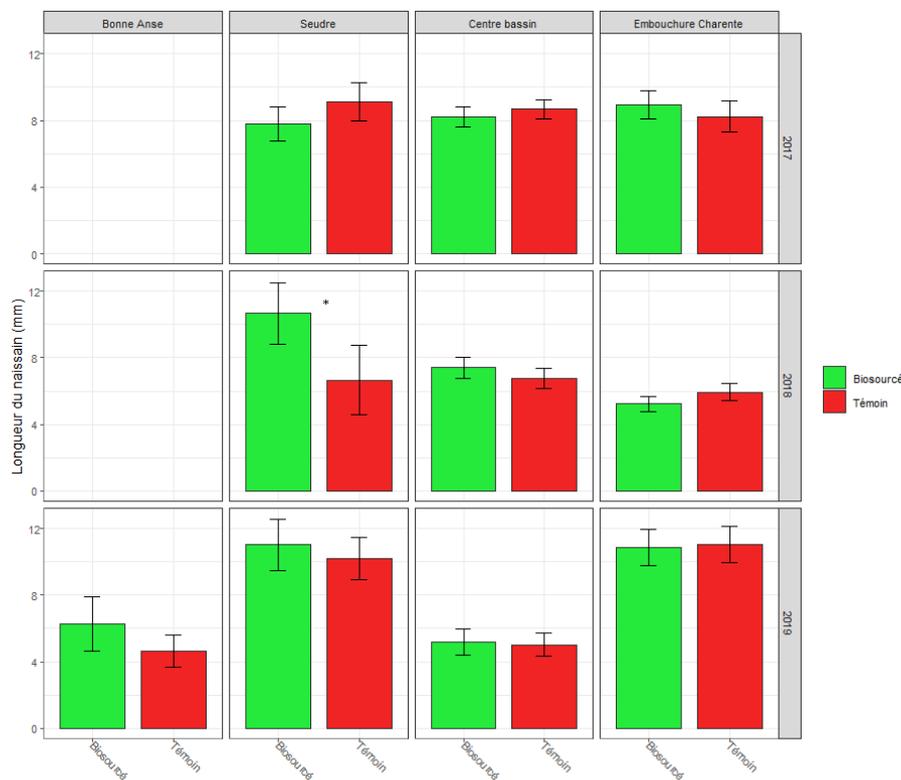


Figure 8 : Longueur des naissains (moyenne \pm IC) mesurés avant l'hiver sur les coupelles biosourcées et témoins en fonction du secteur et de l'année. Les valeurs significativement différentes avant et après l'hiver sont représentées par un *.

A l'issue d'une saison de reproduction, des naissains de tailles différentes observés à la même date peuvent être le résultat de deux facteurs. D'une part, si la taille moyenne d'un lot est plus grande qu'un autre pour une même durée d'immersion (durée de pose des collecteurs de 90 jours) alors le taux de croissance des individus des deux lots peut être différent. Cela reviendrait à dire que le naissain capté sur un type de collecteur grandit plus vite que celui d'un autre matériau. Cette explication semble peu probable, puisqu'il s'agit des mêmes cohortes larvaires (reproduction de 2018 en Seudre), avec un accès à la ressource trophique équivalente et qu'un taux de croissance qui devrait

être similaire. D'autre part, si la distribution en taille d'une population présente un seul mode (*i.e.* valeur maximale) cela devrait signifier que les organismes de cette population sont du même âge. Ainsi, dans le cas d'une distribution bimodale comme pour les naissains de coupelles biosourcées en Seudre en 2018 (Figure 9), cela signifierait que deux cohortes de naissains ont été captées sur ces collecteurs, à deux dates différentes. En d'autres termes, il y a eu plus de larves du premier frai qui se sont fixées sur les coupelles biosourcées que sur les témoins. Cette observation, bien qu'anecdotique au regard des autres résultats, pourrait traduire d'un effet de ce matériau biosourcé sur l'intérêt des larves à se fixer plus précocement sur ce type de collecteurs (*e.g.* qualité du biofilm et du substrat...).

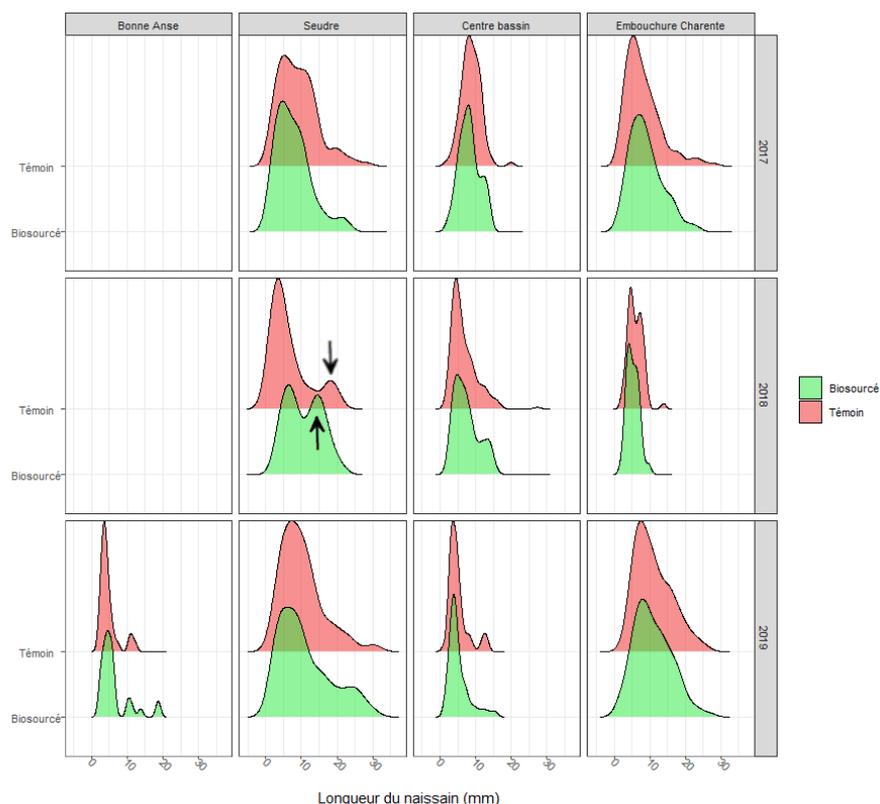


Figure 9 : Distribution des longueurs de naissains mesurés avant l'hiver sur les coupelles biosourcées et témoins en fonction de l'année et du secteur. Pour une longueur donnée, plus la hauteur de la courbe est grande, plus la proportion de naissain mesurant cette taille est importante.

Après l'hiver

A l'échelle du bassin et toutes années confondues, le naissain vivant restant sur les collecteurs biosourcés après la période hivernale mesurait 13,4 mm alors que celui des coupelles témoins était d'une taille significativement inférieure, avec 11,9 mm. Le gain de taille moyen a donc été de +5,6 mm et +4,3 mm pour les lots sur collecteurs biosourcés et témoins, respectivement (Tableau 1).

Tableau 1: Valeur moyenne des longueurs de naissains vivants mesurés avant et après la période hivernale, et le gain de longueur entre ces deux périodes. Les valeurs en gras sont significativement différentes. Ces données ne prennent en compte que les résultats des années 2017 et 2018

Type de collecteur	Longueur avant l'hiver (mm)	Longueur après l'hiver (mm)	Gain (mm)
Biosourcée	7,8	13,4	+5,6
Témoin	7,6	11,9	+4,3

A l'échelle des secteurs de captage, cette même différence de taille après l'hiver a été observée au niveau de La Seudre et de l'embouchure de La Charente (Figure 10). Dans les deux cas, cette différence est au profit des collecteurs biosourcés. En effet, en Seudre, le naissain de coupelles biosourcées était de 20,0 mm contre 13,7 mm sur les coupelles témoins. Dans une moindre mesure, à l'embouchure de La Charente, les naissains des collecteurs biosourcées et témoins étaient de 1,2 mm et 9,3 mm, respectivement. Dans le centre du bassin la taille du naissain était similaire entre les deux types de collecteurs après l'hiver (12,2 mm ; Figure 10).

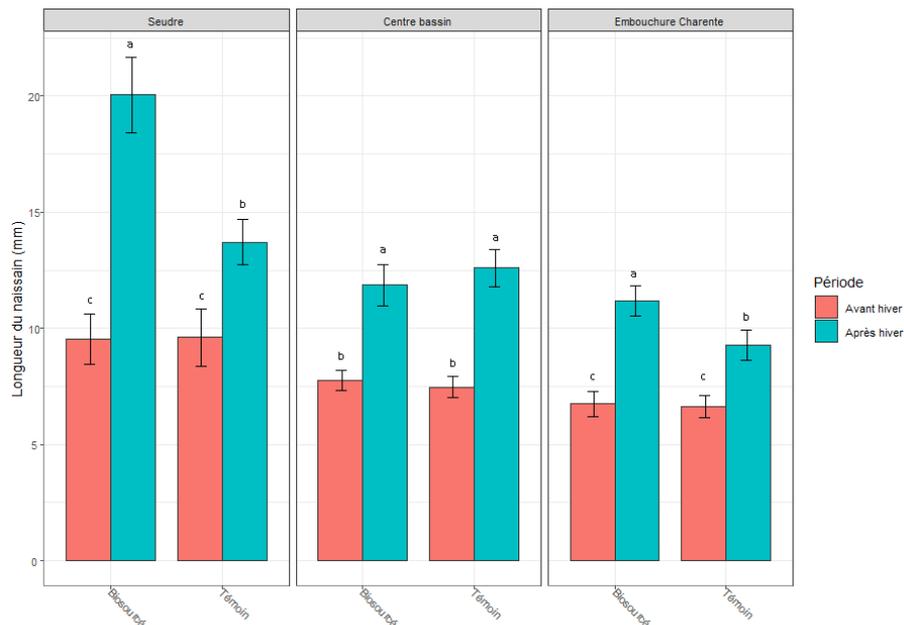


Figure 10: Longueur des naissains vivants sur coupelles (moyenne \pm IC), avant et après l'hiver, en fonction du type de matériaux, dans les secteurs de La Seudre, le centre du bassin et l'embouchure de La Charente. Uniquement les sites où les collecteurs ont été récupérés lors des deux périodes sont représentés. Les valeurs de 2019 ne sont pas représentées par manque d'échantillons suffisants après l'hiver. Pour chaque secteur, les différences entre les types de collecteurs et périodes sont symbolisées par les groupes de lettre.

Cette différence de taille moyenne à la sortie de l'hiver peut s'expliquer de deux manières ; *i.* les individus des collecteurs biosourcés présentaient un taux de croissance supérieur à ceux des collecteurs témoins, exprimant un gain de taille réel sur le même laps de temps ; *ii.* les « gros naissains » des coupelles témoins sont « tombés » en plus grande proportion que ceux des coupelles biosourcées, faisant augmenter artificiellement la longueur moyenne de ces derniers. La première explication semble peu probable étant donné que les naissains étaient dans un milieu similaire avec la même accessibilité à la ressource trophique, qu'ils soient sur les collecteurs biosourcés ou témoins. Concernant la seconde hypothèse, les professionnels naisseurs (captant du naissain naturel) décrivent clairement ce phénomène, particulièrement lorsque le captage est abondant. En effet, plus il y a d'individus sur les coupelles et que la période avant le détachement s'allonge, plus la manipulation des cordées doit être délicate pour éviter de décrocher des individus : « *le gros naissain tombe de peur* ». De ce point de vue, le naissain de grande taille serait moins susceptible de tomber lorsqu'il est fixé sur des coupelles biosourcées que des coupelles en plastique classique. Dans le cas de la Seudre et du centre du bassin, la distribution des tailles de naissains montre qu'une proportion importante de naissains supérieurs à 25 mm est encore fixée sur les coupelles biosourcées (Figure 11a) alors que cette proportion est négligeable sur les coupelles témoins (Figure 11b). Cette observation pourrait indiquer d'un effet seuil sur la taille maximale du naissain pouvant rester fixé sur les deux types de collecteurs.

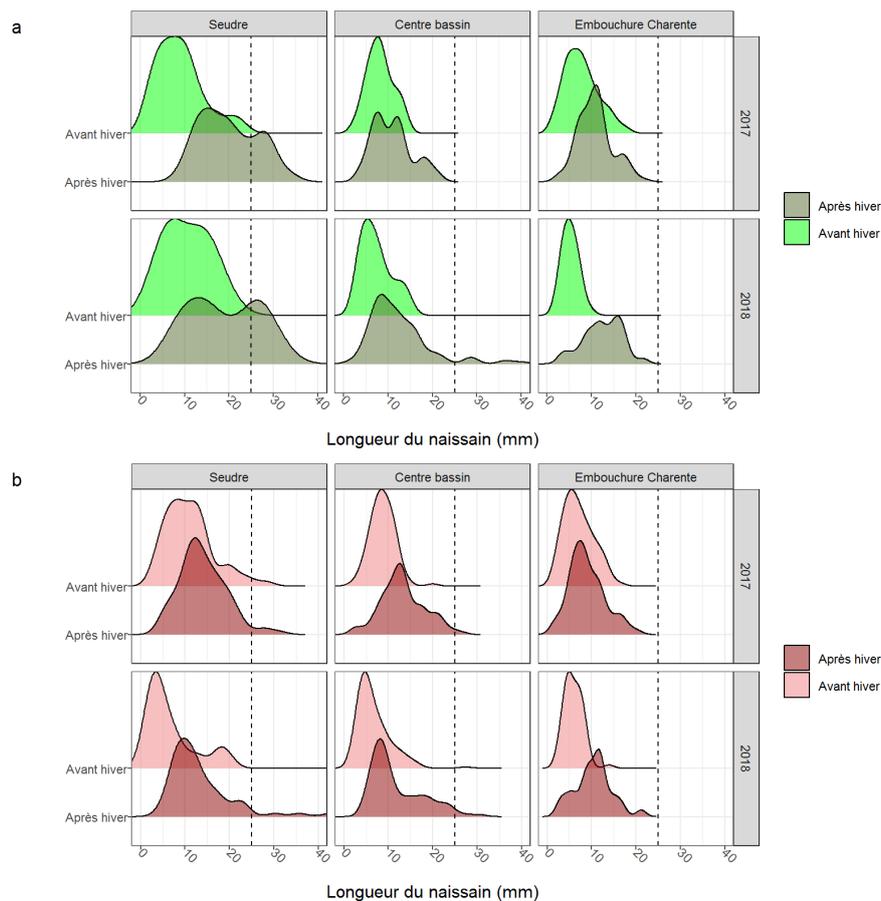


Figure 11 : Distribution des tailles de naissains avant (clair) et après l'hiver (foncé) pour a. les coupelles biosourcées et b. les coupelles témoins. La ligne pointillée symbolise la longueur de 25 mm. Uniquement les sites où les collecteurs ont été récupérés lors des deux périodes sont représentés. Les valeurs de 2019 ne sont pas représentées par manque d'échantillons suffisants après l'hiver.

Résistance des coupelles

En 2019, après 2 années de captage et deux phases de détroquage, le nombre de coupelles intactes (96 %) et fissurées (< 1 %) était le même quel que soit le type de matériau utilisé. Cependant, le nombre de coupelles inutilisables était significativement plus grand pour les cordées de coupelles biosourcées (3 %) que les coupelles témoins (< 1 %). Ces proportions sont inversées en ce qui concerne les coupelles pliées (Figure 12a), où près de 3 % des témoins étaient dans cet état contre moins de 1 % pour les biosourcées (Tableau 2).

En 2020, la proportion de tous les états de résistance des coupelles différait entre les collecteurs biosourcés et témoins. Ainsi, il y avait significativement moins de coupelles biosourcées encore utilisables après 3 années de captage (85 %) contrairement aux coupelles témoins (91 % ; Tableau 2). Parmi les coupelles biosourcées endommagées, plus de la moitié est inutilisable, car elles ont disparu ou elles ont été retrouvées complètement cassées (Figure 12bc). Finalement, un tiers des coupelles endommagées étaient fissurées, ne présageant plus qu'une seule année d'utilisation supplémentaire avant qu'elles ne soient complètement inutilisables (Tableau 2). A l'instar de 2019, la proportion de coupelles biosourcées inutilisables est similaire à celle des coupelles témoins pliées (7 % ; Tableau 2).

Tableau 2 : Proportion (%) du nombre de coupelle biosourcées et témoins pour chaque état de résistance en 2019 et 2020. « Inutilisables » : coupelles cassées + perdues de la cordée ; « Fissurées » : coupelles très endommagées mais encore sur la cordée ; « Pliées » : coupelles encore utilisable mais avec un pli marqué ; « Intactes » : pas de dommage particulier.

Année	Type	Etat de résistance des coupelles :			
		Inutilisables	Fissurées	Pliées	Intactes
2019 (après 2 années de captage)	Biosourcée	3,0	0,9	0,2	95,8
	Témoin	0,4	0,1	3,4	96,0
2020 (après 3 années de captage)	Biosourcée	8,5	4,9	1,6	85,0
	Témoin	1,3	0,4	7,0	91,3

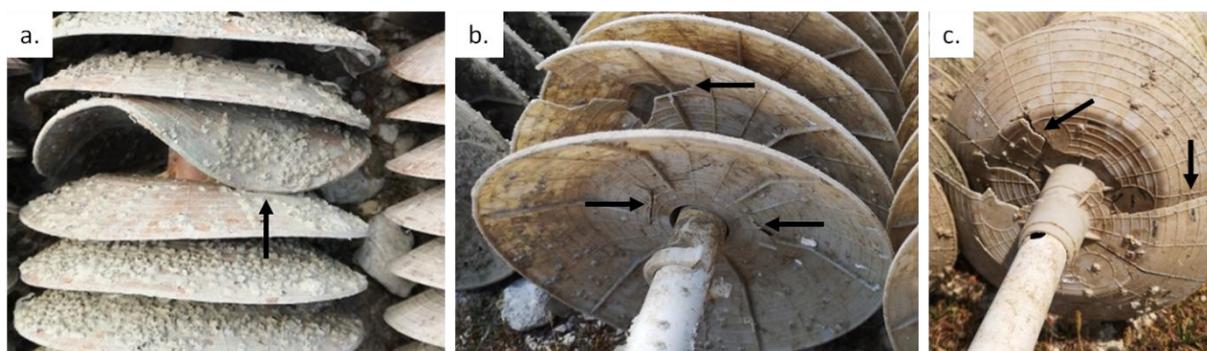


Figure 12 : a. Coupelle témoin pliée au milieu de la cordée ; b. Coupelles biosourcées cassées et fissurées en fin de cordée ; c. Coupelles biosourcées cassées en début de cordée.

Performances zootechniques en 1^{ère} année d'élevage

Après une 1^{ère} année d'élevage sur 7 parcs ostréicoles du Bassin de Marennes-Oléron, les huîtres captées sur coupelles biosourcées et celles issues de coupelles témoins ont montré des performances d'élevage équivalentes, du point de vue de leur survie (64 %), poids individuel (13,4 g) et d'indice de longueur (IL = 2,4 ; Barbier et al. 2019b). Aucun effet du type de coupelle utilisé ne semble affecter les performances des lots d'huîtres au cours de l'élevage.

Conclusions

Les expériences menées au cours des 3 dernières années ont montré que la capacité de captage de coupelles biosourcées était équivalente à celle des coupelles classiquement utilisées. Lors de la saison de reproduction, les densités de naissains fixés sont identiques entre les deux types de matériaux dans la majeure partie des situations observées. Néanmoins, dans les situations où le captage est relativement faible, les résultats montrent que les coupelles biosourcées captent significativement plus de naissain que les coupelles traditionnelles. Cette différence suggère que les densités de naissains captés sur les collecteurs biosourcés sont plus homogènes entre les secteurs et les années que celles sur les collecteurs en polypropylène (PP). Le naissain capté sur ces deux types de collecteurs était d'une taille équivalente à la fin de la période de reproduction. Cependant, à la sortie de l'hiver, le naissain de coupelles biosourcées était plus grand que celui des coupelles témoins. Cette différence devrait être inféodée au fait que les individus les plus grands se sont décrochés en plus grande proportion des coupelles témoins que des coupelles biosourcées.

Les différences mises en évidence au cours de cette expérimentation sont principalement attribuables aux caractéristiques physico-chimiques du biomatériau utilisé pour concevoir les collecteurs biosourcés. D'une part les coupelles biosourcées sont plus denses et, d'autre part, le composé Sea156[®] contient de la poudre de coquille (CaO₃, carbonate de calcium).

La présence de coquilles d'huîtres dans le substrat peut être à l'origine d'une fixation préférentielle des larves d'huîtres creuses. En effet, pour plusieurs espèces d'huîtres (*C. gigas*, *C. virginica*, *C. brasiliensis*) à travers différents écosystèmes (tempéré, tropical, subarctique), des études ont montré le rôle d'attracteur chimique des coquilles sur le comportement des larves lors du choix du substrat de fixation (Poirier et al 2019 ; Silveira et al 2011 ; Wilkie et al 2013). Cette caractéristique est utilisée en éclosion puisque l'utilisation de microbrisure de coquille est largement employée dans ce domaine pour optimiser le télécaptage. Autour de l'étape de métamorphose, le comportement des larves de bivalves les mènent à une prospection active du substrat le plus favorable pour leur fixation. Les facteurs liés au substrat et déterminant le succès du recrutement sont d'ordre biotique, comme l'âge du biofilm (Toupoint 2012) ou la présence d'autres individus de la même espèce (comportement grégaire), et abiotique, comme les contraintes hydrodynamiques (advection, force du courant de fond) ou la texture du substrat (lisse ou avec des anfractuosités ; Lejart 2010 ; synthétisés dans Barbier 2016). Ainsi, il est envisageable que la proportion en carbonate de calcium dans le matériau biosourcé modifie la rugosité (Annexe 2) à la surface des collecteurs, attirant préférentiellement les larves d'huîtres creuses et favorisant le développement d'un biofilm de qualité différente à celui sur le PP.

La résistance des coupelles témoignent de caractéristiques physiques divergentes entre le biomatériau et le PP. La dégradation significative des coupelles biosourcées montre que le biomatériau est plus cassant que le PP qui est, quant à lui, beaucoup plus ductile (capacité d'un matériau à se déformer sans casser). C'est notamment pour cette raison que la proportion de coupelles biosourcées cassées est la même que celle des coupelles témoins pliées. Ainsi, d'un côté les coupelles biosourcées sont plus denses et moins flexibles et de l'autre, les coupelles en PP sont plus légères et souples. Cette distinction devrait influencer sur la vibration des coupelles sous l'eau lorsqu'elles sont soumises aux courants. Il est concevable qu'un matériau dense et rigide vibre moins qu'un matériau plus souple. Partant du postulat que les coupelles biosourcées sont plus stables, la fixation des larves précoces devraient être favorisée alors que la perte (décrochage) des naissains au cours de l'hiver devrait être limitée.

Perspectives

Le développement de matériels en composé biosourcé et compostable pour l'aquaculture paraît pertinent d'un point de vue zootechnique mais leur utilisation à grande échelle suscite de nombreuses interrogations sur les plans technique, environnemental, économique.

Dans le cadre de coupelles biosourcées, de nouvelles expérimentations devraient être menées pour confirmer les effets bénéfiques de ces collecteurs lors des années de faible captage. Même si des différences significatives apparaissent entre les deux types de collecteurs en 2018, d'autres preuves sont nécessaires pour consolider cette hypothèse au cours d'un cycle de vie complet des cordées de coupelles et dans plusieurs bassins de captage. Par ailleurs, le développement d'un moule industriel adapté à l'injection de ce composé biosourcé est nécessaire pour optimiser les caractéristiques mécaniques des coupelles. Des recherches dédiées spécifiquement aux caractéristiques physiques à micro-échelle de la surface des collecteurs devraient être menées pour déterminer les propriétés structurales (*i.e.* rugosité) les plus favorables pour la fixation des recrues d'huîtres creuse. Afin de limiter la fragilité des coupelles biosourcées, un ajustement de la proportion de coquille dans le composé Sea156® et son injection dans un moule adapté pourraient augmenter la durée de vie du produit.

A plus large échelle, l'utilisation de ces matériaux pourrait être étendue à la majorité des plastiques utilisés en conchyliculture. Outre le support de fixation, la coupelle, les autres parties du collecteur pourraient être conçus en bioplastique (*i.e.* le tube et le clip). Le travail de recherche et développement doit se poursuivre avec les poches ostréicoles, les élastiques, les laveurs et les filets de catinage, qui sont une part des macrodéchets retrouvés sur le littoral. L'utilisation récurrente de matériels biosourcés en conchyliculture devra être associée à la démonstration de leur efficacité et à leur impact économique auprès des entreprises. Étant donné qu'il ne s'agit que des prémices de l'utilisation de matériel en bioplastique, aucun coût raisonnable ne peut être associé aux coupelles biosourcées. Cependant, dans le cadre d'une production à grande échelle, le prix d'achat et le taux de renouvellement de ce matériel devront être pris en compte pour être compétitif par rapports aux plastiques traditionnels. Ainsi, une analyse micro-économique du cycle de production ostréicole intégrant les coupelles biosourcées permettrait d'évaluer la rentabilité de ce produit. Le maintien de la pratique du captage naturel et la diminution significative des déchets qu'elle produit passerait forcément par la réduction du nombre de collecteurs disposés en mer et la valorisation de tous les individus captés sur ces derniers. De manière plus globale, l'utilisation de collecteurs biosourcés assurant un meilleur captage lors des années de faible recrutement et conservant un plus grand nombre de naissains durant l'hiver, permettrait d'optimiser cette pratique (*e.g.* « capter moins mais mieux »).

Finalement, l'impact de ces biomatériaux sur l'environnement marin n'est pas encore connu. Bien que leur production n'utilise pas de matière première fossile (*e.g.* pétrochimie) et que leur fin de vie peut être valorisée (*e.g.* compostage industriel), la dégradation des bioplastiques dans le milieu n'est pas encore décrite. Dans le cas des plastiques issus de la pétrochimie, les effets mécaniques du milieu marin et UV sur ces matériaux font l'objet de nombreuses recherches depuis la dernière décennie. Les principaux impacts de la dégradation des plastiques dans le milieu marin sont *i.* la transmission à l'eau de mer de composés chimiques (*i.e.* molécules de dégradation et additifs ; Koumba 2018) et *ii.* la formation de fragments de plastiques (*e.g.* nano-, micro-plastiques ; Frère 2017) intégrant les réseaux trophiques. De ce fait, il semble primordial de comprendre le processus de dégradation des bioplastiques dans le milieu marin pour anticiper leurs impacts potentiels sur ce dernier.

Références

- Barbier P (2016) Déterminisme du recrutement des bivalves sous contraintes environnementales et anthropiques. Biodiversité et Ecologie. Thèse du Muséum National d'Histoire Naturelle
- Barbier P, Bodin P, Oudot G (2020a) Estimation du captage de l'huître creuse 2019 en Charente-Maritime après l'hiver : situation en avril 2020. Synthèse CREAA, 2p
- Barbier P, Bodin P, Oudot G, Barré M, Mille D (2020b) Observatoire ostréicole du littoral charentais – Rapport annuel 2019. CREAA, 26p
- Barbier P, Bodin P, Bouquet A.L, Geay A, Oudot G (2020c) Détermination du potentiel de captage de coupelles biosourcées : Evaluation du captage 2019. CREAA, 6p
- Barbier P, Bodin P, Bouquet A.L, Geay A, Oudot G (2019a) Estimation du captage de l'huître creuse sur coupelles biosourcées en Charente-Maritime après l'hiver : situation en avril 2019. CREAA, 8p
- Barbier P, Bodin P, Bouquet A.L, Geay A, Oudot G (2018a) Détermination du potentiel de captage de coupelles biosourcées - Evaluation du captage 2018 avant l'hiver. CREAA, 8p
- Barbier P, Bodin P, Bouquet A.L, Geay A, Oudot G (2019b) Comparaison des performances d'élevage de naissains captés sur des coupelles biosourcées et traditionnelles après une 1^{ère} année sur parc ostréicole. CREAA, 2p
- Bouquet A.L, Geay A, Oudot G, Bodin P (2017) Suivi du captage d'huître creuse en Charente-Maritime : 1^{er} bilan sur coupelles biosourcées - Détermination du potentiel de captage sur coupelles biosourcées. CREAA, 2p
- Bouquet A.L, Geay A, Oudot G, Bodin P, Aubrière C (2018) Suivi du captage d'huître creuse en Charente-Maritime : 2^{ème} bilan sur coupelles biosourcées - Tenue des naissains durant l'hiver sur collecteurs biosourcés. CREAA, 2p
- Frère L (2017) Les microplastiques : une menace en rade de Brest ? Environnement. Thèse de l'Université de Bretagne Occidentale
- Koumba G.B (2018) Fragmentations chimique et physique de plastiques et microplastiques en eau douce sous irradiation UV-visible. Matériaux. Thèse de l'Université Clermont Auvergne
- Lejart M (2009) Etude du processus invasif de *Crassostrea gigas* en Bretagne: Etat des lieux, dynamique et conséquences écologiques. Ecologie, Environnement. Thèse de l'Université de Bretagne occidentale – Brest
- Poirier L.A, Clements J.C, Davidson J.D.P, Miron G, Davidson J, Comeau L (2019) Sink before you settle: Settlement behaviour of Eastern oyster (*Crassostrea virginica*) larvae on artificial spat collectors and natural substrate. Aquaculture Reports 13 : 100181
- Pouvreau S et al. (2020) Observer, Analyser et Gérer la variabilité de la reproduction et du recrutement de l'huître creuse en France : Le Réseau Velyger. Rapport scientifique annuel du réseau national Velyger Convention DPMA-Ifremer 2019
- Silveira R.C, Silva F.C, Gomes C.H.M, Ferreira J.F, Melo C.M.R (2011) Larval settlement and spat recovery rates of the oyster *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) using different systems to induce metamorphosis. Brazilian Journal of Biology 71(2) : 557-562

Toupoint N (2012) Le succès de recrutement de la moule bleue : influence de la qualité de la ressource trophique. Ecologie, Environnement. Thèse de l'Université du Québec à Rimouski

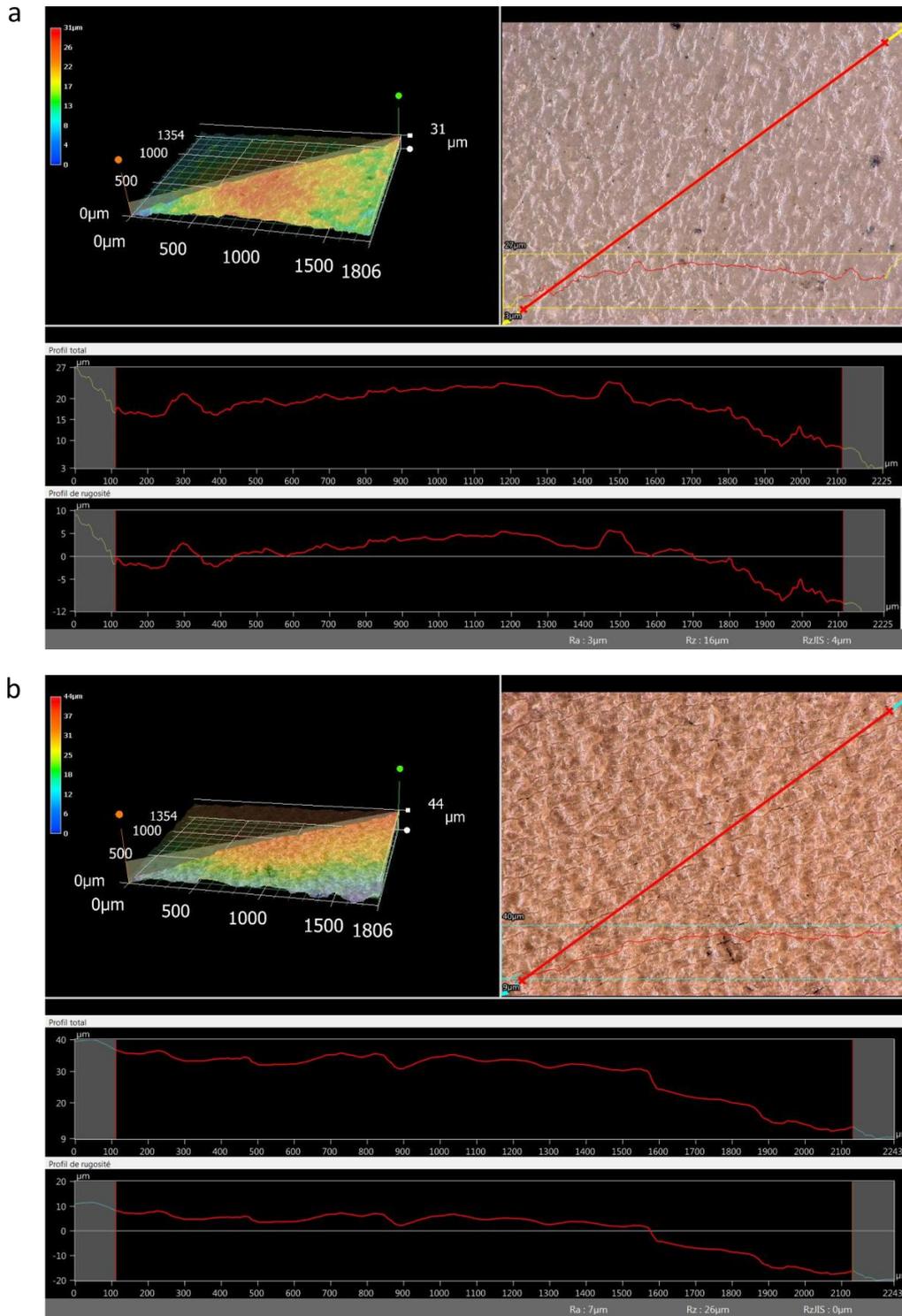
Wilkie E.M, Bishop M.J, O'Connor W.A (2013) The density and spatial arrangement of the invasive oyster *Crassostrea gigas* determines its impact on settlement of native oyster larvae. Ecology and Evolution 3(15) : 4851-4860

Annexes

Annexe 1 : Récapitulatif des échantillons suivis au cours des 3 années d'expérimentations. AV = Récupération des collecteurs avant l'hiver ; AP = Récupération des collecteurs après l'hiver.

Année	Secteur	Nom du parc	AV	AP
2017	Seudre	Chatressac	x	x
		Coux	x	x
		Jeac	x	x
	Centre bassin	Brouage	x	x
		La Barre d'Estrée	x	x
		Les Longées	x	x
	Embouchure Charente	Fouras	x	x
		Ile d'Aix	x	x
		La Moulière (1)	x	x
La Moulière (2)		x	x	
2018	Seudre	Chatressac	x	x
		Coux	x	
	Centre bassin	Brouage	x	x
		La Barre d'Estrée (1)	x	x
		La Barre d'Estrée (2)	x	x
		Les Longées	x	x
	Embouchure Charente	Ile d'Aix	x	x
		La Moulière	x	
	Bonne Anse	Bonne Anse	x	
2019	Seudre	Chatressac	x	x
		Coux	x	
		Jeac	x	
	Centre bassin	Brouage	x	
		Les Longées	x	x
	Embouchure Charente	Fouras Nord	x	x
Ile d'Aix		x		
		La Moulière	x	

Annexe 2 : Exemple de photographies (x200) et de profils de rugosités de la face supérieure d'une coupelle a. biosourcée et b. témoins. Les zones représentées mesurent 1,8 mm x 1,3 mm (Keyence VHX-6000, crédit : Stéphane Pouvreau, Ifremer Argenton)



Remerciements : Nous remercions les professionnels partenaires qui ont participé à la pose et la récolte des collecteurs au cours des trois dernières saisons de captage.

Avec le soutien financier de :



RÉGION
**Nouvelle-
Aquitaine**



Comité Régional de la Conchyliculture
Charente-Maritime



Citation : **Barbier P**, Bouquet AL, Oudot G, Bodin P, Geay A (2020) Collecteurs biosourcés – Suivi de la capacité de captage de naissain d’huîtres creuses de coupelles biosourcées – Bilan d’expérimentation. CREAA, 23p

Contact CREAA : **Pierrick BARBIER**
p.barbier.creaa@orange.fr

Site Internet : <https://creaa.pagesperso-orange.fr/>