

Capacité de survie d'holothuries en claire ostréicole pendant la période estivale

MEDIHOM : Mise en place d'un élevage de
Diopatra et d'*Holothuria* en Marais



Rapport d'expérimentation

Rédaction : Pierrick BARBIER

Collaboration : Paul BODIN,

Cédric HENNACHE, Gaël OUDOT

Avril 2022

Pierrick BARBIER, Paul BODIN, Cédric HENNACHE, Gaël OUDOT Projet MEDIHOM : Mise en place d'un élevage de <i>Diopatra</i> et d' <i>Holothuria</i> en Marais	Centre pour l'Aquaculture, la Pêche et l'Environnement de Nouvelle-Aquitaine
Capacité de survie d'holothuries en claire ostréicole pendant la période estivale	
Rapport d'expérimentation 19 pages	Avril 2022
Barbier P, Bodin P, Hennache C, Oudot G (2022) Capacité de survie d'holothuries en claire ostréicole pendant la période estivale. Rapport d'expérimentation, Projet MEDIHOM, CAPENA. 19 p.	
<p>RÉSUMÉ :</p> <p>Aux regards des changements globaux, il est nécessaire de concevoir de nouvelles filières aquacoles, apportant des services écosystémiques uniques et redondants, afin d'augmenter notre résilience face aux modifications climatiques. Pour ce faire, l'aquaculture multi-trophique intégrée (AMTI) est une approche expérimentale de développement de systèmes de production d'origine aquatique responsables qui peut être adaptée aux particularités de différentes régions. L'AMTI imite un écosystème naturel en combinant l'élevage de diverses espèces complémentaires appartenant à différents niveaux trophiques. Souvent négligé, les espèces détritivores ne sont que très peu exploitées en aquaculture, malgré les services écosystémiques qu'elles fournissent à leur environnement. Parmi elles, les holothuries (concombre de mer) figurent comme le candidat idéal pour combler ce niveau trophique dans les élevages aquatiques marins. Les marais salés, patrimoine paysagé de Charente-Maritime, confèrent des zones propices au développement et à la diversification de l'aquaculture, dans lesquels les huîtres creuses et les crevettes sont déjà élevées.</p> <p>Faisant partie du projet MEDIHOM : Mise en place d'un élevage de <i>Diopatra</i> et d'<i>Holothuria</i> en Marais, le but de cet axe de travail est d'apporter des premiers éléments de connaissance sur la faisabilité d'une co-culture entre les huîtres et le concombre de mer en marais. Plus précisément, la capacité de survie de deux espèces d'holothuries indigènes a été évaluée au cours de l'été 2021, période où les conditions de température et de salinité sont potentiellement défavorables pour ces organismes.</p> <p>Des individus des espèces <i>Holothuria forskali</i> et <i>Holothuria tubulosa</i>, ont été mises à l'eau dans des claires ostréicoles, en association avec des huîtres creuses, de mai à septembre 2021. A l'issue des 5 mois d'expérimentation, environ 85 % des <i>H. tubulosa</i> ont survécu avec une prise de poids d'approximativement 10 %. La survie des <i>H. forskali</i> a été évaluée à près de 25 %, accompagnée d'une perte de poids de plus d'un tiers de leur valeur initiale.</p> <p>Ces résultats, associés aux observations au cours de la période d'étude, sont encourageant quant à l'utilisation de ces organismes dans une contexte d'AMTI en marais charentais. De nombreuses voies d'optimisation zootechniques restent à développer, que ce soit du point de vue des densités, des milieux d'élevage et de l'approvisionnement en juvéniles afin d'envisager le développement d'une filière d'holothuriculture.</p>	
Holothurie ; Co-culture ; AMTI ; Claire ostréicole ; Marais ; Huîtres creuses	

Table des matières

I.	Introduction.....	5
1.	Contexte	5
2.	Les holothuries	5
3.	Objectifs	6
II.	Matériels et Méthodes	6
1.	Matériel biologique.....	6
1.1.	<i>Holothuria forskali</i>	6
1.2.	<i>Holothuria tubulosa</i>	7
1.3.	Lots d’huîtres <i>Crassostrea gigas</i>	8
2.	Plan expérimental	8
3.	Protocole de mesure	10
3.1.	Taux de survie	10
3.2.	Croissance pondérale.....	10
4.	Analyse de données	10
III.	Résultats.....	10
1.	Données environnementales	10
2.	Survie et croissance des holothuries	11
3.	Observations	12
IV.	Discussion.....	15
1.	Candidats à l’AMTI en claire ostréicole	15
2.	Difficultés et optimisations techniques	15
V.	Perspectives	16
VI.	Bibliographie	17
VII.	Annexes.....	18

I. Introduction

1. Contexte

Par la nature de son littoral, le bon état écologique, chimique et sanitaire des eaux ainsi que son ensoleillement, la côte de Nouvelle-Aquitaine, et en particulier celle de Charente-Maritime présente un fort potentiel pour le développement de l'aquaculture. Ce territoire est déjà largement exploité pour la production d'huîtres et de moules, que ce soit sur la zone d'estran, en eau profonde avec les filières au large ou dans les marais ostréicoles, ce qui en fait le premier bassin ostréicole de France. Dans un contexte zoosanitaire peu favorable, lié à une conchyliculture monospécifique, le développement de nouvelles aquacultures peut offrir une voie de diversification pour certains ostréiculteurs, qui font face depuis quelques années à des épisodes anormaux de mortalités d'huîtres et de moules. La culture ou l'élevage de nouvelles espèces pourrait également créer de nouveaux emplois dans le cadre d'une pleine activité d'exploitation, s'inscrivant directement dans les thématiques de la « croissance bleue », la gestion intégrée des zones côtières et des filières marines émergentes, la co-culture ou encore l'Aquaculture Multi-Trophique Intégrée (AMTI).

La diversification des filières aquacoles est essentielle au maintien et au développement socio-économiques des régions maritimes. Aux regards des changements globaux, il est nécessaire de concevoir de nouvelles filières aquacoles, apportant des services écosystémiques uniques et redondants, afin d'augmenter notre résilience face aux modifications climatiques. Une des réponses à cet enjeu réside dans l'AMTI, pour laquelle les biens et services écosystémiques fournis par plusieurs organismes sont bénéfiques à leur propre culture et à l'environnement dans lequel ils se trouvent. L'AMTI est une approche expérimentale de développement de systèmes de production d'origine aquatique responsables, qui peut être adaptée aux particularités de différentes régions. Plutôt que de produire une seule espèce (monoculture) et de se concentrer principalement sur les besoins de cette espèce, l'AMTI imite un écosystème naturel en combinant l'élevage de diverses espèces complémentaires appartenant à différents niveaux trophiques.

Les marais ostréicoles de Charente-Maritime présentent des habitats favorables au développement de l'aquaculture, dans lesquels l'élevage de bivalves (huître creuse, palourde) et de crevettes (*Penaeus japonicus*) est déjà encré dans les pratiques. À ce titre, la co-culture de l'huître creuse et de la crevette est un des premiers exemples d'AMTI (Eyrolles et al. 2019). Avec des conditions environnementales favorables pour l'aquaculture marine et les intérêts associés aux nouvelles filières multi-spécifiques, il est pertinent d'initier la stratégie de diversification par l'AMTI en Charente-Maritime en commençant par le milieu propice que sont les claires ostréicoles.

Dans le cadre du projet MEDIHOM : Mise en place d'un élevage de *Diopatra* et d'*Holothuria* en Marais, des expérimentations ont été menées sur deux organismes présents le long des côtes de Nouvelle-Aquitaine : les vers tubes, du genre *Diopatra* et les holothuries (concombre de mer), du genre *Holothuria*. Du fait de leur forte valeur ajoutée et des pressions anthropiques exercées sur les populations sauvages associées à leur exploitation, des élevages se sont développés dans différentes parties du globe. Le but de ce projet est d'évaluer la faisabilité de leur élevage dans ce milieu afin d'offrir une voie de diversification auprès des conchyliculteurs et de permettre l'installation de nouveaux aquaculteurs tout en valorisant des zones de marais inexploitées. Ainsi, le projet MEDIHOM est constitué de deux axes de travail, faisant référence aux deux organismes cités (Vasseur 2021).

2. Les holothuries

Les holothuries possèdent un potentiel de valorisation inexploité en Europe à ce jour. Elles sont d'intérêt pour l'alimentation humaine, la cosmétique, la bioremédiation (amélioration de

la qualité d'un milieu par l'activité d'organismes vivants) et les biotechnologies. Ces organismes sont très convoités par le marché asiatique pour la consommation humaine. Les stocks sauvages ont été surexploités dans diverses zones tropicales, comme l'océan Indien, plaçant ainsi plusieurs espèces d'holothuries sur la liste rouge des espèces menacées de l'IUCN (FAO 2014). Cet engouement s'explique par un prix de vente très élevé, variant entre 10 et 350 \$US par kilogramme de matière sèche (Purcell 2014 ; Purcell et al. 2018), pouvant aller jusqu'à 640 \$US pour les espèces les plus prisées (Purcell et al. 2012). Par ailleurs, ces animaux ont des dispositions spécifiques avec un potentiel fort en matière de pharmacologie, cosmétique et dans le domaine des biomatériaux (Kamyab et al. 2020). Outre l'intérêt économique, ces organismes détritivores/psammivores (*i.e.* qui se nourrit de matière organique en décomposition par l'ingestion du sédiment de surface) jouent un rôle écologique majeur dans le fonctionnement des écosystèmes en termes d'amélioration de la qualité des eaux, grâce à leur contribution au recyclage de la matière organique et à la bioturbation du sédiment. En effet les pratiques de l'aquaculture semi-intensive et intensive se traduisent par une accumulation de matière organique dans les sédiments des bassins et autour des zones de rejets des effluents (Lemonnier et al. 2004 ; Molnar et al. 2013). Cette accumulation peut engendrer des crises d'hypoxie et favoriser l'apparition de molécules telles que l'hydrogène sulfuré et/ou l'ammoniaque qui sont, à certaines concentrations, toxiques pour les animaux. Certaines études ont d'ores et déjà montré que les holothuries participent significativement à la réduction des déchets organiques liés à l'élevage de poissons (bar et dorade) en cages (Macdonald et al. 2012 ; Neofitou et al. 2019) ou de bivalves (Paltzat et al. 2008 ; Zamora et al. 2011 ; Zhou et al. 2006). Ainsi, grâce à leur capacité de bioremédiation, les holothuries sont des modèles pertinents pour le développement de systèmes d'aquaculture multi-trophique intégrée performants et durables.

3. Objectifs

Le but des expérimentations menées avec les holothuries est d'apporter des premiers éléments de connaissance sur la faisabilité d'une co-culture entre les huîtres et les concombres de mer en marais. L'objectif principal est de mesurer le taux de survie des holothuries élevées en claires ostréicoles, associés à des huîtres, pendant l'été.

A ce titre, deux espèces d'holothuries dominantes des côtes métropolitaines, sont utilisées : *Holothuria forskali* (Holothurie noire) et *Holothuria tubulosa* (Holothurie tubuleuse). La survie des holothuries lors des périodes chaudes semble être la première limite associée à ce système d'élevage, puisque la température en claire peut varier entre -1 et +36°C au cours de l'année et les valeurs de salinité s'étendent de 15 à 40‰. Si le taux de survie des holothuries n'est pas jugé suffisant à l'issue de cette expérimentation durant la période estivale, ce mode d'élevage ne sera pas poursuivi. À l'inverse, si ce milieu d'élevage semble favorable à la co-culture de ces deux espèces, de nouvelles pistes zootechniques seront étudiées en claires, afin d'optimiser le grossissement des holothuries.

II. Matériels et Méthodes

1. Matériel biologique

1.1. *Holothuria forskali*

Les individus des deux espèces d'holothuries utilisés dans cette expérimentation, sont des animaux sauvages obtenus grâce à l'European Marine Biological Resource Centre (EMBRC ; <https://www.embrc-france.fr/fr>) par l'intermédiaire des stations marines de Roscoff et de

Villefranche-sur-Mer, cotutelle de Sorbonne Université et du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

Le 04 mai 2021, 15 individus d'*Holothuria forskali* ont été réceptionnés sur le site de CAPENA à Oléron et acclimatés pendant 24h dans un bac de micro-nurserie (Figure 1), avant d'être disposés en claire. Aucun individu mort ou de signes de stress (e.g. système digestif expulsé) n'a été retrouvé dans les sacs de transport.



Figure 1 : Acclimatation des *Holothuria forskali* en micro-nurserie. a. Animaux à la réception du lot le 04 mai 2021 avant leur sortie des sacs de transport, b. c. le 05 mai 2021 après 24h en liberté dans le bac de micro-nurserie.

1.2. *Holothuria tubulosa*

Le premier lot de 30 individus d'*Holothuria tubulosa* a été réceptionné en trois parties entre les 06 et 07 mai 2021, les individus ont été maintenus en stabulation dans deux autres bacs de la micro-nurserie. À l'intérieur des sacs de transport des animaux, 24 systèmes digestifs partiellement ou totalement expulsés (Figure 2a) ont été retrouvés. 6 individus morts et flottants ont été récupérés dans la micro-nurserie après 24h d'acclimatation. Ces résultats sont attribuables au stress engendré par le transport (temps de livraison) et la manutention des colis (fuite d'eau, brassage). Un second lot d'*H. tubulosa* a été réceptionné le 02 juin 2021 contenant 20 individus intacts et acclimatés selon le même protocole. Au total, ce sont 45 individus de cette espèce, dont au moins 18 d'entre eux avec un système digestif partiellement absent, qui ont été utilisés dans l'expérimentation (Figure 2bc).

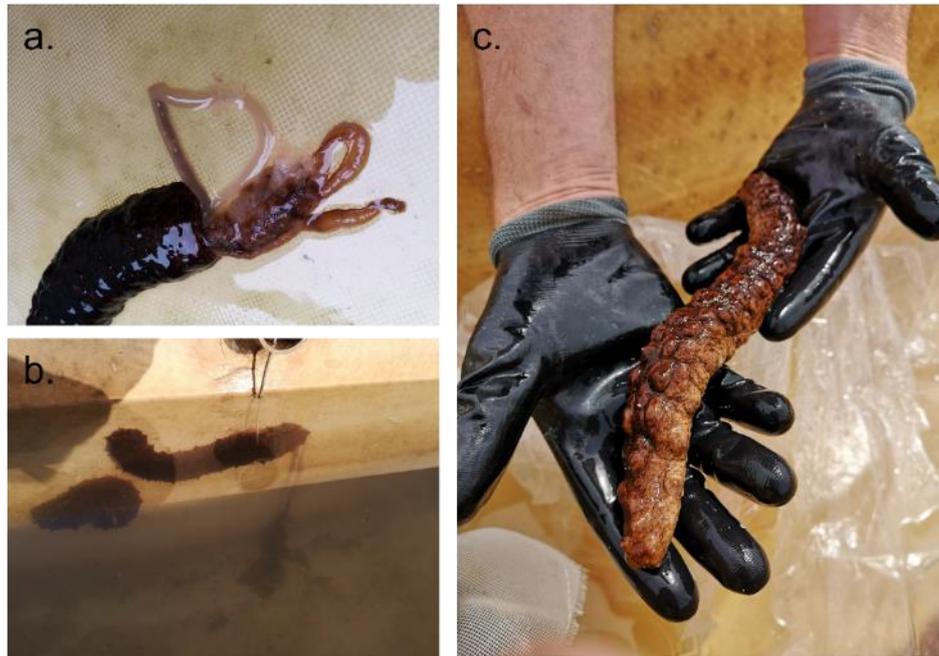


Figure 2 : Acclimation des *Holothuria tubulosa* en micro-nurserie. a. Partie postérieure d'un individu avec son système digestif partiellement expulsé, b. c. après 24h en liberté dans le bac de micro-nurserie.

1.3. Lot d'huîtres *Crassostrea gigas*

Un lot d'huîtres creuses de demi-élevage, issus de captage naturel de Charente-Maritime (Barbier 2021) a été disposé à l'identique dans deux claires expérimentales en association avec les holothuries. Ce sont 1 096 individus de *C. gigas*, d'un poids individuel moyen de 21,2 g qui ont été répartis dans des casiers placés sur des tables ostréicole au centre des bassins.

2. Plan expérimental

Dans une série de 8 claires alimentées par une même prise d'eau à la mer, les bassins A9 et A10, de dimensions comparable (environ 600 m²) ont été sélectionnés pour respectivement accueillir les *H. forskali* et *H. tubulosa*. Dans chaque bassin, des casiers contenant les huîtres sont disposés sur deux tables ostréicoles. Deux demi-tuyau en PVC (2 m de longueur) sont placés autour des tables, pour fournir un abri aux holothuries (Figure 3). Les bassins étaient équipés d'un bondon (tube en PVC placé sur l'ouverture permettant l'entrée et la sortie de l'eau du bassin) garantissant une hauteur d'eau minimale de 70 cm. Les bassins sont laissés à « boire et déboire » durant toute la durée de l'expérimentation. Les bondons ont été équipés d'un filet à maille fine pour empêcher les holothuries de s'échapper de l'enceinte.

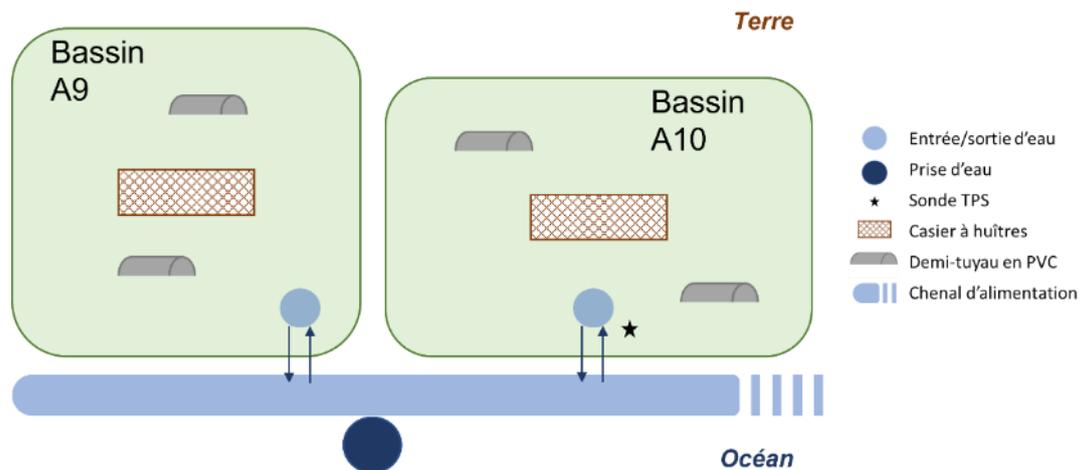


Figure 3 : Schéma de la disposition des structures expérimentales.

La mise à l'eau des 15 holothuries *H. forskali* s'est déroulée le 05 mai 2021. Dans le second bassin, 25 holothuries *H. tubulosa* ont été immergées le 10 mai 2021 (1^{er} lot) et 20 autres (2^{ème} lot) le 03 juin 2021. Les individus ont été dispersés aléatoirement autour des tables à huîtres (Figure 4a). Faute d'une solution méthodologique pertinente, aucun marquage individuel n'a été réalisé pour identifier chaque individu.

Après 5 mois, les deux bassins ont été vidés le 30 septembre 2021 pour récupérer les holothuries. La vidange complète des claires était nécessaire pour s'assurer de récupérer l'ensemble des individus. Des suivis intermédiaires par comptage visuel sous l'eau n'ont pas pu être effectués par manque de visibilité (turbidité). Ce facteur limitant a orienté le protocole vers la solution d'une vidange complète du bassin en fin d'expérimentation.

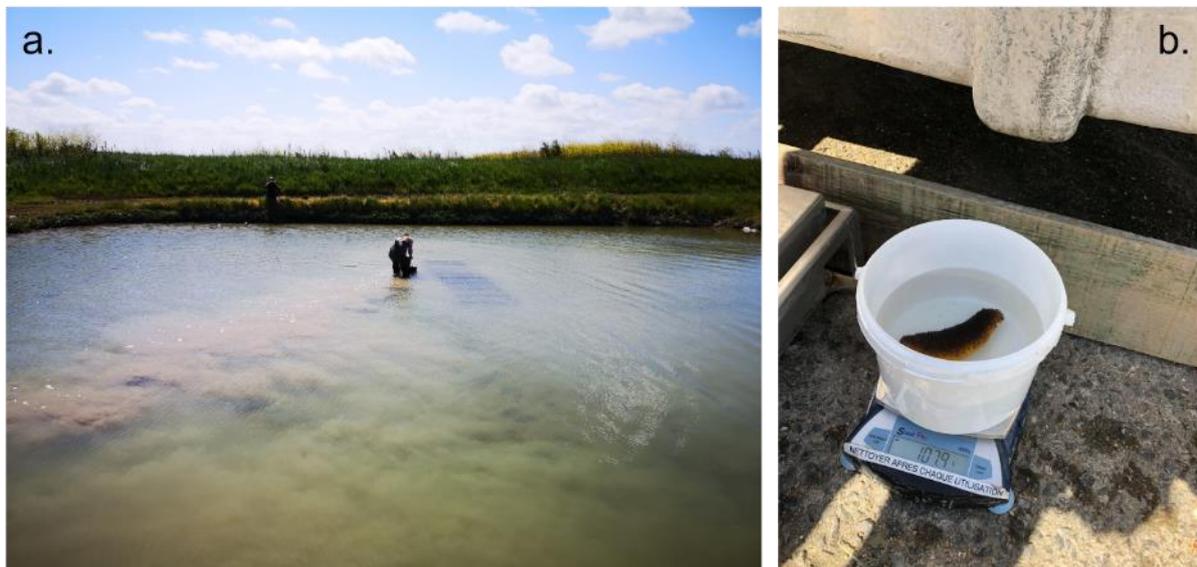


Figure 4 : a. Mise à l'eau d'*H. forskali* dans le bassin A9 le 05 mai 2021, b. Pesée en eau des individus.

Dans le bassin A10, une sonde multiparamétrique TPS (NKE Instrumentation) est immergée à proximité du bondon (Figure 3). Pendant toute la durée de l'expérimentation, les données de température de l'eau (°C) et de salinité (‰) sont enregistrées en continu à une fréquence de 15 minutes (ainsi que la variation de hauteur d'eau ; Annexe 1). Les données recueillies caractérisent les conditions de température et de salinité des deux bassins d'expérimentation.

3. Protocole de mesure

3.1. Taux de survie

A la fin de l'expérience, le nombre d'individus vivants de chaque espèce a été dénombré. Le taux de survie (%) est calculé grâce au nombre d'individus vivants retrouvés le 30 septembre 2021 par rapport au nombre d'individus initialement mis à l'eau.

Le taux de mortalité est calculé comme étant l'inverse du taux de survie. Étant donné que les holothuries ne pouvaient pas sortir des bassins et qu'aucun cadavre n'a été retrouvé, tous les individus disparus sont considérés comme mort, soit par prédation, soit de mort naturelle et dont le corps a été décomposé.

3.2. Croissance pondérale

Le poids total individuel (g) des holothuries a été mesuré avant la mise à l'eau en bassin (« Bilan initial ») et lors de leur récupération en fin d'expérimentation (« Bilan final »). La différence entre ces deux valeurs représente la croissance pondérale (gain de poids) au cours de la période de suivi. Les individus ont été pesés en eau pour limiter les variations de poids associées à l'expulsion ou à l'absorption d'eau par les organismes (Figure 4b). La pesée en eau est une méthode de mesure non-invasive qui permet d'estimer le poids total de l'individu dans des conditions d'absorption maximale d'eau de mer.

4. Analyse de données

L'ensemble des données est présenté sous forme de moyenne et de l'intervalle de confiance 95 % associé. Les tests de χ^2 sont utilisés pour comparer les taux de survie. Des ANOVA simples suivi de tests post-hoc de Tukey HSD ont été utilisés lors des comparaisons de moyennes. 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 l'ensemble des tests statistiques est $\alpha < 0,05$. Les données sont traitées avec les logiciels R (Version 4.0.3) et RStudio® (Version 1.2.5033).

III. Résultats

1. Données environnementales

La température moyenne de l'eau dans les claires était de 18,0°C au mois de mai, puis elle a augmenté jusqu'à 24,2°C au mois de juin avant de diminuer progressivement pour atteindre 21,6°C en septembre (23,6°C en juillet et 22,2°C en août). La température minimale a été mesurée dès le début de l'expérimentation avec 13,2°C le 05 mai et la température maximale a été atteinte le 13 juin 2021, à hauteur de 31,2°C (Figure 5). Un second pic de chaleur a été mesuré le 19 juillet 2021 à 30,4°C.

La salinité moyenne des bassins au cours de la période d'étude était de 34,2‰, variant de 33,7‰ en mai et 34,8 ‰ en septembre. Des salinités ponctuelles inférieures à 32,0 ‰ ont été relevées à 2 reprises en juin (minimum de 31,3‰) et la valeur maximale de 37,0‰ a été atteinte au début du mois de septembre (Figure 6).

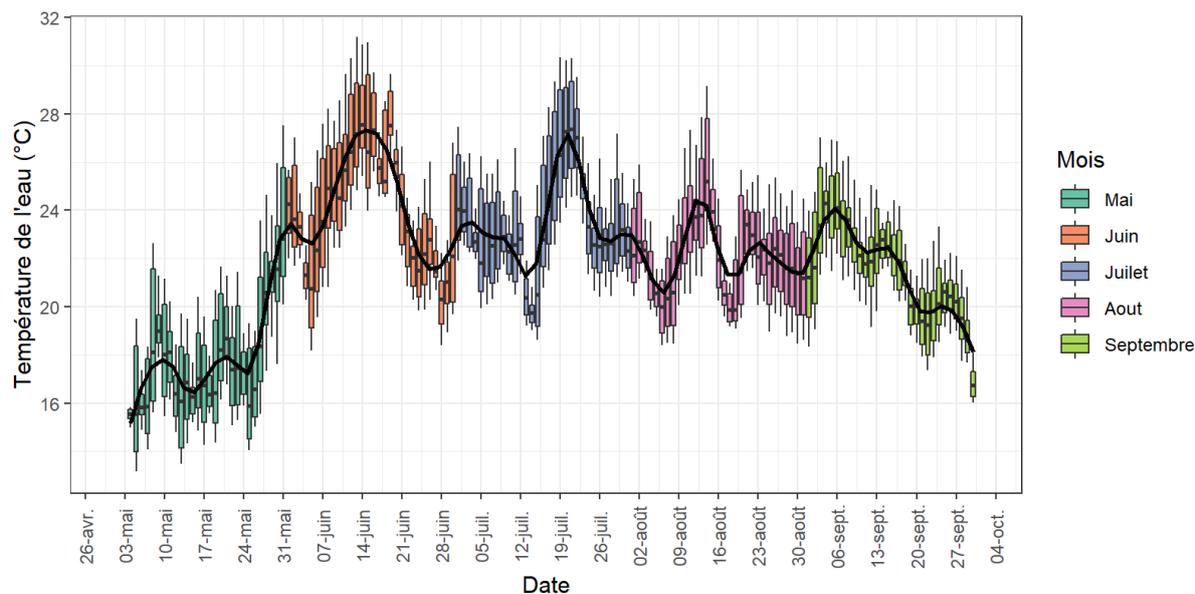


Figure 5 : Température (°C) de l'eau du bassin A10 du 04 mai au 30 septembre 2021.

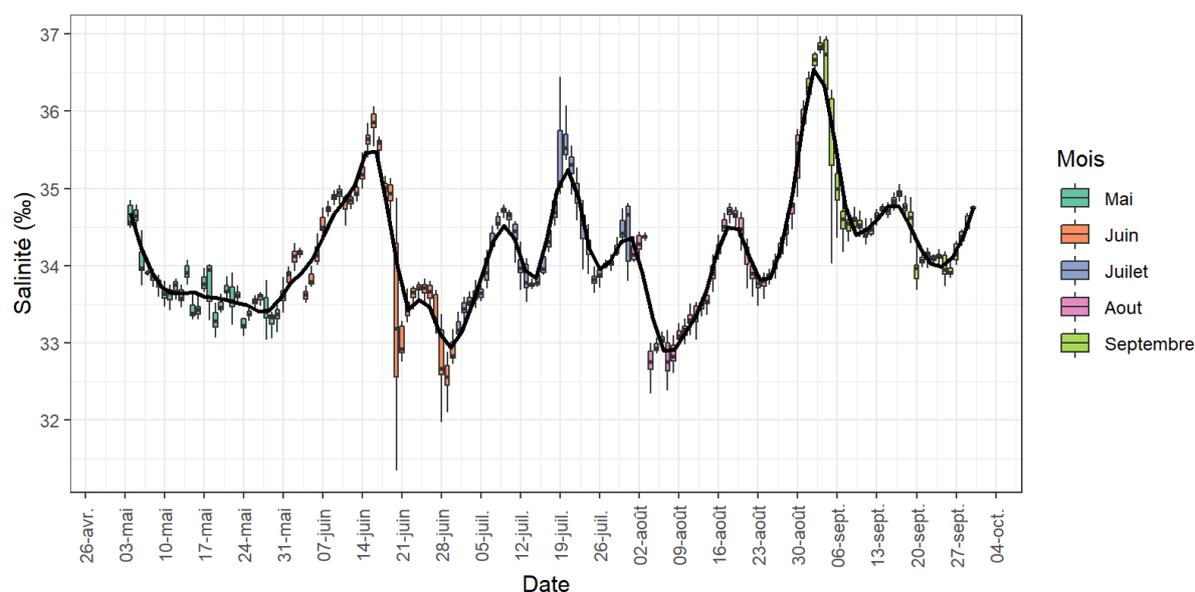


Figure 6 : Salinité (‰) de l'eau du bassin A10 du 04 mai au 30 septembre 2021.

2. Survie et croissance des holothuries

Deux situations contrastées ont été observées à l'issue de l'expérimentation, dépendamment de l'espèce d'holothurie :

- Pour *H. forskli*, le taux de survie final était de 27% (4 individus vivants sur 15 ; Figure 7). Le poids moyen des survivants était de 85g (\pm 45g). Avec un poids de 135g (\pm 22g) en mai 2021, les individus ont connus une perte de poids significative de -50g, représentant un amaigrissement de plus d'un tiers de leur poids initial (Figure 8).
- Pour *H. tubulosa* le taux de survie était de 84% (38 individus vivant sur 45 ; Figure 7). Au cours de l'expérimentation, le poids des individus a eu tendance à augmenter, avec une prise de masse de +18,5g, passant de 203g en juin à 221g (109% du poids initial) en septembre 2021 (Figure 8). Notons que sur les 38 survivants, au moins 11 d'entre

eux étaient des individus dont le tube digestif avait été partiellement expulsé lors de la mise à l'eau. Ainsi, le gain de poids moyen obtenu pourrait être attribuable au processus de régénération des organes et à la croissance somatique.

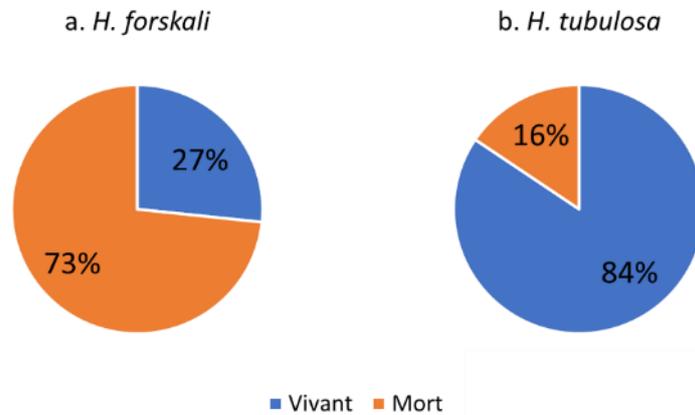


Figure 7 : Proportion (%) d'individus vivants et morts des deux espèces d'holothuries après 5 mois d'expérimentation.

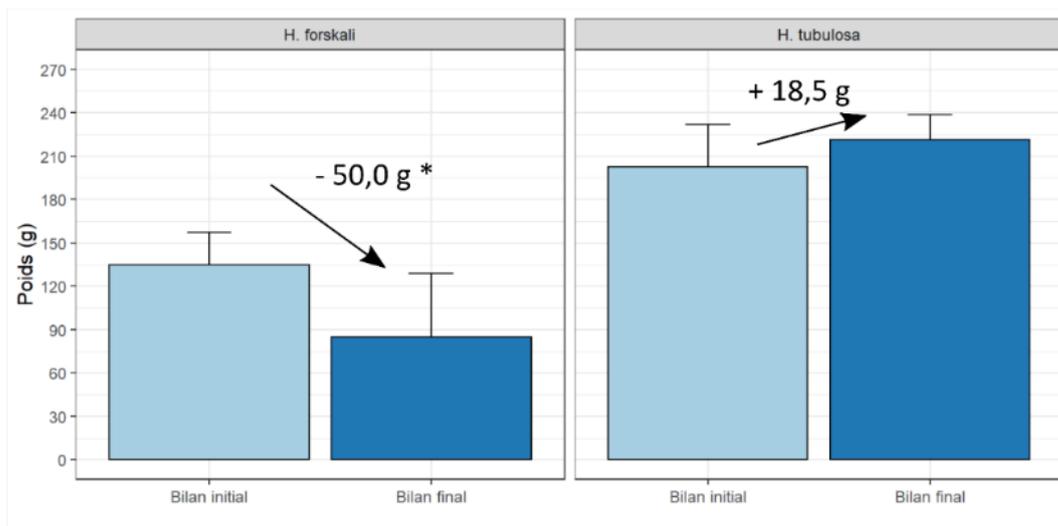


Figure 8 : Poids total (g ; pesée en eau) des individus vivants au début et à la fin de l'expérimentation en fonction de l'espèce d'holothurie. *: Différence de poids significative entre les deux périodes.

3. Observations

Au cours des 5 mois d'expérimentation, lors d'observations de routine (en journée), les holothuries des deux espèces ont été retrouvées en grande majorité sur les bords des bassins. Organismes benthiques, principalement subtidaux et vivants dans des conditions de températures relativement stable, il était attendu que les individus se concentrent au centre des bassins, sous les tables ostréicoles ou les demi-tubes en PVC, proposant un abri et des structures tri-dimensionnelle pour se mouvoir. Plus précisément, les holothuries se trouvaient à l'interface air/eau sous la végétation des talus qui retombaient dans la claire (Figure 9a, Figure 10a). Lors du bilan final (30 septembre 2021), les deux bassins ont été vidés afin de récolter l'ensemble des individus mis à l'eau. À cette occasion, 1 individu d'*H. tubulosa* a été retrouvé sous les tables à huîtres (Figure 9b), et 1 individu d'*H. forskali* a été observé sous une

structure en PVC (Figure 9c). Dans le bassin A10, des algues se sont développées au cours de l'été, sous lesquelles quelques *H. tubulosa* ont été récupérées lors du bilan final (Figure 9d).

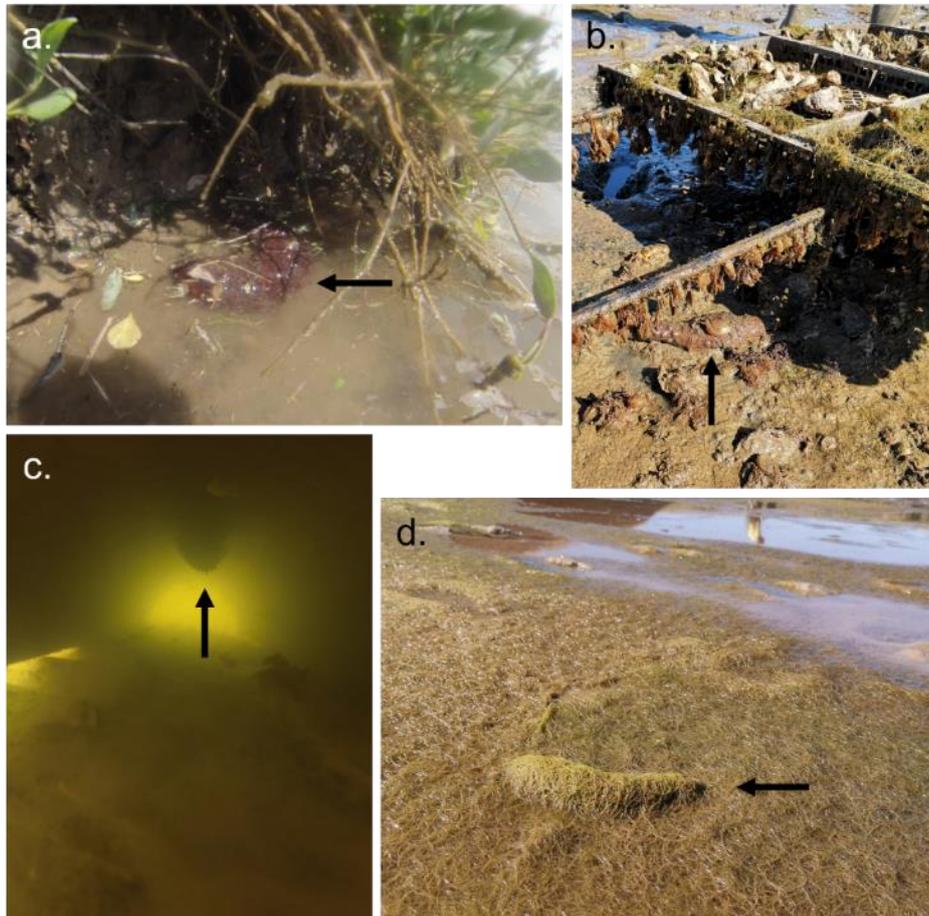


Figure 9 : a. *H. tubulosa* sous la végétation sur le bord du bassin A10 ; b. *H. tubulosa* sous les tables ostréicoles supportant les casiers d'huîtres creuses ; c. *H. forskali* observée sous un demi-tube en PVC ; d. *H. tubulosa* vivante récupérée sous les algues lors de la mise à sec du bassin A10.

Aucune trace de prédation aviaire (e.g. cormoran, goéland, aigrette) n'a été observée au cours de l'expérimentation. Contrairement aux élevages de crevettes et de poissons (e.g. dorade) réalisés en marais, il ne semble pas que la prédation par les oiseaux marins soit une source de mortalité majeure pour les holothuries. Par ailleurs, des traces de patte d'oiseau ont été observées à proximité d'individus vivants (Figure 10a).

Après quelques semaines dans les bassins et tout au long de la période d'expérimentation, des fèces des deux espèces ont été observées sur le fond des claires. Pour certains, ces fèces contenaient des hydrobies (*Peringia ulvae*), mollusque caractéristique des sédiments vaseux (Figure 10b). De plus, des hydrobies vivantes ont été observées directement dans le tube digestif de certains individus, reflétant la capacité des holothuries à ingérer des organismes de plusieurs millimètres présents dans le sédiment.

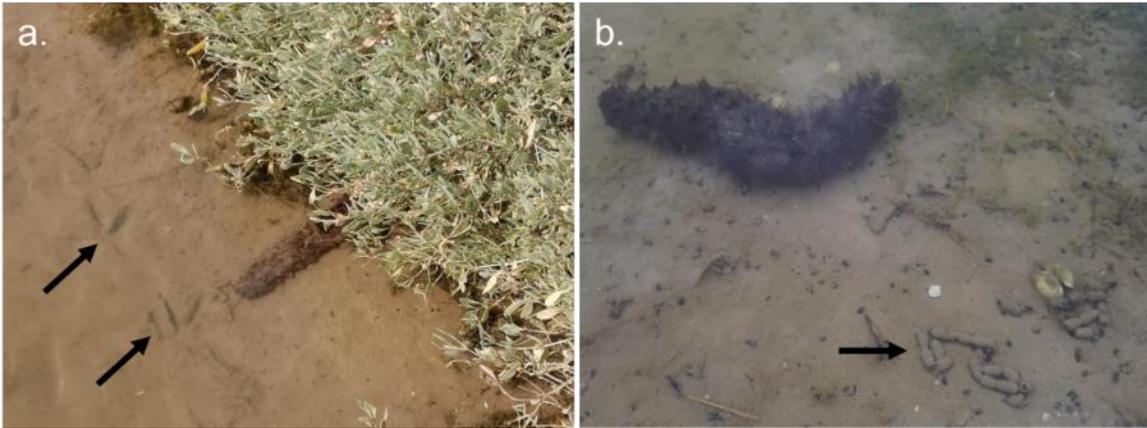


Figure 10 : a. Trace de patte d'oiseau (flèches noires) à proximité d'un individu d'*H. tubulosa* ; b. *H. tubulosa* entourée de fèces (flèche noire) et d'hydrobies (*Peringia ulvae* ; points noirs).

Lors de la réception des lots d'*H. tubulosa*, 3 spécimens de poissons parasites, probablement de l'espèce *Carapus acus* (famille des *Carapidae*), ont été récupérés dans les sacs de transport (Figure 11a). À l'issue des 5 mois d'immersion, au moment de la dissection d'une *H. tubulosa*, un individu de près de 15cm a été observé à l'intérieur (Figure 11bc).

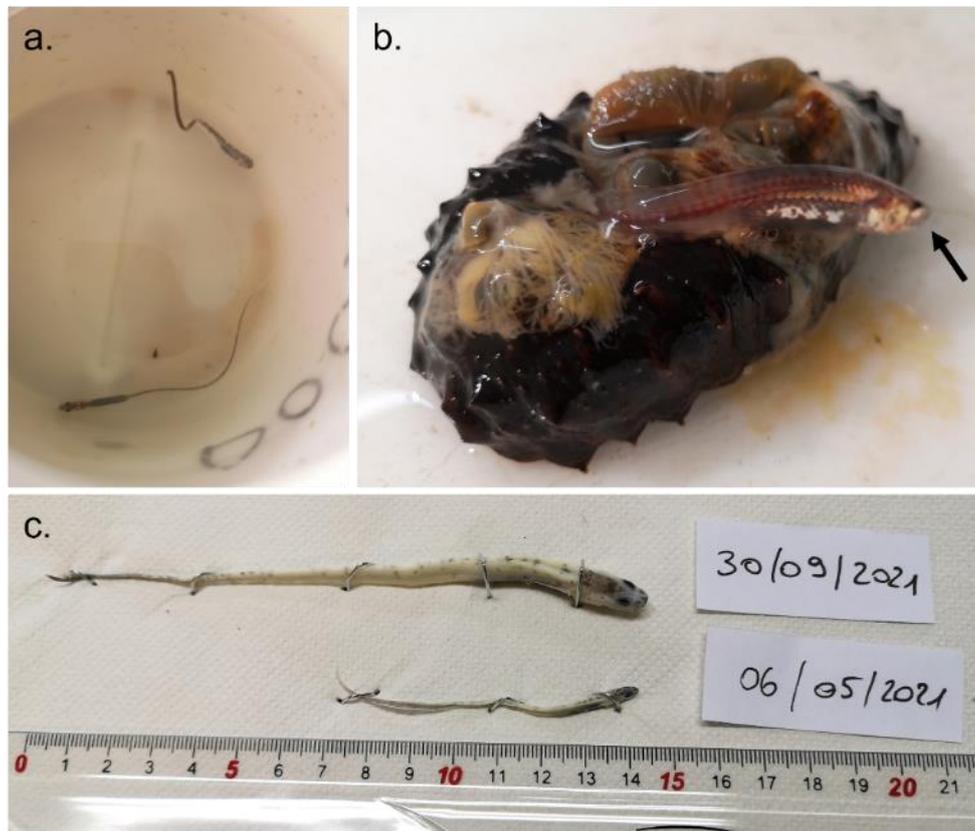


Figure 11 : Poisson parasite a. observé dans les sacs de transport lors de l'acclimation des *H. tubulosa* ; b. observé lors de la dissection d'une *H. tubulosa* ; c. Deux individus recueillis au début (bas) et à la fin (haut) de l'expérimentation et conservés dans de l'éthanol.

IV. Discussion

1. Candidats à l'AMTI en claire ostréicole

Pour la première fois, des holothuries ont été introduites dans des claires ostréicoles en association avec des huîtres creuses dans un contexte de production. Cette étude fait figure de pionnière dans la démarche du développement de l'AMTI en Charente-Maritime en associant la pratique patrimoniale de l'ostréiculture en marais salé et la diversification par de nouvelles espèces d'intérêt telles que les holothuries. L'objectif de cette étude est d'apporter la lumière sur les premiers freins et leviers zootechniques associés à cet élevage, en se focalisant sur la capacité de survie des holothuries dans les conditions extrêmes fournies par le marais lors de la période chaude. Dans ce contexte, aucune optimisation zootechnique n'a été envisagée au cours de cette expérimentation. Les résultats obtenus sont à considérer comme des valeurs de référence de la survie des holothuries dans les conditions environnementales qu'elles ont subies. A ce titre, la réplication pluriannuelle de cette expérimentation est nécessaire pour juger de l'effet de la variabilité des conditions environnementales des claires (e.g. température, salinité) sur les performances de survie des holothuries.

De ce fait, le taux de survie de *H. forskali* est très encourageant puisque plus de 25% des individus ont survécus sans aucune adaptation de la méthode d'élevage. Malgré le faible nombre de rescapées, les conclusions issues des résultats de croissance sont à considérer avec précaution. Néanmoins il est probable qu'en plus de conditions de température et de salinité défavorables, la ressource trophique à disposition pour les individus de cet espèce n'était pas propice à leur grossissement.

Concernant *H. tubulosa*, leur capacité de survie est remarquable dans l'environnement des claires au cours de l'été 2021. Avec moins de 20% de mortalité, cette espèce semblerait encore plus adaptée aux caractéristiques des marais charentais, d'autant plus qu'une partie des animaux ont été mis à l'eau dans un état de stress, se traduisant par l'éjection d'une partie de leurs organes internes, et à la présence de parasites. La tendance à la prise de poids de ces organismes et l'observation récurrente de fèces au cours de l'expérimentation semble refléter des conditions trophiques favorables à leur croissance somatique.

2. Difficultés et optimisations techniques

La principale limite rencontrée dans cette étude et, de façon générale, au développement de d'holothuriculture en France métropolitaine, réside dans l'approvisionnement du cheptel. Dans le cadre de ce travail, des animaux sauvages ont été prélevés dans le milieu naturel sans que des caractéristiques biométriques ou d'âge n'aient été ciblées. Par ailleurs, la biologie des holothuries, dont celle des deux espèces utilisées, demeure encore mal connue, leur cycle de vie n'étant pas totalement maîtrisé. Ainsi, pour cette étude, des individus adultes ont été employés, sans pour autant connaître leur âge et la durée de vie de ces espèces. De ce fait, les variations de croissance pondérales observées ne reflètent pas complètement le taux de croissance maximale que pourrait atteindre les holothuries au cours de leur cycle de vie. Pour pallier ce problème et dans le cadre du développement d'une filière viable, il est impératif d'utiliser des individus juvéniles (i.e. équivalent du naissains d'huîtres ou de post-larves de crevettes). En effet, l'emploi de jeune individus, aux caractéristiques physiologiques homogènes (e.g. âge, état physiologique...) et issus d'une même cohorte permettrait de statuer précisément des performances de croissance de ces organismes (production de biomasse) dans la cadre d'une AMTI en claires ostréicoles. C'est dans cet objectif que les projets HOLOFARM et HOLOSUD ont été construits. La maîtrise de la reproduction d'holothuries autochtones : *Parastichopus regalis*, *H. forskali* et *H. tubulosa*, permettront la production de juvéniles en vue de leur élevage. Ces deux projets sont à l'initiative des

conchyliculteurs bretons dans un cas, héraultais dans l'autre cas, qui cherchent à se diversifier (Goullet de Rugy 2020).

Dans le cadre du développement d'une filière d'holothuriculture en claire ostréicoles de Charente-Maritime, plusieurs voies d'optimisation zootechniques sont envisageables pour améliorer les capacités de survie, de croissance et de production. L'augmentation des densités d'holothuries (e.g. 10 individus/m² ; Neofitou et al 2019) et l'ajustement de celles des huîtres creuses, produisant une partie de la matière organique disponible pour les holothuries, sont les paramètres d'ajustement prioritaires dans un contexte de production. Dans les bassins, l'ajout de tables ostréicoles, dans la mesure où la densité d'huîtres creuses est augmentée, et de structures tri-dimensionnelles, permettraient de fournir des cachettes et des supports pour s'abriter des rayons du soleil et d'augmenter la surface disponibles pour les holothuries. De plus, la méthode de pêches des individus pourrait être améliorée en anticipant la mise en place d'enclos lors de la mise à l'eau. De nombreux facteurs peuvent être ajustés dans le cadre d'une production en claire, que ce soit la gestion de l'eau (i.e. renouvellement, niveau d'eau) ou l'apports d'aliments extérieurs pour préparer le sédiment ou nourrir directement les organismes (e.g. élevage de crevettes).

V. Perspectives

Le développement de l'holothuriculture dans le cadre d'une production en AMTI a besoin de nouvelles études appliquées à la recherche des zootechnies optimales. Outre les éléments discutés précédemment, d'autres pistes d'investigation concernent les milieux d'élevage et les autres espèces à associer au binôme bivalves et holothuries. Les futures recherches devront investiguer le potentiel d'élevage des filières en mer. Avec des conditions de température et de salinité relativement stables et bénéficiant de la matière organique en sédimentation provenant des élevages sus-jacents (i.e. huîtres et moules), la zone situées sous les filières semble être le milieu idéal pour garantir la survie et une croissance adéquate pour l'élevage d'espèces détritivores. Pour autant, les futures études devront prendre en compte le transfert des animaux entre deux milieux d'élevage pour envisager le meilleur parcours zootechniques (e.g. période chaude sous les filières en mer, période froide en claires ostréicoles). De plus, dans le but d'intégrer de nouvelles espèces dans les élevages existants, tout en valorisant le paysage de Charente-Maritime, il serait pertinent d'associer les holothuries à la co-culture d'huîtres et de crevettes en marais.

De nombreuses zones d'ombre restent à éclaircir concernant les compétences de bioremédiation des holothuries dans une production à taille réelle. L'utilisation de la matière organique particulière par ces organismes devrait impliquer des modifications de la qualité de l'eau dans laquelle ils sont élevés (e.g. turbidité), des flux et du taux de rétention des nutriments entre les maillons trophiques du système d'élevage.

Finalement, la mise en place d'une filière d'holothuriculture indépendante ou dans un cadre d'AMTI ne pourrait se résoudre au seul débouché de l'alimentation humaine. Des travaux devraient être menés sur la valorisation des molécules d'intérêts produites par ces organismes.

Remerciements

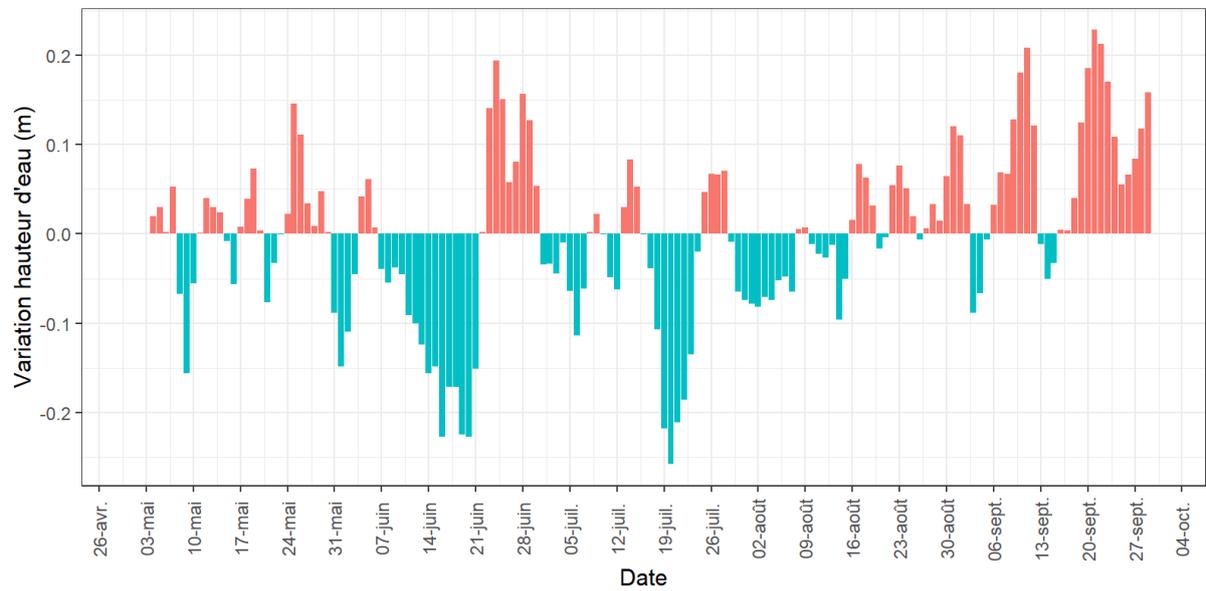
Nous tenons à remercier Frank David et Cédric Hubas du MNHN - Station marine de Concarneau, pour leur aide lors de la mise à l'eau et de la récupération des holothuries ainsi que leur expertise sur l'écologie des concombres de mer.

VI. Bibliographie

- Barbier P, Barré M, Bodin P, Oudot G, Vieira J (2021) Observatoire ostréicole du littoral charentais – Rapport annuel 2020. CAPENA, 28p
- Eyrolles P, Lesueur M, Le Bris H, Brunner L, Hughes A, Ratcliff J, Soler A, Luthringer R, Jacquemin B, Cunha ME, Ferreira H, Parejo A, Algarin M, Dove C, Partida B, Malta E (2019) Stories of IMTA systems implementation on the Atlantic Area, WP6 - Report 2 report, Project Integrate – Interreg Atlantic Area, 30 p
- FAO (2014) Haute valeur et surexploitation : la nécessité d'une meilleure gestion des pêcheries du concombre de mer. Smart fiche 13
- Gouillet de Ruy A (2020) Le marché de l'holothurie en France : état des lieux et pistes de développement. Mémoire de fin d'études, Sciences du Vivant, L'Institut Agro, projet HOLOFARM. ffdumas-02969147
- Kamyab E, Kellermann MY, Kunzmann A, Schupp PJ (2020) Chemical Biodiversity and Bioactivities of Saponins in Echinodermata with an Emphasis on Sea Cucumbers (Holothuroidea). In: Jungblut S., Liebich V., Bode-Dalby M. (eds) YOUMARES 9 - The Oceans: Our Research, Our Future. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20389-4_7
- Lemonnier H., Bernard E., Boglio E., Goarant C., Cochard J-C (2004) Influence of sediment characteristics on shrimp physiology: pH as principal effect. *Aquaculture*, 240, 297-312
- MacDonald CLE, Stead SM, Slater MJ (2013) Consumption and remediation of European Seabass (*Dicentrarchus labrax*) waste by the sea cucumber *Holothuria forskali*. *Aquacult Int* 21, 1279–1290. <https://doi.org/10.1007/s10499-013-9629-6>
- Molnar N, Welsh DT, Marchand C, Deborde J, Meziane T (2013) Impacts of shrimp farm effluent on water quality, benthic metabolism, and N-dynamics in a mangrove forest (New Caledonia), *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 117, 12-21
- Neofitou N, Lolas A, Ballios I, Skordas K, Tziantziou L, Vafidis D (2019) Contribution of sea cucumber *Holothuria tubulosa* on organic load reduction from fish farming operation. *Aquaculture* 501, 97–103. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.071.
- Paltzat DL, Pearce CM, Barnes PA, McKinley RS (2008) Growth and production of California sea cucumbers (*Parastichopus californicus* Stimpson) co-cultured with suspended Pacific oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg). *Aquaculture*, 275, 124–137
- Purcell SW (2014) Value, Market Preferences and Trade of Beche-De-Mer from Pacific Island Sea Cucumbers. *PLoS ONE* 9(4): e95075
- Purcell SW, Hair CA, Mills DJ (2012) Sea cucumber culture, farming, and sea ranching in the tropics: Progress, problems and opportunities. *Aquaculture*, 368–369, 68–81
- Purcell SW, Williamson DH, Ngaluafé P (2018) Chinese market prices of beche-de-mer: Implications for fisheries and aquaculture. *Marine Policy* 91: 58-65
- Vasseur L (2021) Étude de faisabilité d'un élevage du ver tube *Diopatra biscayensis*. Mémoire de fin d'études, Sciences Halieutiques et Aquacoles, Agrocampus Ouest, projet MEDIHOM, 66p
- Zamora LN, Jeffs AG (2011) Feeding, selection, digestion, and absorption of the organic matter from mussel waste by juveniles of the deposit-feeding sea cucumber, *Australostichopus mollis*. *Aquaculture*, 317, 223–228
- Zhou Y, Yang H, Liu S, Yuan X, Mao Y, Liu Y, Xu X, Zhang F (2006) Feeding and growth on bivalve biodeposits by the deposit feeder *Stichopus japonicus* Selenka (Echinodermata: Holothuroidea) cocultured in lantern nets. *Aquaculture*, 256, 510–520

VII. Annexes

Annexe 1 : Variation de hauteur d'eau (m) dans le bassin A10 du 04 mai au 30 septembre 2021.





Expertise et Application

Pierrick Barbier

Référent scientifique aquaculture
p.barbier@cape-na.fr

CAPENA – Expertise et Application
Prise de Terdoux 17480 Le Château d’Oléron
T : 05 46 47 51 93



RÉGION
**Nouvelle-
Aquitaine**

