



PROTEGE

PROJET RÉGIONAL OCÉANIE DES TERRITOIRES
POUR LA GESTION DURABLE DES ÉCOSYSTÈMES



Développement d'une filière ostréicole en Nouvelle-Calédonie

Claveau Jean-Baptiste et Thillier Maëlle

Août 2023



Le projet régional océanien des territoires pour la gestion durable des écosystèmes, PROTEGE, est un projet intégré qui vise à réduire la vulnérabilité des écosystèmes face aux impacts du changement climatique en accroissant les capacités d'adaptation et la résilience. Il cible des activités de gestion, de conservation et d'utilisation durables de la diversité biologique et de ses éléments en y associant la ressource en eau. Il est financé par le 11^{ème} Fonds européen de développement (FED) au bénéfice des territoires de la Nouvelle-Calédonie, de la Polynésie française, de Pitcairn et de Wallis et Futuna.

L'objectif général du projet est de construire un développement durable et résilient des économies des pays et territoires d'Outre-mer (PTOM) face au changement climatique en s'appuyant sur la biodiversité et les ressources naturelles renouvelables.

Le premier objectif spécifique vise à renforcer la durabilité, l'adaptation au changement climatique et l'autonomie des principales filières du secteur primaire. Il est décliné en deux thèmes :

- Thème 1 : la transition agro-écologique est opérée pour une agriculture, notamment biologique, adaptée au changement climatique et respectueuse de la biodiversité ; les ressources forestières sont gérées de manière intégrée et durable.
 - Thème 2 : les ressources récifo-lagonaires et l'aquaculture sont gérées de manière durable, intégrée et adaptée aux économies insulaires et au changement climatique.

Le second objectif spécifique veut renforcer la sécurité des services écosystémiques en préservant la ressource en eau et la biodiversité. Il se décline également en 2 thèmes :

- Thème 3 : l'eau est gérée de manière intégrée et adaptée au changement climatique
- Thème 4 : les espèces exotiques envahissantes sont gérées pour renforcer la protection, la résilience et la restauration des services écosystémiques et de la biodiversité terrestre.

La gestion du projet a été confiée à la Communauté du Pacifique (CPS) pour les thèmes 1, 2 et 3 et au programme régional océanien pour l'environnement (PROE) pour le thème 4, par le biais d'une convention de délégation signée le 26 octobre 2018 entre l'Union européenne, la CPS et le PROE. La mise en œuvre du projet est prévue sur 4 ans.

Ce rapport est cité comme suit :

Claveau J.B., Thillier M. (2023), Développement d'une filière ostréicole en Nouvelle-Calédonie

Rapport d'étude, Boulouparis, 43 pages

Cette publication a été produite avec le soutien financier de l'Union européenne. Son contenu relève de la seule responsabilité de <nom de l'auteur/du partenaire> et ne reflète pas nécessairement les opinions de l'Union européenne.

Partenaires

Cette étude est conduite par la Technopole de Nouvelle-Calédonie dans le cadre du développement d'une filière ostréicole en Nouvelle-Calédonie. Elle a été menée grâce à un co-financement du programme Européen PROTEGE, de la Technopole et que du Fond Pacifique.

Nous tenons à remercier l'ensemble des partenaires qui ont permis de mener à bien cette étude :

- Province Nord – Service des Milieux et Ressources Aquatiques
- Province Sud – Direction du Développement Durable des Territoires
- L'Institut Cawthron
- Huître d'Arembo
- Les porteurs de projets : Fernand Kolélé, Marie-Renée Pabouty, Emmanuel Pourouda, Noé Piroi, Radji Kaïnda
- La Ferme Aquacole de la Ouenghi

Table des matières

Introduction.....	7
Partie 1 : Renforcement des connaissances sur la reproduction de l’espèce ciblée	8
1. Introduction :	8
2. Méthode : (Protocoles détaillés en annexe).....	8
3. Résultats :	10
3.1. Facteurs environnementaux :	10
3.2. Taille des individus observés :	11
3.3. Suivi par site :	12
3.3.1. Baie de Saint Vincent :	12
3.3.2. Station Aquacole de St Vincent :	13
3.3.3. Touho :	14
4. Conclusion :	15
Partie 2 : Essais de captage de naissains d’huîtres dans le milieu naturel	16
1. Introduction	16
2. Matériel et méthode :	16
2.1. Collecteurs :.....	16
2.2. Sites de collectage :	17
2.3. Suivi et détroquage :.....	18
3. Résultats.....	18
3.1. Saison chaude 2021-2022 :	18
3.2. Saison fraîche 2022 :.....	19
3.3. Grossissement du naissain collecté :	21
4. Conclusion :	22
Partie 3 : Essai de production de naissain d’huître de roche en écloserie	23
1. Introduction:	23
2. Equipement des installations du CTA :	23
3. Matériel et méthode :	27
3.1. Reproduction :	27
3.2. Elevage larvaire en bac statique de 150 L et micro-nurserie	27
3.3. Pré-grossissement en nurserie extérieure	29

4. Résultats saison 2022-2023	30
4.1. Reproduction	30
4.2. Elevage en bacs larvaires de 150L	31
4.3. Elevage en micro-nurserie.....	32
5. Résultats saison 2023-2024	34
6. Conclusion :.....	35
Partie 4 : Essai de grossissement du naissain produit en éclosion	36
1. Introduction	36
2. Matériel et méthode :.....	36
3. Résultats :.....	37
4. Conclusion:.....	38
Partie 5: Collaborations et formations.....	39
1. Workshop Huitres tropicales.....	39
2. Echanges et formation à l'institut Cawthron	39
3. International Rock Oyster workshop 2023	40
4. World Aquaculture 2023	40
5. Identification des espèces présentes en Nouvelle-Calédonie.....	40
Conclusion	41
Références.....	42

Résumé exécutif

Titre de l'étude	Développement d'une filière ostréicole en Nouvelle-Calédonie
Auteurs	CLAVEAU Jean-Baptiste et THILLIER Maëlle
Collaborateurs	SCHEMBRI Flavien, KOMOELI Simon, BULL Sarah, TEANYOUEM Thérésia
Editeurs	
Année d'édition du rapport	2023

Objectif	L'objectif de ce projet est de parvenir à développer une filière ostréicole en Nouvelle-Calédonie, en maîtrisant les différents maillons de production à savoir l'approvisionnement en naissain via captage ou éclosion, et le grossissement.
Contexte	La filière ostréicole calédonienne ne compte que deux acteurs. D'une part, l'Huître de Dumbéa, qui est dépendante de l'importation de naissains d'une espèce non autochtone <i>Crassostrea gigas</i> . D'autre part, l'Huître d'AREMBO de Monsieur Morlet, qui produit une espèce locale <i>Saccostrea echinata</i> . Tous les deux rencontrent des difficultés de production. Le premier exploite une espèce qui n'est pas adaptée aux climats tropicaux, ce qui entraîne des taux de survies et des rendements très faibles. Le second, malgré une production limitée, éprouve d'énormes difficultés d'approvisionnement en naissains, ce qui constitue le principal facteur limitant de son exploitation. Dans les deux cas une maîtrise de la reproduction des espèces locales, aussi bien dans le milieu naturel par le biais de collecteurs, qu'en éclosion permettrait de lever les facteurs limitants de la production existante ainsi que l'expansion de nouvelles structures ostréicoles en Nouvelle-Calédonie. Des essais ont déjà été entrepris par l'ADECAL en lien avec la CPS depuis 2016. Grâce à cette collaboration, 14 cycles de production ont été réalisés et ont abouti à la production de 5 000 naissains en 2019.
Méthodologie	Le projet s'est articulé autour de quatre grands axes de travail : 1) Approfondir les connaissances sur le cycle de reproduction de l'huître de roche locale. 2) Déployer des unités de captage de naissains dans le but d'évaluer le potentiel d'approvisionnement de naissains avec cette méthode. 3) Produire du naissain en éclosion et fiabiliser les protocoles de production. 4) Explorer les potentiels de croissance des huîtres à travers des essais de grossissements sur différents sites

Résultats et conclusions	La principale saison de reproduction des huîtres est observée pendant la saison chaude de novembre à mars. Le collectage est très aléatoire en fonction des sites et des périodes, d'autant plus que cet essai a été mené pendant le phénomène La Niña et ne permet pas de préjuger des résultats qui pourraient être obtenus en période El Niño. En 2022, 100 000 naissains ont été produits, jusqu'à une taille supérieure à 3mm et distribués sur différents sites de grossissement où ils sont suivis par les porteurs de projets, les services techniques des provinces et le CTA. Il semble que les naissains produits présentent des problèmes de croissance et de fortes mortalités sur certains sites. Les problèmes de croissance peuvent être liés à un sous-nourrissage en micro-nurserie et nurserie. Malheureusement aucun naissain n'a été produit en 2023 suite à différentes difficultés rencontrées.		
Limites de l'étude	Les essais de grossissement ne permettent pas à ce jour de connaître le potentiel de croissance des huîtres de roches		
Evolutions	1	Date de la version	31/08/2023

Introduction

Aujourd'hui en Nouvelle-Calédonie, les importations d'huîtres représentent 250 à 280 tonnes chaque année et la filière ostréicole calédonienne ne compte que deux acteurs. D'une part, l'Huître de Dumbéa, qui est dépendante de l'importation de naissains d'une espèce non autochtone *Crassostrea gigas*. D'autre part, l'Huître d'AREMBO de Monsieur Morlet, qui produit une espèce locale *Saccostrea echinata*. Tous les deux rencontrent des difficultés de production. Le premier exploite une espèce qui n'est pas adaptée aux climats tropicaux, ce qui entraîne des taux de survies et des rendements très faibles. Le second, malgré une production limitée, éprouve d'énormes difficultés d'approvisionnement en naissains, ce qui constitue le principal facteur limitant de son exploitation.

Les espèces à bas niveau trophique comme les huîtres ne nécessitent aucun intrant, tels que l'eau douce, des farines animales, des engrais ou des pesticides pendant leur phase de grossissement. De plus, ce sont des sources de nutriments riches en protéines, acides gras insaturés et oligoéléments (Hallström et al., 2019; Naylor et al., 2021) avec de grandes qualités nutritionnelles (Golden et al., 2021). En Nouvelle-Calédonie, les huîtres de roche indigènes représentent donc une ressource sous-exploitée offrant un énorme potentiel, surtout dans un contexte où l'intérêt pour les sources alimentaires locales et durables est en augmentation.

Le sous-développement de l'ostréiculture en Nouvelle-Calédonie s'explique par plusieurs facteurs liés à un déficit de connaissance des espèces indigènes cibles et à un manque de recherche et développement dans le domaine. Dans les deux cas, une maîtrise de la reproduction des espèces locales, aussi bien dans le milieu naturel par le biais de collecteurs, qu'en éclosionerie permettrait de lever les facteurs limitants de la production existante ainsi que l'expansion de nouvelles structures ostréicoles.

Des essais ont déjà été entrepris par l'ADECAL en lien avec la CPS depuis 2016. Grâce à cette collaboration, 14 cycles de production ont été menés, aboutissant à la production de 5 000 naissains en 2019. De nouvelles collaborations avec le Cawthron Institute de Nouvelle-Zélande et l'IFREMER sont envisagées et ont déjà commencé à être mises en place, notamment via une collaboration de transfert technologique des systèmes d'élevage de type CUDLS. Les bacs de 150/250 litres actuellement utilisés au CTA et au CCDTAM ne sont pas adaptés à des travaux expérimentaux, étant très chronophages et nécessitant une grande quantité d'algues. Ils ne permettent pas de valider ou tester plusieurs traitements pour progresser rapidement et fiabiliser les résultats. En revanche, les systèmes larvaires CUDLS développés et utilisés par le Cawthron Institute sont des cuves de 2,5 litres qui permettent d'élever des larves à haute densité (jusqu'à 1 million par cuve) tout en testant de nombreux protocoles simultanément (haute répliquabilité). De plus, les besoins en algues restent presque les mêmes pour une productivité bien plus élevée.

Le projet s'est articulé autour de quatre grands axes de travail. Le premier a consisté à approfondir les connaissances sur le cycle de reproduction de l'huître de roche locale, afin de mieux comprendre les conditions propices à la maturation et les facteurs déclencheurs des pontes. En parallèle, le deuxième axe a consisté à déployer des unités de captage de naissains dans le but d'évaluer le potentiel d'approvisionnement de naissains avec cette méthode. Le troisième axe a été orienté sur la production en éclosionerie, visant à garantir une distribution fiable de naissains à l'ensemble des ostréiculteurs. Enfin, le quatrième axe vise à explorer les potentiels de croissance des huîtres à travers des essais de grossissements sur différents sites afin de connaître les conditions les plus favorables à leur développement.

Ces études permettront ainsi d'établir un plan de développement d'une filière ostréicole fiable et autonome en Nouvelle-Calédonie.

Partie 1 : Renforcement des connaissances sur la reproduction de l'espèce ciblée

1. Introduction :

Les travaux menés sur l'huître de roche (*S. echinata*) en Nouvelle-Calédonie dans le cadre du programme PROTEGE se concentrent sur deux solutions d'approvisionnement en naissains. La première consiste à capter du naissain dans le milieu naturel à l'aide de collecteurs, tandis que la deuxième repose sur la production de naissain en éclosérie. Ces deux approches sont étroitement liées à la compréhension du cycle de reproduction de l'huître de roche.

D'après la littérature, il semble qu'en Nouvelle-Calédonie les huîtres de roches pondent plusieurs fois par an, avec des pics en février-mars pendant la saison chaude et en juin-juillet pendant la saison fraîche (Bodoy, 2002). Une meilleure connaissance de ce cycle permettrait de déterminer les périodes propices au collectage de naissain dans le milieu naturel et de gérer la maturation des géniteurs en éclosérie.

L'objectif de cette étude est de mieux connaître le cycle de reproduction naturel de l'huître de roche. Pour cela un suivi de cette espèce sur le littoral calédonien est effectué afin d'identifier les indicateurs d'une maturation optimum des huîtres, les périodes de ponte, leur fréquence et leurs facteurs déclencheurs. Des collecteurs installés sur les sites d'observation devraient permettre de confirmer les périodes de pontes. Les données collectées devraient faciliter le placement des collecteurs et permettre une meilleure gestion des géniteurs, depuis leur stabulation jusqu'à l'induction des pontes pour les élevages larvaires en éclosérie.

C'est dans ce contexte que PROTEGE et l'ADECAL Technopole en partenariat avec les Provinces Nord et Sud ont mis en place un suivi gonadique des huîtres de roche sur une période de trois ans. Les travaux sont menés sur différentes périodes et différents sites.

2. Méthode : (Protocoles détaillés en annexe)

Le suivi est effectué sur 5 individus prélevés chaque mois sur les différents sites suivis. Les paramètres environnementaux tels que la température, la salinité et l'oxygène dissous sont relevés à chaque prélèvement. L'observation des individus est réalisée à différentes échelles, en fonction des ressources disponibles sur chaque site :

- **A l'échelle macroscopique** : Taille, Ratio gonade/chaire, expulsion des gamètes après scarification. L'intensité d'expulsion des gamètes après scarification est évaluée sur une échelle de 1 à 3.
- **A l'échelle microscopique** : Sexage, maturité des ovocytes et activité des spermatozoïdes. La maturité des ovocytes et l'activité des spermatozoïdes sont évaluées selon une échelle de 1 à 3.

Ces deux critères d'évaluation permettent de déterminer un indice de maturité sexuelle, calculé de la façon suivante :

Indice de maturité sexuelle = Intensité d'expulsion des gamètes + Maturité des gamètes

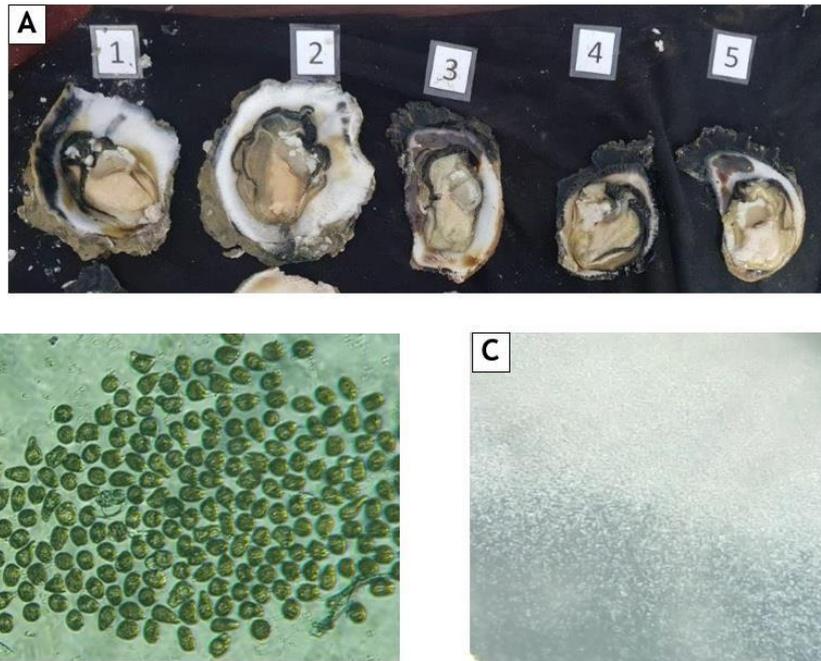


Image 1 : (A) Observation des géniteurs à l'échelle macroscopique ; Observation des gamètes à l'échelle microscopique : (B) Ovocytes et (C) Spermatozoïdes

Les sites étudiés dans le cadre de ce suivi sont les suivants :

- La Baie de Saint Vincent (Boulouparis, Province Sud) – (Nov 2020 – en cours)
- La Station Aquacole de St Vincent – SASV (Boulouparis, Province Sud) (Nov 2020 -Fev 2022)
- La baie du Vieux Touho et la Marina de Touho (Touho, Province Nord) (Oct 2021- Janv 2021)



Figure 1 : Localisation des sites de suivi

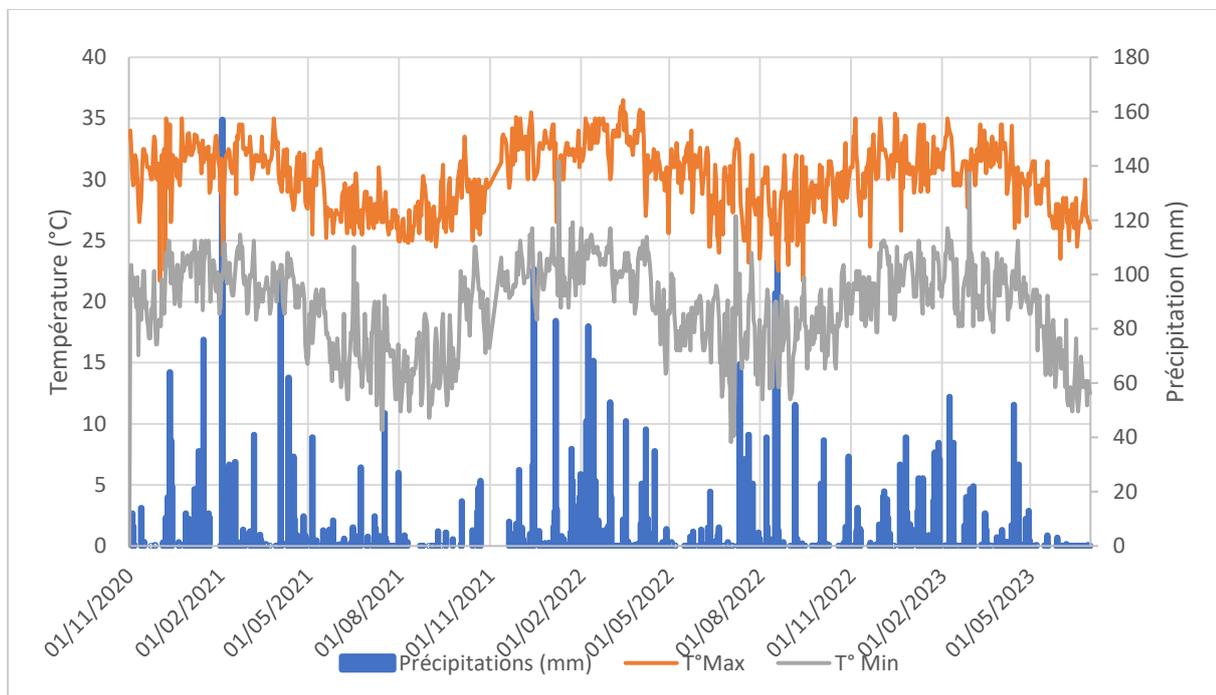
3. Résultats :

3.1. Facteurs environnementaux :

Les relevés ponctuels des paramètres environnementaux lors des prélèvements ne permettent pas d'avoir un suivi représentatif du milieu. C'est pourquoi les données météorologiques des zones suivies ont été prises en compte.

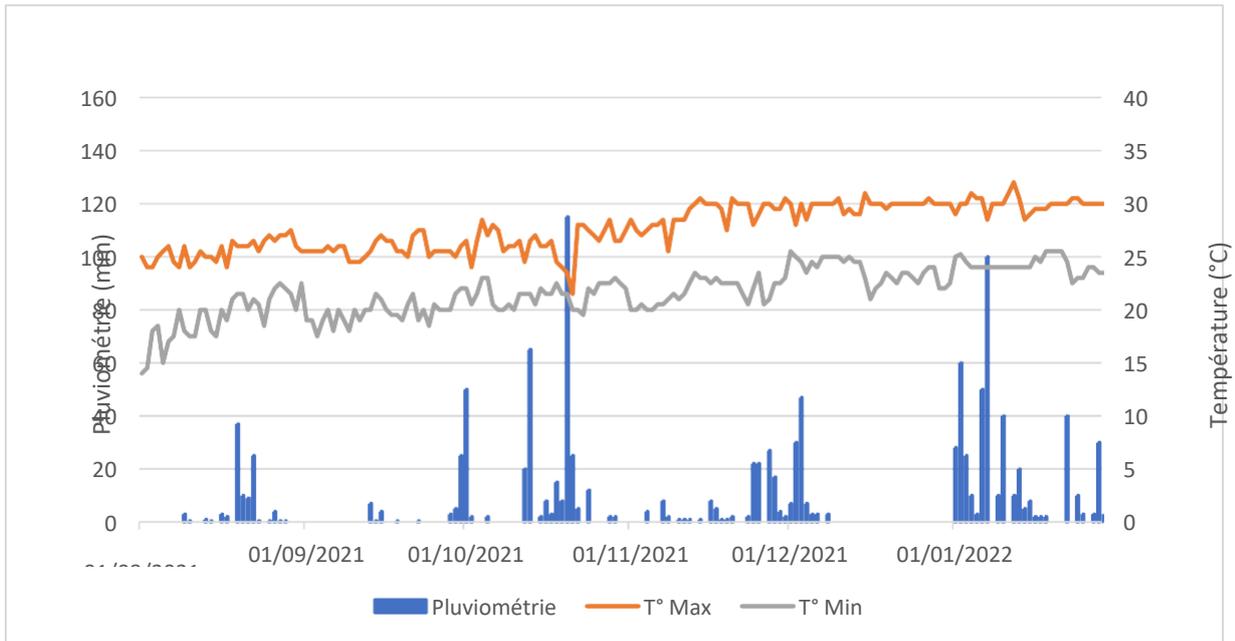
- **Températures** : Les températures moyennes des années 2020 et 2021 en Nouvelle-Calédonie ont été significativement supérieures aux normales, ce qui classe respectivement ces deux années comme les 4^{èmes} et 5^{èmes} années les plus chaudes depuis 1970.
- **Précipitations** : L'année 2020 dans son ensemble (non présentée ici) a enregistré des précipitations considérées comme « normales » à l'exception du mois de décembre où elles ont été excédentaires (Bulletin Météo France, 2020). En revanche, de 2021 au premier semestre 2023, la Nouvelle-Calédonie a été sous l'influence du phénomène climatique La Niña, ce qui entraîne des précipitations importantes dépassant la normale. Cependant la saison fraîche 2021 a été plus sèche que la normale.

Les relevés météorologiques suivants sont présentés sur les périodes correspondant au suivi gonadique des différents sites. Les données météorologiques de la SASV correspondent aux relevés effectués quotidiennement sur la station mais peuvent être étendus au suivi réalisé en Baie de St Vincent.



Figures 2 : Données météorologiques observées en baie de St Vincent

Comme indiqué précédemment, la Nouvelle-Calédonie étant sous influence du phénomène La Niña, de fortes précipitations sont observées au cours des saisons chaudes.



Figures 3 : Données météorologiques observées à Touho

Le suivi gonadique effectué à Touho s'étend sur une période plus courte (saison chaude 2021-2022). Globalement il apparaît que l'amplitude entre les minimales et les maximales est plus faible à Touho qu'en Baie de St-Vincent, et les variations saisonnières sont moins marquées. En ce qui concerne les précipitations, elles sont légèrement plus élevées qu'en Baie de St Vincent et se sont produites pendant la majeure partie de la période étudiée.

3.2. Taille des individus observés :

La répartition par taille des huîtres sur les différents sites est représentée ci-dessous.

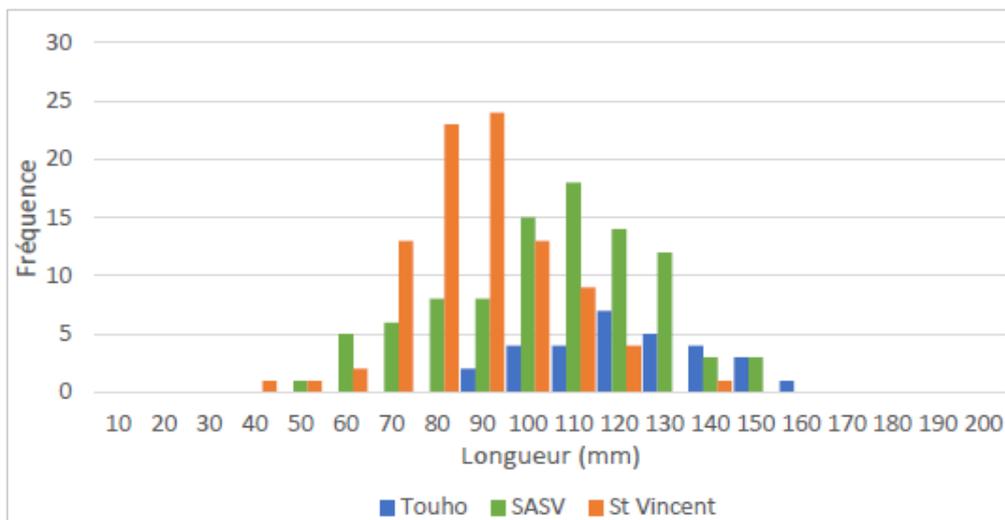


Figure 4 : Fréquence et longueur des huîtres observées sur les différents sites suivis

Les huîtres prélevées en baie de St Vincent ont principalement une taille comprise entre 80 et 90mm, tandis que celles de la SASV mesurent entre 100 et 110 mm. Les huîtres les plus grandes sont celles observées à Touho avec une majorité ayant une longueur d'environ 120mm.

3.3. Suivi par site :

3.3.1. Baie de Saint Vincent :

Le suivi gonadique dans la baie de Saint-Vincent est effectué sur des animaux présents en zone de marnage. Les premières mesures (novembre 2020 à Juillet 2021) ont été réalisées sur des animaux provenant de l’Huitrière d’Arembo à Bouraké. Cependant, en raison de la délocalisation de l’entreprise, le suivi a été poursuivi sur des individus sauvages prélevés au niveau de la Pointe aux Huîtres.

Malheureusement, le suivi a dû être interrompu en raison des périodes de confinement liées à la pandémie de Covid-19 et du retard d’autorisation de prélèvement d’huîtres pendant la période de fermeture en 2021. Cette autorisation a été obtenue en décembre 2021, permettant ainsi la reprise du suivi.

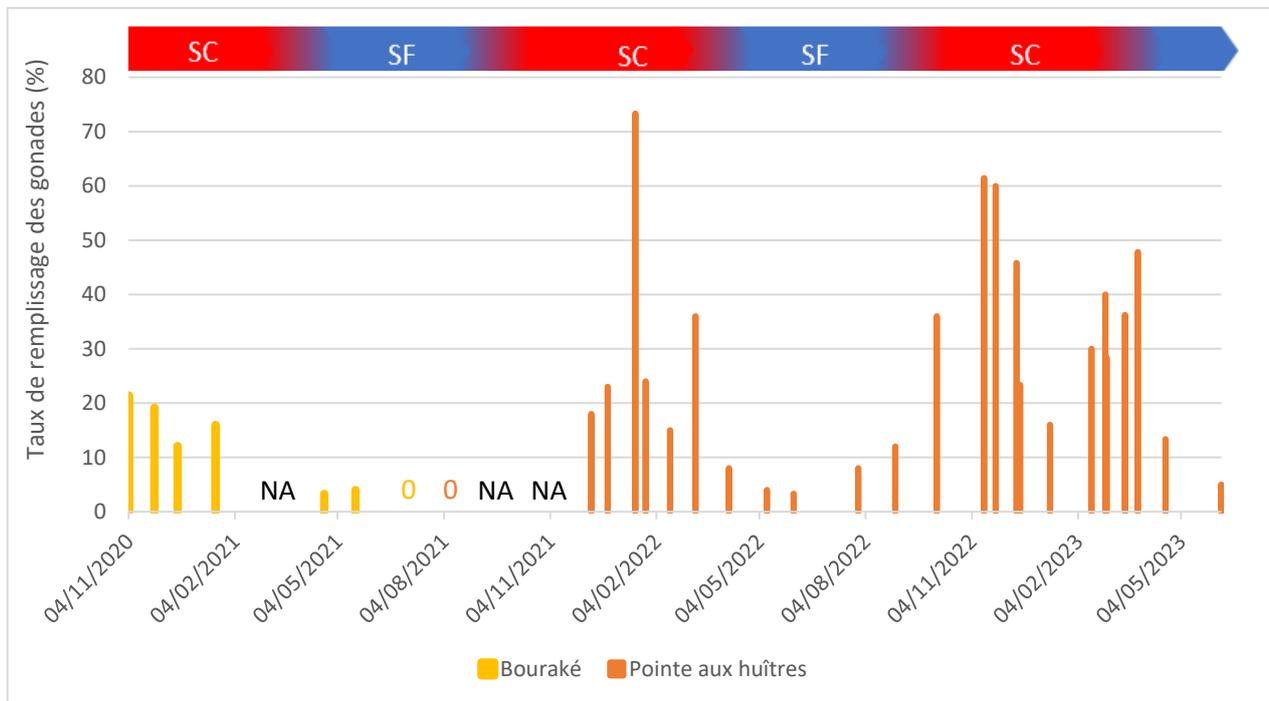


Figure 5 : Evolution du taux de remplissage des gonades en baie de St Vincent (nov 2020 à mai 2023)

Les observations révèlent que c’est pendant la saison chaude (novembre à mars) que les gonades atteignent leur développement maximal. Les taux de remplissage sont autour de 20% lors de la saison chaude 20/21 alors qu’ils atteignent des pics à 70% et 60% pour les saisons 21/22 et 22/23.

Les fortes variations de salinité causées par les intempéries sont connues pour déclencher la ponte des huîtres. Au cours des 2,5 ans de suivi, les saisons chaudes ont été fortement impactées par les précipitations. La saison fraîche de 2021, qui a été plus sèche que la normale, pourrait expliquer l’augmentation du volume moyen des gonades lors de la saison chaude 21/22 mais pas de la saison 22/23. L’influence du changement de site pourrait également être à l’origine de ces écarts.

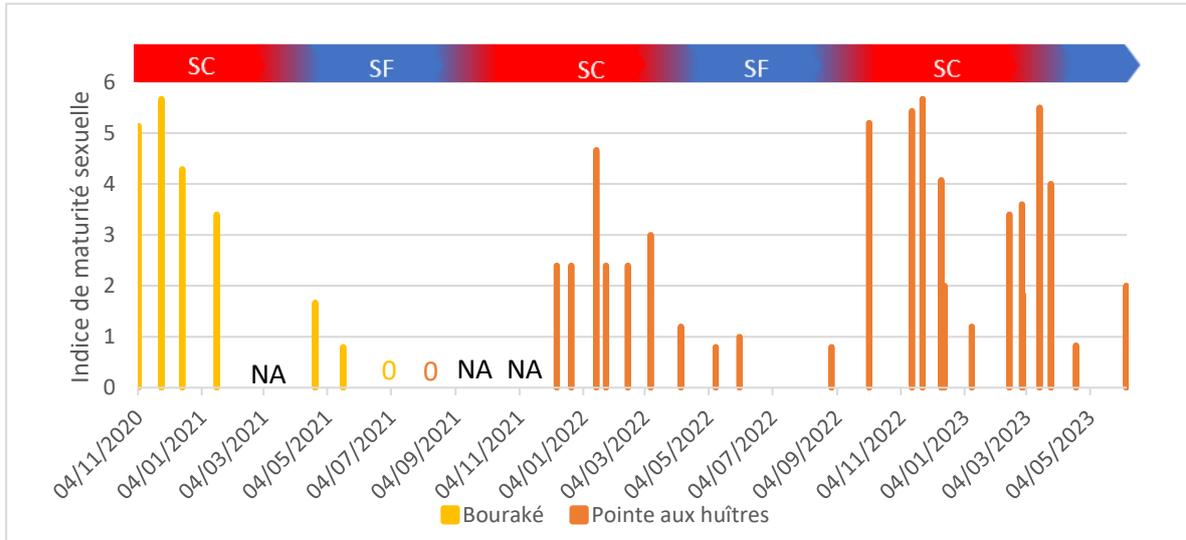


Figure 6 : Evolution de l'indice de maturité sexuelle des huîtres observées en baie de St Vincent

L'évolution des indices de maturité sexuelle suivent les mêmes tendances que le taux de remplissage des gonades, avec de meilleurs indices obtenus au cours de la saison chaude. Il est intéressant de noter que les faibles taux de remplissage des gonades observés au cours de la saison 20/21 n'empêchent pas d'obtenir de bons indices de maturité sexuelle.

3.3.2. Station Aquacole de St Vincent :

Les animaux observés à la Station Aquacole de Saint-Vincent sont maintenus dans des paniers, soit dans des bassins de crevettes à faible densité. Par conséquent, ils ne sont pas exposés à l'exondation.

Comme mentionné précédemment, le suivi est interrompu à deux reprises en raison des périodes de confinement lié à la pandémie et un retard d'autorisation de prélèvement en période de fermeture.

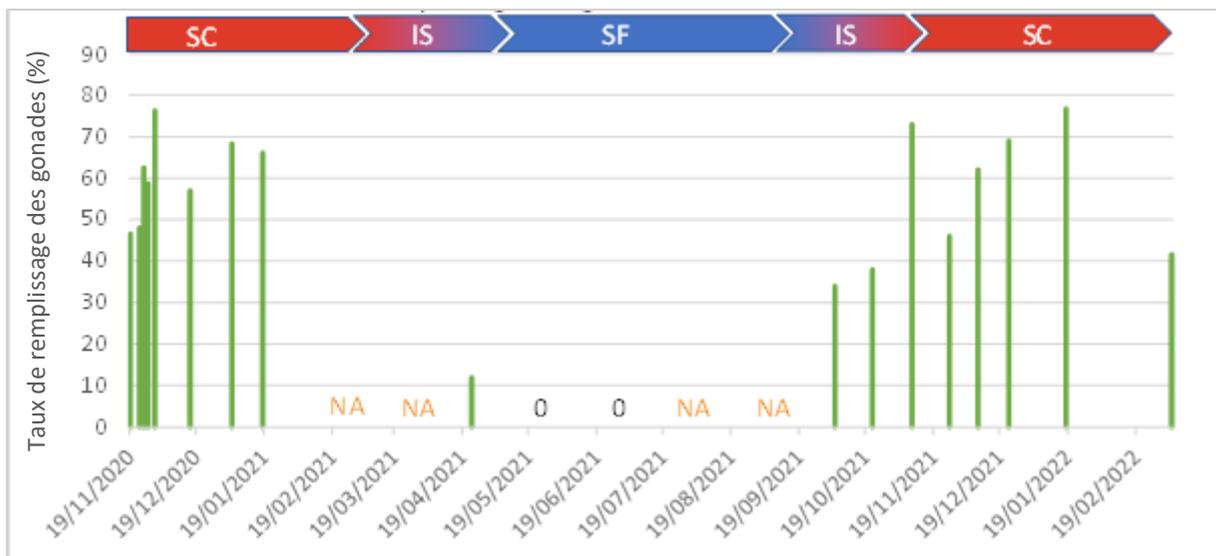


Figure 7 : Evolution du taux de remplissage des gonades en bac et bassin avec des crevettes

Bien que la saisonnalité reste la même, avec une atrophie des gonades pendant la saison fraîche et une augmentation pendant la saison chaude, un développement nettement supérieur des gonades est observé dans les bassins en présence de crevettes, avec des moyennes maximales atteignant jusqu'à 76% en 2021 et 2022.

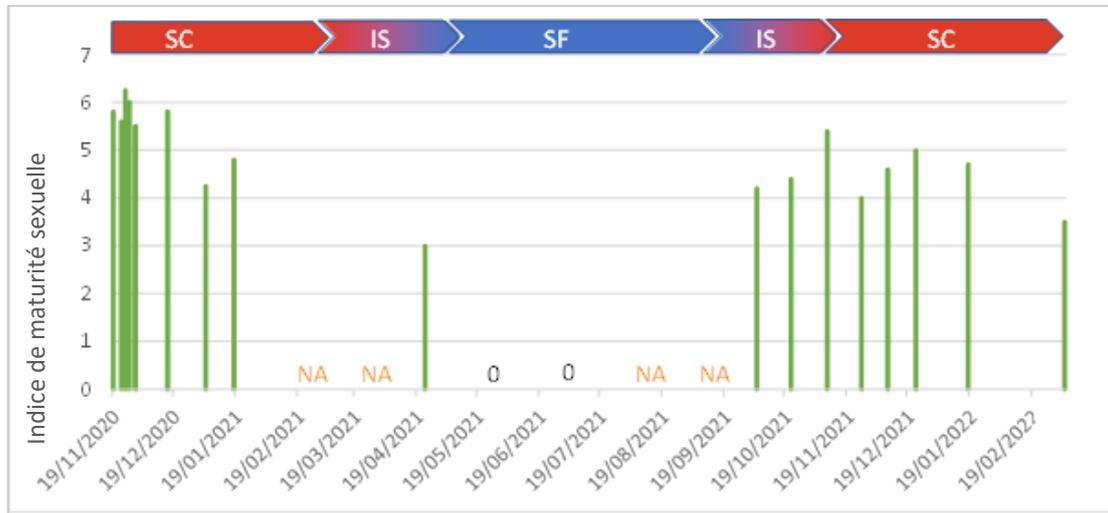


Figure 8 : Evolution de l'indice de maturité sexuelle des huîtres en bac et bassin avec des crevettes

Une fois de plus, l'indice de maturité sexuelle suit les mêmes tendances que le taux de remplissage des gonades et semble être de bonne qualité au cours de la saison chaude. Au cœur de la saison fraîche, il est nul, et le manque de données pendant les périodes inter-saisonnières a empêché d'observer son évolution complète.

Il est évident qu'un environnement plus riche en matière organique, lié à l'élevage de crevettes, favorise un développement optimal des gonades et semble améliorer leur qualité. Ces résultats confirment les conclusions d'un premier essai de grossissement de naissain qui avait démontré une meilleure croissance en bassin d'élevage à faible densité de crevettes par rapport au milieu naturel.

3.3.3. Touho :

Le suivi effectué sur Touho est réalisé avec des individus prélevés en zone de marnage sur deux sites : la marina de Touho et la baie du Vieux Touho. Ce suivi s'étend sur la période d'octobre 2021 à janvier 2022, principalement au cours de la saison chaude.

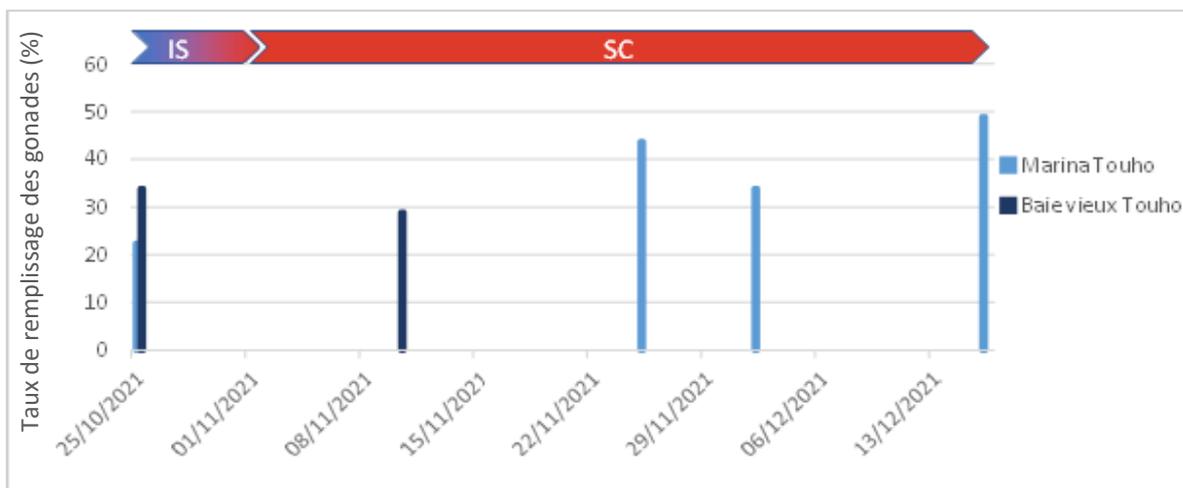


Figure 9: Evolution du taux de remplissage des gonades à Touho

Au cours de la saison chaude 2021-2022, le suivi du taux de remplissage des gonades a montré une relative stabilité sur la période et sur les deux sites, avec des valeurs moyennes comprises entre 24 et 49%. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus en baie de St-Vincent.

Il est possible que de légères différences climatiques entre la Baie de St Vincent et Touho, telles que des températures plus élevées et une amplitude « min/max » moins prononcée, influent légèrement sur la période de maturation des gonades à Touho. Cependant, faute de données, cette hypothèse ne peut pas être vérifiée.

Étant donné que l'observation microscopique n'est pas réalisable sur ce site, les indices de maturité sexuelle ne seront évalués qu'en se basant sur des critères macroscopiques, sur une échelle de 0 à 3.

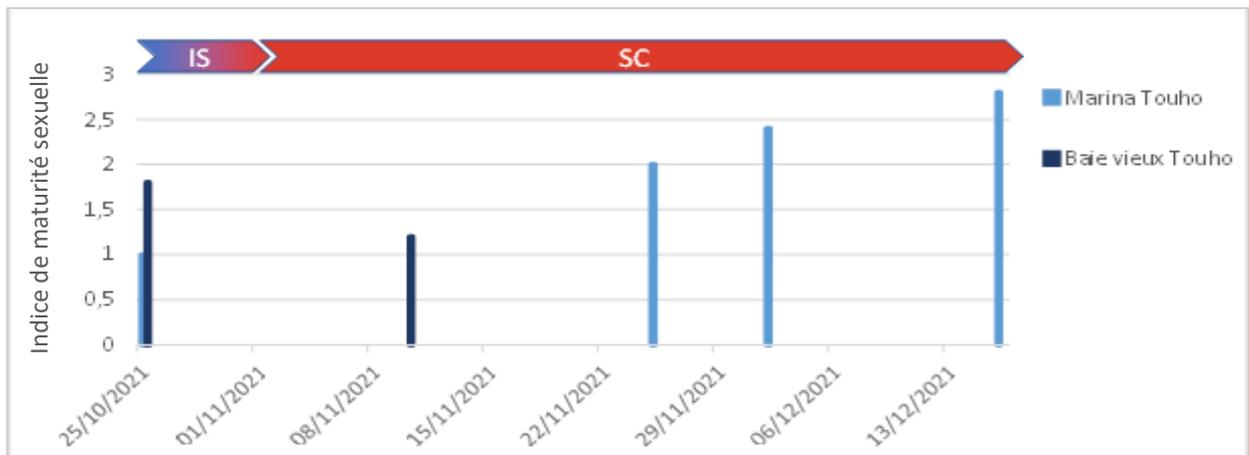


Figure 10 : Evolution de l'indice de maturité sexuel des huîtres observées à Touho

A nouveau la tendance des indices de maturités sexuelles suit celle du développement des gamètes avec des valeurs légèrement plus faibles en fin d'inter-saison/début de saison chaude.

4. Conclusion :

Ces observations semblent confirmer que la période principale de reproduction se situe pendant la saison chaude, de novembre à mars, comme en témoignent le développement et la maturation des gonades. Des indices suggèrent que de petites pontes pourraient également se produire en juin, pendant l'intervalle entre la saison chaude et la saison fraîche. En revanche, les mois de juillet et août, au cœur de la saison fraîche, sont peu propices à la reproduction, avec des gonades peu développées voir vides.

Il est possible que la période de reproduction soit légèrement plus étendue en Province Nord, en raison de variations saisonnières de température moins prononcées et d'amplitudes journalières plus fortes. Cependant, cette hypothèse reste à confirmer.

Il est également important de souligner que les conditions climatiques des trois dernières années, marquées par des températures plus élevées que la moyenne et de fortes précipitations, ne représentent pas les moyennes annuelles. Cela renforce l'importance de continuer à surveiller ces tendances sur au moins une année supplémentaire.

Partie 2 : Essais de captage de naissains d’huîtres dans le milieu naturel

1. Introduction

Le captage de naissains d’huître dans le milieu naturel est l’une des deux solutions étudiées pour garantir l’approvisionnement en naissains d’espèce d’huîtres locales. Cette étude, menée en collaboration avec les services techniques des provinces Nord et Sud, a impliqué la répartition de collecteurs ostréicoles éprouvés par les Australiens sur cinq sites côtiers. L’objectif étant de démultiplier les tests dans des conditions environnementales différentes afin d’optimiser les chances de captage et d’en évaluer le potentiel.

Pour ce faire, deux sites ont été sélectionnés en Province Nord et trois en Province Sud, en collaboration avec des porteurs de projets locaux autant que possible. Le principal critère de sélection des sites était la présence naturelle d’une quantité considérable d’huîtres de roche *Saccostrea echinata*.

2. Matériel et méthode :

2.1. Collecteurs :

En mars 2021, capitalisant sur les enseignements tirés d’une visite d’échange effectuée en 2019 auprès de producteurs d’huîtres Australiens, une commande a été faite de 36 collecteurs de type ZAPCO, composés de 25 lames de PVC chacun.

Les collecteurs ont ensuite été assemblés en 6 unités de collectage. Chaque unité est composée de 6 collecteurs fixés sur un support métallique conçu par les équipes du CTA (Annexe 1). Les unités ont été installées de façon à ce que les collecteurs soient au même niveau que les huîtres observées dans le milieu naturel.

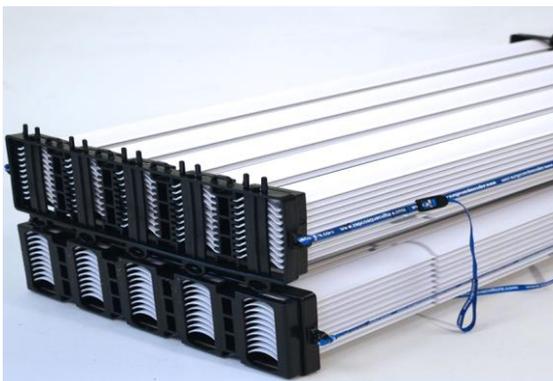


Image 2 : Un collecteur Zapco composé de 25 lames de PVC (gauche) et une unité de collectage assemblée (droite)

2.2. Sites de collectage :

Les sites sélectionnés en collaboration avec les Provinces Nord et Sud sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Sites d'implantation des unités de collectage

Site	Province	Tables	Suivi
Pointe aux huîtres, Baie Saint-Vincent	Sud	1	CTA
Baie de Port Bouquet, Thio	Sud	1	M. Kainda + P. Sud
Baie de Prony, Yaté	Sud	2	M. Morlet + P. Sud
Baie du Vieux Touho	Nord	1	M. Kolele + P. Nord
Marina de Touho	Nord	1	CCDTAM + P. Nord

Dans le but d'optimiser le collectage, les unités sont mises à l'eau lorsque le suivi gonadique indique que les premières pontes ont eu lieu sur les différents sites. En effet, au cours des 21 premiers jours de développement, les larves d'huître passent par une phase pélagique avant de se fixer. Cette période offre ainsi une opportunité d'observer les premières pontes et d'installer les collecteurs.



Image 3 : Montage des collecteurs sur la table (A) et installation des tables sur les sites de Port Bouquet (B), Baie du Vieux Touho (C) et Prony (D)

2.3. Suivi et détroquage :

Le suivi des collecteurs est assuré toutes les deux à trois semaines par les deux Centres de la Technopole (CTA et CCDTAM) et les porteurs de projet accompagnés des agents techniques des provinces respectives.

Lorsque du naissain est observé sur les lames, le détroquage peut être réalisé. Pour cela les lames sont décrochées une par une et tordue afin de décrocher le naissain. Au cours de cette étude, le détroquage a été mené à différentes tailles et de différentes manières afin d'essayer d'optimiser la méthode.

2.4. Grossissement des naissains collectés :

Les naissains collectés au cours de la saison chaude 2021/2022 et la saison fraîche 2022 ont été mis en élevage en paniers sur filière, sur les sites de captage à l'exception du naissain de la pointe aux huîtres qui a été mis en grossissement à la SASV dans un bassin de crevettes à faible densité.



Image 4: Suivi des naissains collectés

3. Résultats

3.1. Saison chaude 2021-2022 :

Les premières unités de collectage ont été mises à l'eau à partir de mi-novembre 2021, lorsque le développement des gonades observées sur les différents sites laissait penser que les huîtres étaient prêtes à pondre.

Les résultats de captage sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Résultats du premier essai de collectage de naissain d'huître en milieu naturel en saison chaude

Sites	Pointe aux huîtres	Prony	Port Bouquet	Marina de Touho	Baie du Vieux Touho
Unités de collectage	1	2	1	1	1
Mise à l'eau	28/12/21	01/12/21	22/12/21	13/11/21	15/11/21
Naissain fixé	Présent	Présent	Aucun (intempéries)	Présent	Présent
Récupération	23/02/22	03/02/22	-	16/03/22	16/03/22
Naissain récolté	3751	≈1500/unité	-	≈ 980	Mort (prédation)
Grossissement	Panier en bassin crevette	Paniers en zone de marnage	-	Paniers sur filière dans la marina	○

Les résultats varient considérablement d'un site à l'autre. Le site de la Pointe aux Huîtres en baie de St Vincent affiche la meilleure performance de collectage de naissains pour cette saison, avec 3750 naissains collectés sur une unité. Les sites de Prony et de la Marina de Touho ont permis de collecter entre 1000 et 1500 naissains par unité.

Deux sites n'ont pas permis de récolter du naissain vivant : l'unité de collectage placée en Baie du Vieux Touho, où tous les naissains ont péri à cause d'une forte prédation, et celle de Port Bouquet, qui n'a pas collecté de naissains. Ce dernier résultat peut être lié aux intempéries qui ont sévèrement touché la région.

Au cours de ce premier essai, plusieurs problèmes ont été rencontrés, mettant en évidence les difficultés et le caractère aléatoire du collectage de naissains :

- **Casse au détroquage** : De nombreuses valves inférieures ont été cassées lors du détroquage, malgré l'utilisation de différentes techniques. En effet, contrairement à la plupart des huîtres exploitées, ces huîtres ne se fixent pas à l'aide d'un pied, mais sur toute la face de la valve inférieure, plus fine que la valve supérieure car non exposée et donc plus fragile. Après avoir été remis en élevage, il a été observé que certains individus étaient capables de survivre et de reconstituer leur coquille cassée, à condition d'être maintenu dans l'eau pendant cette période.
- **Prédation** : Certaines zones peuvent être inadaptées ou nécessiter une surveillance accrue en raison de la présence de prédateurs tels que les bigorneaux perceurs et les crabes.
- **Sensibilité du matériel aux conditions climatiques extrêmes** : Il est apparu nécessaire de sortir les unités de collectage de l'eau lors de phénomène climatique intense. Bien que les unités soient fixées à l'aide de câbles en acier et de fer à béton, certaines unités se sont déplacées et des lames de PVC ont été arrachées.



Image 3 : Détroquage des lames de PVC (gauche) et naissain collecté à la Pointe aux Huîtres (Centre et droite)

3.2. Saison fraîche 2022 :

3 unités de collectage ont été remises à l'eau après détroquage en dehors de la saison chaude qui semble être la plus propice au captage.

Tableau 3 : Résultats de collectage de naissain d'huître en milieu naturel lors de saison fraîche 2022

Sites	Pointe aux huîtres	Port Bouquet	Marina de Touho
Unités de collectage	1	1	2
Mise à l'eau	04/03/2022	15/04/21	01/05/22
Naissain fixé	53	~3000	3775
Récupération	03/06/2022	02/11/22	06/01/23
Naissain récolté	53	~ 3000	≈1900/unité
Grossissement	Bac	Panier sur filière	Paniers sur filière dans la marina

Des résultats de collectage contrastés ont à nouveau été observés en saison fraîche. L'unité placée à la Pointe aux Huîtres a enregistré un très faible captage après 3 mois d'immersion. En revanche, les deux unités de la Marina de Touho ont obtenu de meilleurs résultats en saison fraîche, avec environ 1900 naissains fixés par unité après une immersion de 7 mois. Une mortalité d'environ 25 % du naissain a été observée, ainsi que la présence de bigorneaux perceurs.

L'unité de Port Bouquet a obtenu de meilleurs résultats après une immersion de 8 mois. Des tailles de naissains variables ont été observées, ce qui pourrait indiquer la présence de plusieurs périodes de ponte. Ces observations suggèrent que des pontes ont lieu en saison fraîche et peuvent également donner de bons résultats. De plus, lors du détroquage, aucune casse n'a été constaté pour le naissain de Thio, contrairement à près de 30% de casse observée sur le naissain de la Marina de Touho. Le collecteur de Thio n'ayant pas été sorti de l'eau et nettoyé entre les deux saisons, il est possible que le biofilm présent sur les lames ait permis au naissain de se fixer moins solidement.



Images 4 : De gauche à droite, détroquage du naissain de la marina de Touho par les porteurs de projet, naissains collectés et prédateurs capturés

Les premiers essais de collectage ayant été concluant, en accord avec les services techniques des Provinces Nord et Sud, le choix a été fait d'augmenter les capacités de captage des différents sites pour la saison chaude 2023. Pour cela, 9 nouvelles unités de collectage ont été ajoutées aux 6 précédentes. De nouveaux essais de collectage sont en cours et la répartition des unités de collectage est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 4 : Nouvelle répartition des collecteurs pour la saison 2023

Province	Site	Nombre d'unités	Responsables
Sud	Prony	2	P. Morlet, P. Sud
	Port Bouquet	4	R. Kainda, P. Sud
	Pointe aux huîtres	4	CTA
Nord	Marina de Touho	2	CCDTAM, P. Nord
	Aérodrome de Touho	1	MR. Pabouty, P. Nord
	Baie du Vieux Touho	2	F. Kolélé, P. Nord

Afin de limiter la casse lors du détroquage, des essais de chaulage des lames PVC à l'initiative de la Province Nord sont actuellement cours sur les sites de Touho.

3.3. Grossissement du naissain collecté :

Le naissain collecté à la Pointe aux Huîtres a été divisé en trois classes de tailles et disposé dans 3 paniers dans un bassin de crevette à faible densité. Après 82 jours d'élevage, une forte mortalité du naissain (43% du total) et plus majoritairement du petit naissain (76%) est observée.

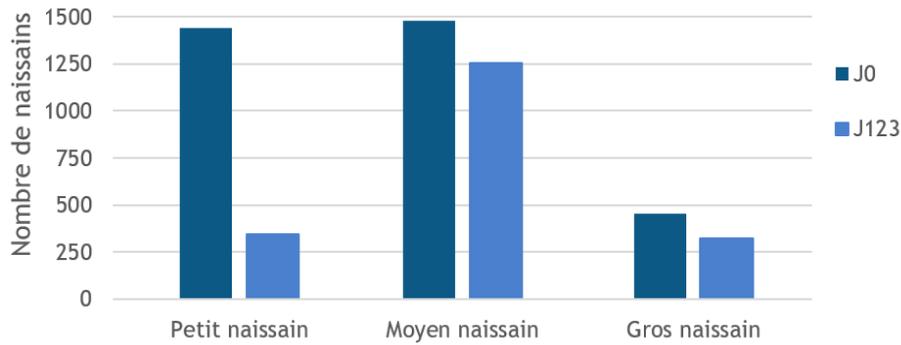


Figure 11 : Evolution du nombre de naissain de J0 à J123

La mortalité du lot « petit naissain », principalement due à la prédation des bigorneaux perceurs retrouvés dans le panier, a conduit à une augmentation artificielle de la longueur moyenne du naissain au cours des 100 premiers jours.

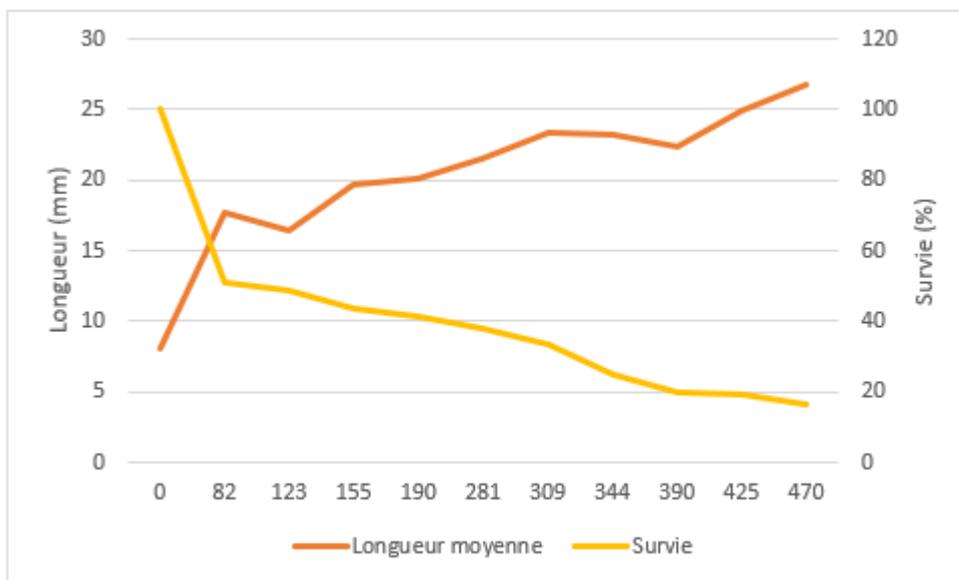


Figure 12 : Evolution de la croissance et de la survie du lot de naissains collectés à la Pointe aux huîtres

Par la suite, une mortalité de fond a été observée tout au long de l'élevage jusqu'à atteindre une survie de 17% après 470 jour et une longueur moyenne de 26mm. Globalement, la croissance reste faible.



Images 5 : naissain collecté après 123 jours d'élevage

Le naissain collecté à la Marina de Touho a également été disposé dans 3 paniers SEAPA et installé sur filiaire dans la Marina. En plus d'avoir subi de la casse au détroquage le naissain n'a pas pu être correctement suivi par le porteur de projet il ne se trouvait pas sur son site. L'encrassement des paniers et la présence de prédateurs a donc entraîné la mortalité de l'ensemble du naissain.

Le naissain collecté à Prony par M. Morlet a été mélangé à l'ensemble du naissain collecté sur ce site et n'a donc pas pu être suivi.

4. Conclusion :

Ce premier essai a révélé que les résultats de collectage varient considérablement en fonction des sites et des périodes, allant de 0 à 3500 naissains par unité de collectage. Il a également révélé que les huîtres locales ne se limitent pas à pondre uniquement en saison chaude et que du collectage est donc possible en saison fraîche, ce qui peut être avantageux étant donné que les phénomènes climatiques extrêmes sont principalement observés en saison chaude.

Étant donné que les huîtres locales se fixent au niveau de la valve inférieure plutôt qu'à l'aide d'un pied, il est essentiel d'améliorer le protocole de détroquage pour éviter la casse des coquilles et la perte du naissain. En plus des connaissances déjà acquises au cours de ce premier essai, un essai de chaulage des lames de PVC est actuellement mené en Province Nord.

Il est également important de noter que cet essai a été réalisé dans des conditions météorologiques particulières liées au phénomène La Niña, qui est actif depuis 2021 sur le Territoire. L'impact de ce phénomène sur le collectage de naissain, qu'il soit positif ou négatif, reste à ce jour inconnu.

Partie 3 : Essai de production de naissain d'huître de roche en éclosion

1. Introduction:

Afin de développer et assurer la pérennité d'une filière ostréicole en Nouvelle-Calédonie, il est essentiel de sécuriser l'approvisionnement en naissains. En complément des efforts réalisés sur le collectage en milieu naturel, les travaux initiés au CCDTAM en 2016 ont été poursuivis au CTA à partir de 2022 dans le but de maîtriser la production d'huîtres de roche en éclosion.

Cette maîtrise permettra de garantir un approvisionnement régulier tout en réduisant la dépendance au collectage, offrant à terme des espèces sélectionnées selon les critères de qualité, de rendement et de résistance exigés par le marché.

L'objectif de cette étude est de confirmer la faisabilité technique et financière de la mise en place d'une éclosion d'huître *Saccostrea sp.* sur le territoire, en définissant le matériel, les protocoles et les besoins de production de naissains locaux.

A ce jour, outre les acteurs locaux déjà impliqués dans le grossissement d'huîtres (porteurs de projets et ostréiculteurs), un projet d'installation d'une éclosion d'huître de roche « Eclosion Océane Innovation » est en cours, témoignant de l'intérêt suscité par ces travaux.

2. Equipement des installations du CTA :

Afin de mener à bien ce projet, le programme PROTEGE a permis d'équiper les installations du CTA pour permettre l'élevage larvaire d'huîtres. Au cours du premier semestre 2021, le projet a été dimensionné et tous les équipements ont été commandés. La réception du matériel en milieu d'année a permis la mise en place des infrastructures au cours du deuxième semestre 2021, bien que la crise sanitaire ait entraîné un léger retard.

Plusieurs adaptations des structures existantes ont dû être réalisées, avec notamment la création de :

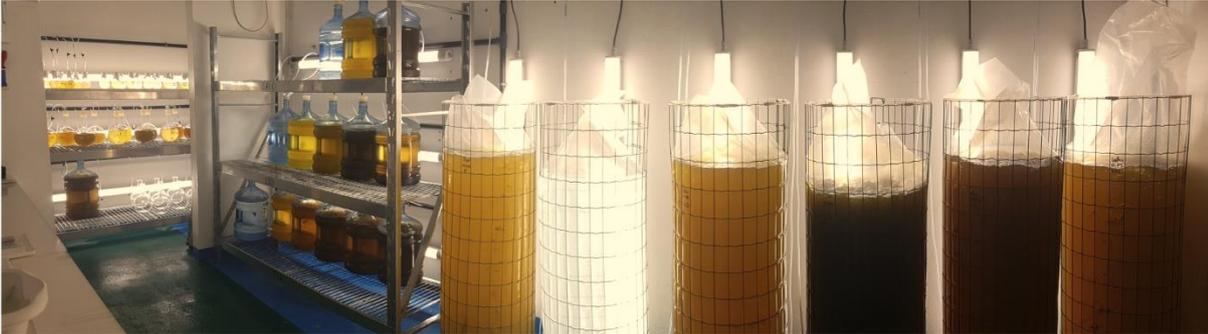
- Une salle d'algues
- Une salle d'élevage larvaire
- Une micro-nurserie
- Une nurserie
- Une zone de maturation pour les géniteurs

• Salle d'algues

Une salle de culture d'algues est indispensable à la production de naissains d'huîtres. L'élevage larvaire d'huître nécessite des algues de tailles différentes pour s'adapter à la nutrition spécifique de chaque phase larvaire selon un ratio évolutif préétabli tout au long de l'élevage. Pour cela, 3 souches d'algues sont cultivées :

- *Chaetoceros calcitrans*
- *Chaetoceros muelleri*
- *Tisochrysis lutea*

La salle d'algues permet actuellement d'avoir une capacité de production théorique d'environ 100 litres par jour.



Images 6 : Salle de production d'algue du CTA

- **Salle d'élevage larvaire**

Installation de 2 systèmes de production larvaire :

- **Bac statique de 150 litres :**

Méthode appliquée au CCDTAM durant les essais menés de 2016 à 2020. Ce type d'élevage demande une vidange complète du bac avec filtration des larves de manière quotidienne. Il nécessite un traitement quotidien d'antibiotique, Erythromycine à une dose de 2.5ppm.

L'élevage larvaire débute à une densité de 8 larves/ml.

Ce système à l'avantage d'être simple mais reste limité en capacité de production et de répliquabilité.



Image 7 : Bac d'élevage larvaire statique de 150L

- **CUDLS (Cawthron Ultra Density Larval System)**

Suite à la collaboration avec l'Institut Cawthron via le Fond Pacifique, le CTA a pu s'équiper de 18 CUDLS.

Ce système fonctionne avec un apport continu d'eau neuve enrichie avec un prémix d'algues. Le réservoir d'algues de 200 litres alimente le bac de tête du système grâce à une pompe péristaltique. Ce bac de tête est maintenu à un niveau haut par l'intermédiaire d'une vanne à flotteur qui régule l'arrivée d'eau de mer. Il alimente ensuite l'ensemble des CUDLS en gravitaire.

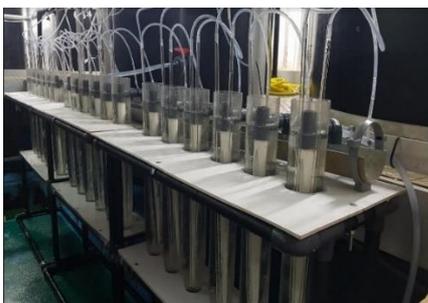


Image 8 : Cuves d'élevage larvaire de type



Image 9 : Réservoir d'algues, pompe péristaltique, bac de tête

Cette méthode d'élevage permet de travailler sur plusieurs tests tout en ayant un nombre de réplicat adéquate. Le nettoyage des crépines est quotidien et les filtrations sont réalisées tous les 2 jours. Elle permet également une mise en élevage de 50 à 400 larves/ml.

Grace au renouvellement continu de l'eau ce système n'utilise aucun antibiotique.

- **Micro-nurserie**

- **Downweller**

Une fois les larves suffisamment développées elles sont transférées dans un tamis tapissé de micro-brisures comprise entre 200 et 300µm réalisée à partir de coquilles d'huitres

Ce système nécessite un bac de 150 litres qui sert de réservoir d'eau de mer enrichie avec un prémix d'algues. Une pompe placée dans ce bac et alimente le tamis par le dessus imposant ainsi un flux descendant qui favorisera la fixation des larves sur la micro-brisure.

L'eau retourne ensuite par une canne de surverse située à l'extérieur du tamis dans le bac réservoir.

L'intégralité de l'installation est nettoyée quotidiennement et les larves sont maintenues jusqu'à 5 jours pour maximiser le nombre de larves fixées.



Image 10 : Downweller pour fixation sur micro-brisure

- **Upweller**

Une fois fixées les larves sont transférées dans des tamis de plus grande taille, équipés d'une surverse en partie haute. Un flux d'eau ascendant est appliqué, favorisant le nourrissage des naissains et l'évacuation des fèces.

Ce système fonctionne également avec un réservoir d'eau et d'algues en circuit fermé. L'ensemble est vidé et nettoyé tous les jours.



Image 11 : Upweller

- **Nurserie extérieure**

Le principe est le même que l'upweller de micro-nurserie, de l'eau d'un bassin d'élevage est pompée et envoyée dans la structure contenant les tamis.

L'eau passe à travers les mailles retenant les naissains, appliquant ainsi un flux ascendant sur l'ensemble.

Ici la productivité naturelle en phytoplancton des bassins d'élevages de crevette sont utilisés pour enrichir l'alimentation des naissains.



Image 12 :Upweller extérieur

- **Stockage des géniteurs**

- **Optimisation des maturations en bassin**

Un ponton flottant a été installé sur un bassin d'élevage de crevette pour pouvoir suspendre les paniers de stockage de géniteurs.

Comme pour les nurseries le but est de profiter de la productivité naturelle de phytoplancton pour améliorer la nutrition des adultes reproducteurs.



Image 13 : Bassin d'élevage de crevette avec ponton flottant



Image 14 : Panier de grossissement SEAPA

- **Maturation décalée**

Un second lot de géniteurs a été placé dans des bacs de maturation équipés d'une thermorégulation permettant de chauffer ou refroidir l'eau en vue d'obtenir des maturations synchronisées en dehors de la saison de reproduction naturelle.

Une distribution quotidienne de 30 litres d'algues est appliquée pour chaque bac.

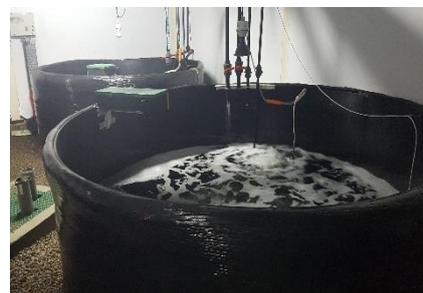


Image 15 : Bac de maturation



Image 16 : Groupe froid réversible

3. Matériel et méthode :

3.1. Reproduction :

Les reproductions sont réalisées par scarifications des géniteurs et prélèvements des gamètes mâles et femelles. Une quinzaine d’huitres sont ouvertes pour garantir de pouvoir féconder au moins 4 à 5 femelles.

Après scarification, un échantillon de semence est mis sur lame avec une goutte d’eau de mer et observé à la binoculaire. La maturité des ovocytes et l’activité des spermatozoïdes permet de sélectionner les géniteurs qui seront utilisés.

La semence des géniteurs sélectionnés est ensuite récupérée par pressage des gonades et mis à réhydrater pendant 20 min dans un bécher d’1L contenant de l’eau de mer filtrée. Au cours de cette étape, les gamètes sont filtrés sur une maille de 21 μm pour les mâles et de 60 μm pour les femelles.

Après hydratation des œufs, le premier quart supérieur est éliminé par surverse. Les ovocytes sont ensuite transférés en seau de 10L et les spermatozoïdes sont ajoutés de façon à obtenir entre 7 et 10 spermatozoïdes par ovocyte. Un comptage est réalisé et la solution est remuée toutes les 15 minutes pendant 2 heures.

Après ce laps de temps, les taux de fécondation sont réalisés et s’ils dépassent 50%, les œufs sont filtrés sur 21 μm et mis à incuber toute la nuit en bac de 150 L (1 bac par ponte).

Le lendemain (J1), les larves sont filtrées sur une maille de 41 μm , observées, dénombrées et transférées en bac larvaire de 150 L à une densité initiale de 1,2 millions de larve, soit 8 larves/ml.

3.2. Elevage larvaire en bac statique de 150 L et micro-nurserie

La base du protocole utilisé pour les élevages est issue des essais menés au CCDTAM. Des modifications ont été apportées sur les conseils de Julien Vignier (Institut de Cawthron) et les observations faites sur d’autres protocoles.

Le contenu des bacs larvaires est filtré quotidiennement sur des mailles de taille variable, permettant d’éliminer les larves mortes et les retardataires. L’eau est traitée à l’EDTA et à l’érythromycine avant d’y transférer les algues et les larves.

Les paramètres physiques, les mailles de filtration, le traitement de l’eau et la concentration d’algue utilisés pour chaque jour d’élevage sont présentés dans le tableau ci-dessous.



Image 17 : Géniteurs utilisés pour les reproductions

Tableau 5 : Protocole d'élevage larvaire de *Saccostrea echinata*

Jour d'élevage	Paramètres Physiques		Filtrations		Traitements de l'eau		Gestion des algues			
	T°C	Salinité	Maille larve(μ)	Maille déchets(μ)	Erythro	EDTA	Concentration d'algue	Mue	Cal	Tiso
J1	29	32	20-48	75	2,5ppm	5ppm	40 000	0	40000	0
J2	29	32	48	100	2,5ppm	5ppm	40 000	0	40000	0
J3	29	32	52	120	2,5ppm	5ppm	45 000	0	45000	0
J4	29	32	60	120	2,5ppm	5ppm	50 000	0	40000	10000
J5	29	32	65	120	2,5ppm	5ppm	55 000	0	38500	16500
J6	29	32	65	150	2,5ppm	5ppm	60 000	0	42000	18000
J7	29	32	65-75	180	2,5ppm	5ppm	65 000	6500	32500	26000
J8	29	32	85-100	212	2,5ppm	5ppm	70 000	7000	35000	28000
J9	29	32	100-120	236	2,5ppm	5ppm	75 000	15000	30000	30000
J10	29	32	100-120	236	2,5ppm	5ppm	75 000	15000	30000	30000
J11	29	32	120-130		2,5ppm	5ppm	75 000	22500	22500	30000
J12	29	32	120-130		2,5ppm	5ppm	75 000	22500	22500	30000
J13	29	32	130-150		2,5ppm	5ppm	75 000	22500	30000	30000
J14	29	32	150-165		2,5ppm	5ppm	80 000	32000	16000	32000
J15	29	32	165		2,5ppm	5ppm	80 000	32000	16000	32000
J16	29	32	165-180		2,5ppm	5ppm	80 000	40000	8000	32000
J17	29	32	180		2,5ppm	5ppm	85 000	51000		34000
J18	29	32	180		2,5ppm	5ppm	85 000	51000		34000
J19	29	32	180		2,5ppm	5ppm	90 000	54000		36000
J20	29	32	180		2,5ppm	5ppm	90 000	54000		36000
J21	29	32	212-236		2,5ppm	5ppm	90 000	54000		36000
J22	29	32	212-236		2,5ppm	5ppm	90 000	54000		36000
J23	29	32	236		2,5ppm	5ppm	90 000	54000		36000
Passage en Downweller										
J24	29	32	236		2,5ppm	5ppm	90 000	54000		36000
J25	29	32	236		2,5ppm	5ppm	90 000	54000		36000
J26	29	32	236		2,5ppm	5ppm	90 000	54000		36000
J27	29	32	236		2,5ppm	5ppm	90 000	54000		36000
J28	29	32	236		2,5ppm	5ppm	90 000	54000		36000
Passage en Upweller										

La concentration d'algue dans les bacs est évaluée et réajustée si nécessaire en fin d'après-midi.

Quotidiennement les larves sont observées, mesurées et dénombrées. Les comptages réalisés sont faits selon une méthode volumétrique et restent estimatifs. Une fois fixés, les naissains n'étant plus dans la colonne d'eau, leur nombre est alors estimé grâce à la réalisation d'un poids moyen effectué sur 500 naissains à l'aide de la balance de précision. Comme pour les comptages volumétriques cette méthode est estimative et les chiffres de production peuvent donc varier d'une étape à l'autre.

Lors du passage en micro-nurserie de type upweller, l'apport d'antibiotique est arrêté, le ratio d'algue reste le même qu'en downweller et les quantités d'algues sont ajustées quotidiennement en fonction de la consommation des huîtres. Les naissains sont maintenus en upweller jusqu'à atteindre une longueur d'environ 5mm, puis sont transférés en nurserie extérieure.

- **Etapas de développement larvaire**

Six heures après la fécondation les larves trochophores apparaissent, à ce stade la larve n'a pas de coquille. Quelques heures plus tard la coquille se forme et la larve est appelée larve D.

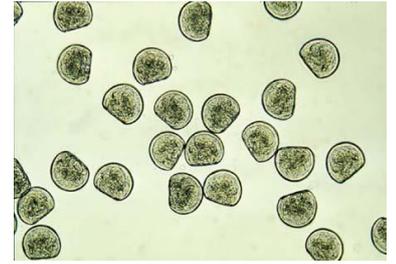


Image 18 : Larve D

La larve planctonique d'environ 60 μm , dispose d'un velum qui lui permet de se déplacer et de se nourrir d'algues phytoplanctoniques de petite taille (3 à 4 μm).

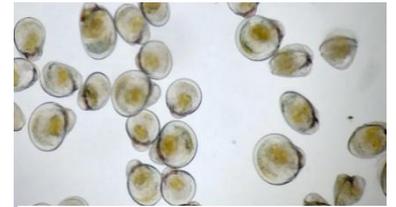


Image 19 : Larves véligères

La larve véligère va évoluer pendant environ 2 à 3 semaines selon la température d'élevage et la qualité et quantité de phytoplancton apporté : la charnière et le crochet apparaissent vers le huitième jour alors que la larve mesure en moyenne 130 à 160 μm .

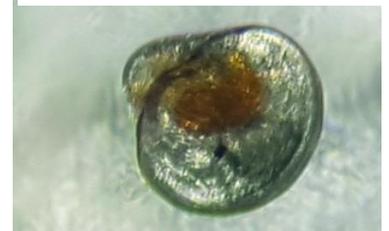


Image 20 : Larve œillée

Lorsque la taille de la larve atteint 250 à 300 μm , un organe photosensible formant une tâche noire. On parle alors de larve œillée.

A ce stade un pied rétractable apparaît, la larve pédivéligère va s'en servir pour chercher un support pour se fixer. C'est la dernière étape avant la métamorphose en naissain.



Image 21: Larve pédivéligère

3.3. Pré-grossissement en nurserie extérieure

Les naissains sont disposés dans les tamis avec une maille de 1mm. L'upweller est alimenté en algue par la productivité naturelle du bassin crevette auquel il est relié. Les tamis sont agités 2 fois par jour et l'upweller est siphonné quotidiennement afin d'éliminer les résidus terrigènes accumulés.

Des tris taille et dénombrements sont réalisés régulièrement afin de redistribuer les naissains dans les différents tamis en fonction de leur taille et de leur nombre. La hauteur de naissains sur le tamis ne doit idéalement pas dépasser 5cm.

Les naissains sont conservés en upweller jusqu'à atteindre une taille d'environ 1cm. Ils sont ensuite transférés en paniers de grossissement.

4. Résultats saison 2022-2023

4.1. Reproduction

Aucune fécondation n'a pu être réalisée avec les géniteurs stockés dans les bacs de maturation ni dans le bassin d'élevage de crevette. Dans le premier cas, suite à de mauvais indices de maturité sexuelle sans doute dues à une alimentation en algue insuffisante et dans le second cas, les fortes précipitations des jours précédents la reproduction ont entraîné la ponte prématurée des géniteurs.

Par conséquent, des prospections ont été menées le long du littoral sur plusieurs sites. Finalement, un premier essai a été réalisé avec des animaux prélevés dans la baie de St Vincent, et un deuxième a été effectué avec des animaux provenant de Touho, fournis par la Province Nord.

Afin de recueillir des données sur le taux d'éclosion et fiabiliser les différents essais post-éclosion, les reproductions ont été réalisées avec des fécondations biparentales. En effet, le taux d'éclosion est une donnée essentielle pour déterminer la viabilité des larves récoltées et décider de leur mise en élevage. Ce taux doit toujours être supérieur à 50%. En dessous de cette valeur, il y a un risque de ne pas poursuivre l'élevage au-delà de 15 jours.

Sur 5 reproductions effectuées lors du premier essai et 4 lors du deuxième, une seule ponte a été conservée par essai. Les autres n'atteignaient pas un taux d'éclosion suffisant pour être sélectionnées.

Les données de reproduction des lots mis en élevages sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Données de reproduction des essais 1 et 2

	Essai n°1	Essai n°2
Date de l'essai	10/03/22	29/03/22
Origine des géniteurs	Baie de Saint-Vincent	Touho
Taux d'éclosion	70%	55%
Nombre de larves mises en élevage	1,2 millions	1,2 millions
Densité d'ensemencement	8 larves/ml	8 larves/ml
Volume d'élevage	150 L	150 L

Afin de consolider le protocole d'élevage larvaire et les quantités de larves ne permettant pas de réaliser des élevages avec le système de CUDLS, les deux essais ont été menés en bacs larvaires statique de 150 L.

4.2.Élevage en bacs larvaires de 150L

Les comptages sont effectués selon une méthode volumétrique, ce qui donne des résultats estimatifs. Les différences observées au début de l'élevage entre les deux essais diminuent considérablement à partir de J8 et se stabilisent à 2 larves/ml.

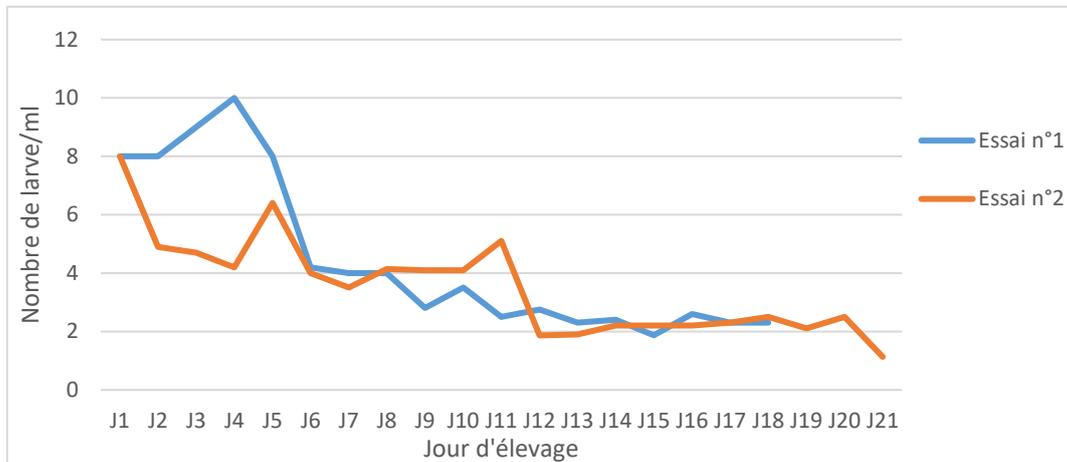


Figure 13 : Evolution des concentration larvaires des essais 1 et 2

Lors du premier essai, dès l'apparition d'un pied à J18, les larves ont été transférées en micro-nurserie pour effectuer l'étape de fixation, tandis que le deuxième essai est resté 3 jours supplémentaires comme le préconise le protocole. La diminution du nombre d'effectif le dernier jour est due à une sélection plus rigoureuse basée sur la taille, dans le but d'optimiser l'étape de fixation des larves.

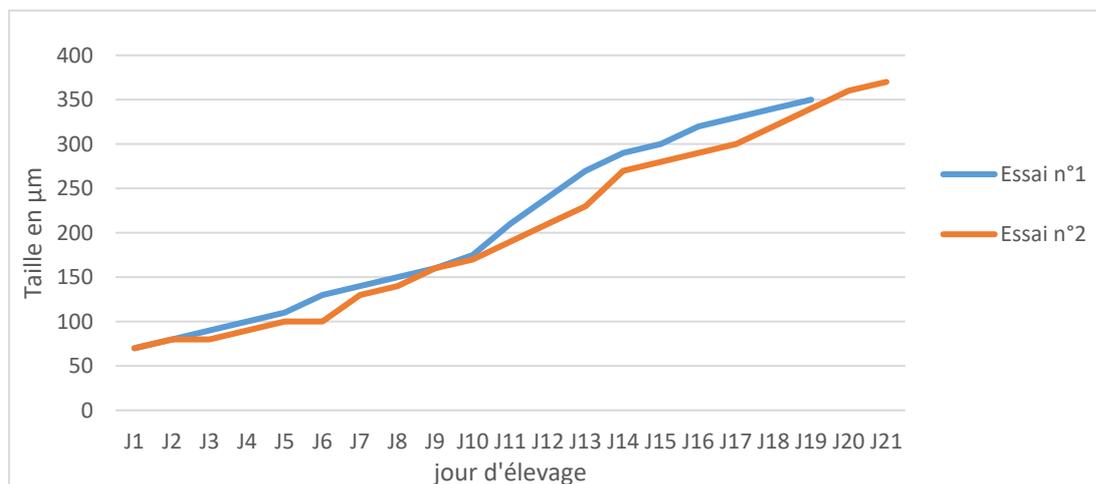


Figure 14 : Evolution de la taille moyenne des larves des essais 1 et 2

Globalement les deux élevages présentent des courbes de croissance similaires. Une croissance légèrement plus forte est observée à partir de J10 pour l'essai 1, cependant elle est rapidement compensée par les 3 jours d'élevage supplémentaires de l'essai 2.

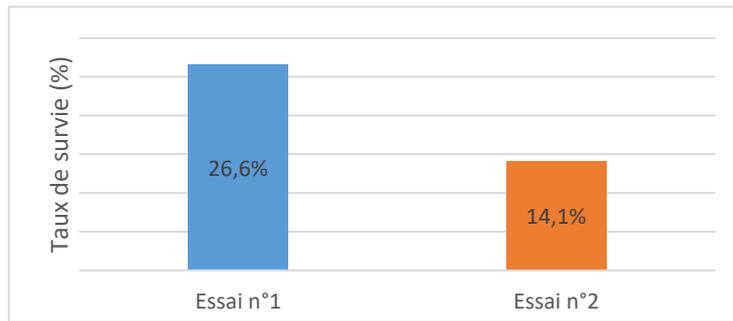


Figure 15 : Taux de survie avant fixation des essais 1 et 2

L'essai 1 présente une excellente survie de 26,6%, ce qui est considéré dans la moyenne haute pour ce type d'élevage. L'essai 2 aurait pu obtenir une survie similaire, mais une sélection plus rigoureuse a été appliquée, ne conservant que les larves retenues sur 236 µm. Cela se traduit par un total de 319 200 larves pour l'essai n 1 et 169 200 larves pour l'essai n2.

4.3. Elevage en micro-nurserie

- **Downweller :**

Pour chaque essai de fixation, les larves sont restées 5 jours dans le downweller. De meilleurs résultats de fixation sont obtenus pour l'essai 2. Les principales différences résident dans le nombre de jour d'élevage larvaire, le nombre de larves mises en fixation et l'application d'une mise au noir dans le downweller pour l'essai 2.

Initialement, les 3 jours d'élevages supplémentaires de l'essai 2 semblaient justifier les meilleures performances de fixation. Cependant, après avoir échangé avec des chercheurs de l'Ifremer de Polynésie, qui travaillent sur le même sujet, il semble que la mise au noir pendant la fixation soit l'élément le plus favorable pour obtenir de meilleurs résultats.

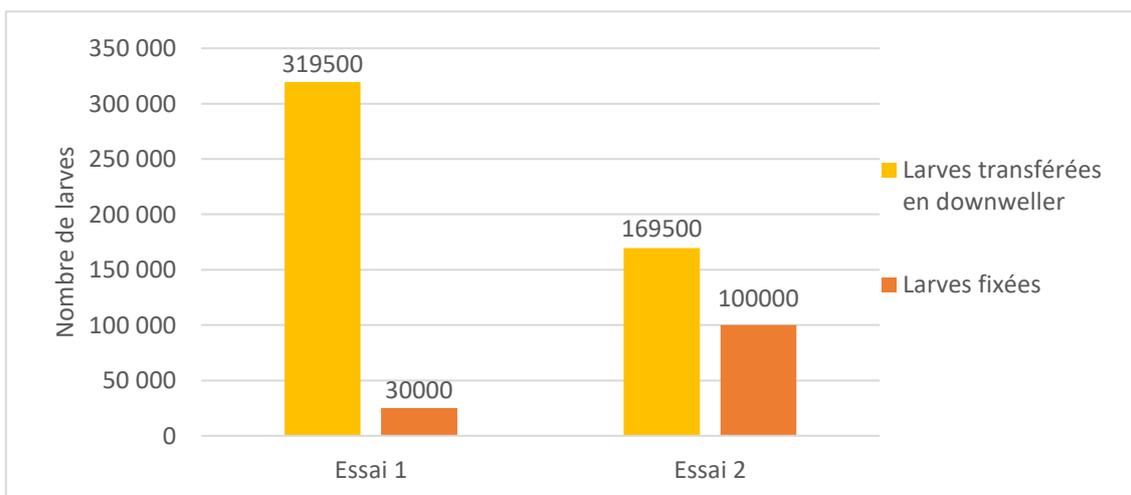


Figure 16 : Résultats de fixation des larves en downweller des essais 1 et 2

○ **Upweller :**

Les naissains de l'essai 1 ont été gardés en micro-nurserie pendant 82 jours et ceux de l'essai 60 jours.

Les connaissances acquises pendant la formation à l'institut Cawthron ont permis d'apprendre par la suite que cette phase ne doit pas durer plus de 3 semaines et que les naissains doivent être transférés en nurserie dès qu'ils ont atteint une taille de 800µm. Le temps de stabulation dans notre micro-nurserie était donc trop long et les performances obtenues auraient pu être optimisées.



Image 22 : Naissains en début de micro-nurserie

Figure 17 : Répartition du naissain en sortie de micro-nurserie

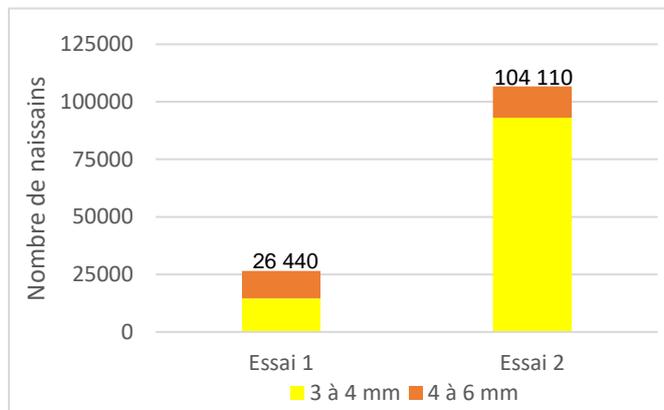


Image 23 : Naissains après 60 jours en micro-nurserie

○ **Elevage en nurserie :**

Les naissains ont été élevés en nurserie extérieure pendant 90 jours avec une faible mortalité. Cependant, lors des tris effectués, les huîtres de tailles très inférieures, dites « boudeuses », ont été éliminées. Elles représentent environ 40% de l'essai 1 et 16% de l'essai 2. Les huîtres « boudeuses » cessent de croître sans mourir, ce qui les rend inutiles à conserver, d'autant plus qu'elles peuvent être à l'origine de pathologies.

Des difficultés ont été rencontrées au cours de cette phase, notamment des baisses significatives de phytoplancton dans le bassin d'élevage crevette alimentant l'upweller, ce qui a nécessité de déplacer le système sur un bassin plus riche en phytoplancton. De plus, la pompe utilisée pour alimenter la nurserie n'a pas été à la hauteur des performances affichées, ce qui a conduit à l'ajout de deux autres pompes pour assurer un renouvellement suffisant dans la nurserie.

Malgré ces quelques problèmes 101 236 naissains d'une taille moyenne de 8mm ont été produits.

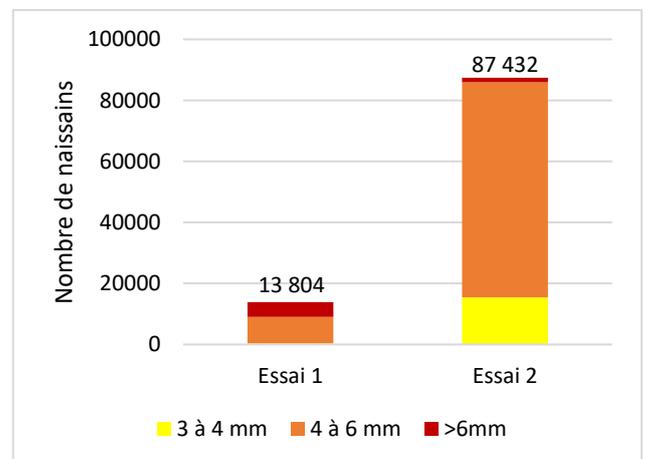


Figure 18 : Répartition du naissain en sortie de nurserie

5. Résultats saison 2023-2024

Au cours de la saison de production 2023-2024 (novembre à avril), six nouveaux essais de production larvaire d'huître en éclosion ont été lancés mais n'ont malheureusement pas rencontrés le même succès que les essais 1 et 2 de la saison 2022-2023.

En effet, l'ensemble des élevages larvaires ont dû être arrêtés entre J8 et J13 suite à de fortes mortalités. Le protocole d'élevage larvaire n'a cependant pas été remis en cause et les défaillances techniques ont toujours pu être identifiées.

Au cours de ces 6 essais les problématiques suivantes ont été rencontrées :

- L'acquisition en début de saison d'une souche de *Chaetoceros calcitrans* contaminée par une algue de taille légèrement supérieure mais suffisante pour que les larves ne puissent pas se nourrir. Le problème a été relevé à l'issue du 2^{ème} essai larvaire.
- Une qualité d'algue aléatoire pouvant être attribuée à une forte hygrométrie dans la salle d'algue suite aux précipitations et une potentielle contamination des ballons de culture par l'arrivée d'air.
- Stress des algues dans leur réservoir lié à la différence de température entre la salle d'algue et la salle d'élevage larvaire, induisant la production de potentiels composés toxiques et d'exopolysaccharide qui induit la formation d'agrégat d'algues impossible à consommer par les larves.
- Difficultés pour trouver des géniteurs matures suite aux fortes précipitations.
- Une qualité d'eau également fortement impacté par les précipitations avec notamment la présence de tanins dans l'eau ne pouvant être éliminé par le système de filtration actuel.
- Une équipe éclosion réduite à 2 personnes suite à un arrêt longue maladie de 6 mois.
- L'impossibilité de traiter l'eau de la réserve à l'EDTA quand l'équipe IFREMER est en production entraînant l'impossibilité d'utiliser le système d'élevage larvaire en CUDL.

Cependant, pour chaque problème rencontré des solutions sont envisageables :

- Acheter d'un microscope de meilleure qualité permettant les identifications de souches et/ou éventuelle contamination.
- Equiper le réseau d'air d'un filtre à particule condensateur d'air.
- Déplacer le réservoir d'algue dans la salle de production d'algue et acheminer les algues jusqu'au bac de tête via la pompe peristaltique.
- Créer d'une zone de maturation sur le modèle de l'institut Cawthron.
- Ne pas lancer de cycle larvaire si les conditions extérieures ne garantissent pas une bonne qualité d'eau.
- Renforcer l'équipe éclosion avec de nouveaux techniciens.
- Produire en dehors des cycles Ifremer ou proposer une adaptation de l'équipe au traitement de l'eau selon la méthode indiquée pour les huîtres.

6. Conclusion :

Les travaux entrepris au CTA ont démontré la faisabilité technique de produire des naissains d'huître de roche en éclosérie, malgré certaines difficultés rencontrées telles que la capacité limitée de production de la salle d'algue et le sous-dimensionnement de la nurserie extérieure. Le protocole mis en place permet aujourd'hui d'évaluer plus précisément les besoins en matériel nécessaire à la production de naissains d'huîtres.

Cependant, pour optimiser le protocole, des améliorations doivent être apportées. Il est essentiel de mieux gérer les géniteurs afin d'avoir des animaux matures au début de chaque cycle. Les enseignements du Cawthron Institute confirment la nécessité de réduire le temps en micro-nurserie, en utilisant le système de CUDL pour cette phase. Des améliorations doivent également être apportées au système de nurserie, notamment en utilisant un système de pompage plus performant et des bassins dédiés à la production d'algues pour assurer une alimentation adéquate des naissains et des géniteurs.

Malheureusement, le système CUDL développé par le Cawthron Institute n'a pas pu être testé faute d'une quantité suffisante de larves. Ce système ouvert de production, bien qu'il soit plus complexe, présente de nombreux avantages en termes de rendement, de répliquabilité et d'absence d'utilisation d'antibiotiques.

En plus des améliorations mentionnées précédemment, il est nécessaire de s'assurer la reproductibilité des résultats avant de pouvoir évaluer la faisabilité économique de mettre en place une éclosérie d'huître. Toutefois, la production de plus de 100 000 naissains est un résultat encourageant et constitue une avancée significative vers la sécurisation de l'approvisionnement en naissains et la mise en place d'une filière ostréicole durable en Nouvelle-Calédonie.

Partie 4 : Essai de grossissement du naissain produit en éclosion

1. Introduction

Au cours du deuxième semestre 2022, une production d'environ 100 000 naissains d'huîtres de roche d'une taille moyenne de 8 mm a été réalisée en éclosion. Ces naissains ont bénéficié aux porteurs de projet du Nord et à l'Huître d'Arembo, tout en permettant d'initier des essais de grossissement dans le cadre du programme PROTEGE. Cet essai a été réalisé en collaboration avec les services techniques des Provinces Nord et Sud, les porteurs de projets du Nord et le CTA.

L'objectif de cette étude est d'évaluer le potentiel de croissance des huîtres de roche produites en éclosion sur des sites présentant différentes caractéristiques environnementales. Permettant à terme de déterminer les conditions les plus favorables à leur développement et d'identifier les zones les plus adaptées à l'élevage de cette espèce. Ces travaux doivent ainsi contribuer à la recherche de solutions pour assurer un développement durable de la filière ostréicole en Nouvelle-Calédonie.

2. Matériel et méthode :

2.1. Sites de grossissement :

7 sites présentant des caractéristiques environnementales différentes (localisation, exposition, nutriment et brassage) ont été sélectionnés.

Tableau 7 : Caractéristiques des sites de grossissement

Province	Site	Milieu	Caractéristiques*		Responsables
			Nutriment	Brassage	
Sud	SASV	Bassin géniteur crevette	5	1	CTA
	SASV	Fond de Baie	4	4	CTA
	FAO*	Canal d'amené d'eau	3	4	C. Canel, CTA
	Ouatom	Bord de mer côtier	2	3	N. Poiroi, CTA
Nord	Foué	Bord de mer côtier (Ouest)	2	3	E. Pourouda, PN
	Aérodrome de Touho	Bord de mer côtier (Est)	2	3	MR. Pabouty, PN
	Baie du Vieux Touho	Fond de baie (Est)	2	2	F. Kolélé, PN

* Canal d'amené d'eau en période de production et milieu naturel en période d'assec

2.2. Matériel :

Pour assurer un suivi comparatif sur les différents sites il est nécessaire de débiter le grossissement avec un lot d'animaux de taille comparable et appartenant à la même famille. Le choix s'est donc porté sur l'essai n°2 d'éclosion qui a permis de produire un peu plus de 87 000 naissains.

Le lot de tête (>4mm) a été sélectionné pour cet essai car ce sont des individus qui ont grossi correctement jusqu'à présent et dont le nombre est suffisant pour l'essai.

Chaque site de grossissement dispose du kit de matériel suivant :

- 1 lot de 2500 naissains de même taille issu de l'essai 2022-02 en éclosion
- 1 panier - maille 3mm
- 4 paniers - maille 6mm
- 10 paniers - maille 10mm
- 26 paniers - maille 20mm

Remarque : Les paniers initialement commandés pour suivre le grossissement du naissain d'huître issu du captage naturel ont été réalloués aux essais de grossissement du naissain issu de la production en éclosion.

2.3. Protocole :

- Les paniers sont suspendus sur des filières en zone de marnage à l'exception des lots en bassin et dans le canal d'amené d'eau de la ferme qui sont suspendus à des pontons.
- Les paniers sont brossés au moins une fois par semaine avec contrôle des prédateurs
- Une fois par mois les animaux sont mesurés, pesés et la mortalité évaluée.
- Les huîtres boudeuses sont éliminées

3. Résultats :

Les croissances observées sur les différents sites montrent une variabilité en fonction des milieux et des saisons et restent pour le moment difficilement interprétable. Pour le moment, les meilleures croissances sont observées sur site le de Foué avec une longueur moyenne de 21mm après 260 jours d'élevage. Les sites FAO, SASV baie et SASV bassin présentent des croissances similaires d'environ 19 mm après 275 jours d'élevage. Les deux sites Bieux Touho et Ouatom obtiennent les moins bonnes croissances avec des longueurs moyennes de 16mm après 280 jours d'élevage.

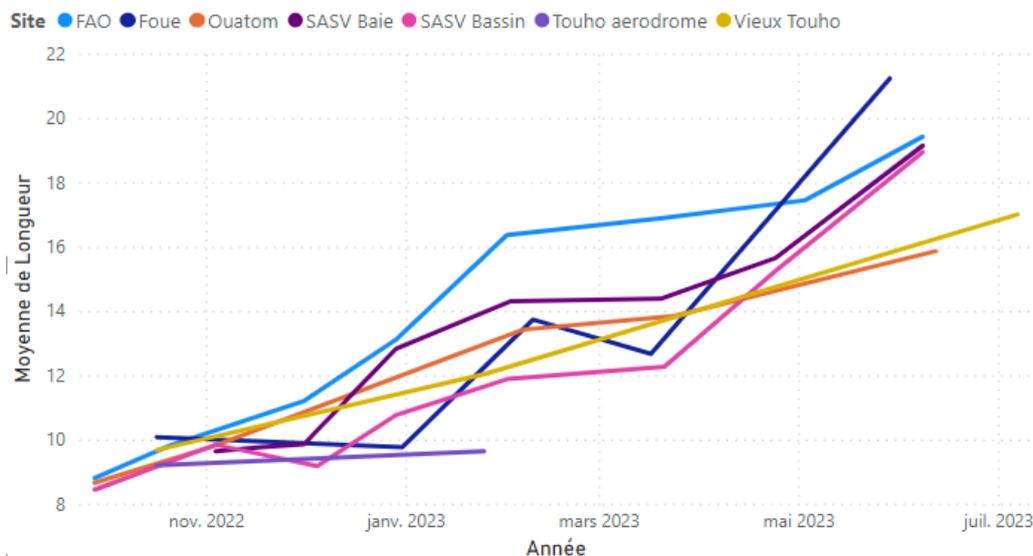


Figure 19 : Croissance des huîtres pour les différents sites de grossissement

Globalement les naissains présentent une faible croissance et une forte dispersion. De fortes mortalités ont également été observées sur la majorité des sites allant de 30 à 80%.

Ces mauvaises performances pourraient être en partie expliquées par un facteur génétique, le lot étant issu d'un seul croisement bi-parental. Un possible stress lors du pré-grossissement suite à un stockage trop long en micro-nurserie et une forte densité en nurserie associée à un apport insuffisant de nutriments.

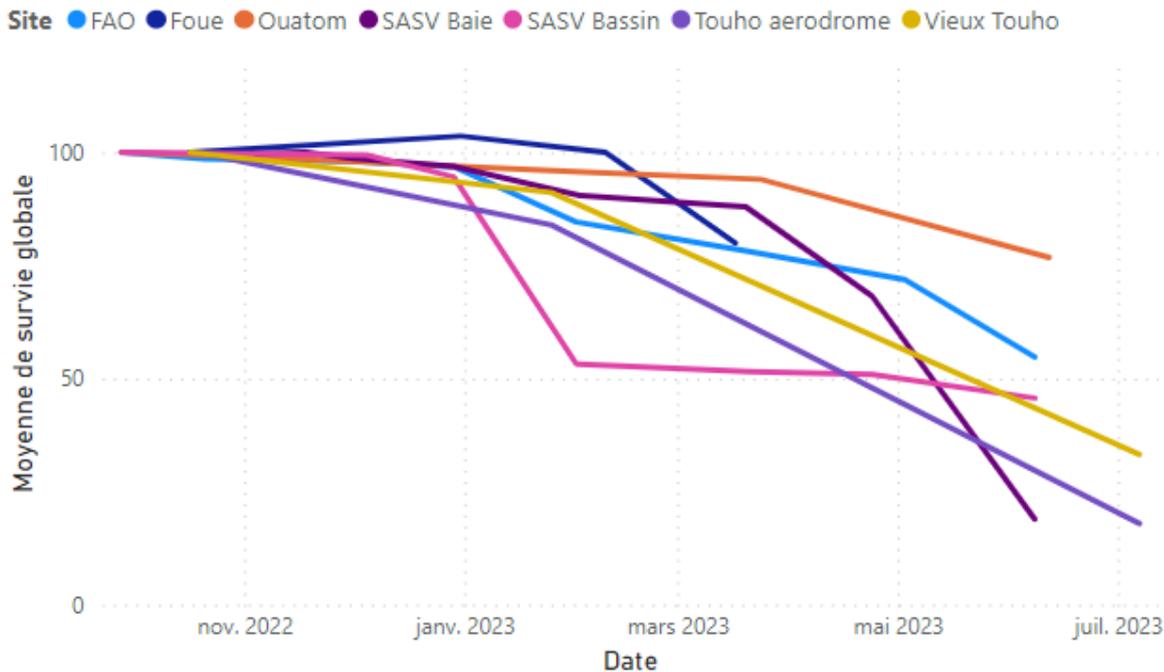


Figure 20 : Survie des huîtres pour les différents sites de grossissement

4. Conclusion:

L'expérimentation est toujours en cours et pourrait se poursuivre jusqu'en 2025. En effet le temps de croissance moyen observé en Australie, pour atteindre une taille commercialisable de 7cm sur la même espèce est généralement de 28 mois.

Cependant, des questions se posent concernant la qualité des naissains en raison des fortes mortalités constatées et des performances de croissance encore modestes. Les échanges avec l'Institut Cawthron en octobre 2022 ont confirmées que des erreurs ont été commises dans le processus d'optimisation de la croissance en micro-nurserie et en nurserie. Bien que cela soit préjudiciable à l'expérimentation en cours, des pistes d'amélioration pour perfectionner les prochains essais ont pu être identifiées parmi lesquelles un brassage génétique plus important.

Partie 5: Collaborations et formations

1. Workshop Huitres tropicales

En Juin 2022 un Workshop a été organisé à la Station Aquacole de St Vincent à l'initiative de Guillaume Mitta, Responsable Ressources Marines en Polynésie Française pour IFREMER, avec pour thème « l'Huitre tropical ». Ce Workshop s'est tenu sur deux jours et a réuni des agents de la DRM de tahiti, Ifremer Polynésie, CTA, Ifremer Nouvelle-Calédonie, Province Nord, CPS, des porteurs de projet Calédoniens et un animateur Aquaculture et pêche de Wallis et Futuna. Plusieurs présentations ont été réalisés sur les travaux en cours des différents Territoires. Ce workshop a été l'occasion d'échanger sur des problématiques communes et des potentialité de travaux communs.



Image 24 : Visite des installations du CTA

2. Echanges et formation à l'institut Cawthron

Grâce à Jamie Whitford de la section aquaculture de la CPS, des échanges ont été initiés avec Julien Vignier chercheur à l'institut Cawthron. Grâce à ces échanges un projet financé par le Fonds Pacifique a été réalisé permettant entre autre d'équiper le CTA de CUDLS (Cawthron Ultra Density Larval System). Les autres équipements dédiés à la mise en œuvre de l'outil ont été cofinancé par PROTEGE.



Image 25 : Cawthron Aquaculture Park

Ce projet incluait également la formation de 2 personnes en Octobre 2022 à Nelson au CAP (Cawthron Aquaculture Park) durant 3 semaines pendant la saison de production et une mission de 3 semaines de Julien Vignier chercheur au CAP en Avril 2023 sur le site de la SASV.

Julien Vignier a réalisé 2 essais de production avec l'équipe du CTA. Ces 2 essais n'ont malheureusement pas aboutis à la production de naissains. Des problèmes techniques ont été rencontrés et seront traités dans un autre paragraphe.



Image 26 : Salle larvaire de l'institut Cawthron

Malgré cela les échanges réalisés en Nouvelle-Zélande et en Nouvelle-Calédonie ont été très enrichissant et ont permis d'améliorer les protocoles en place et de relever les erreurs commises lors des premières productions.

De plus une volonté commune persiste de poursuivre les échanges et collaborations entre les deux centres et devrait aboutir à la co-construction de nouveaux projets.

3. International Rock Oyster workshop 2023

Par l'intermédiaire de Julien Vignier et de la CPS, le responsable éclosionnerie du CTA a été invité à participer au Workshop international de l'huître de roche à Darwin qui s'est déroulé du 28 Mai au 29 Mai 2023. Ce déplacement a également été financé par le Fonds Pacifique et une *présentation des différents travaux exposés dans ce document a été réalisée*. Cette conférence a permis d'échanger avec de nombreuses personnes issus du monde ostréicole et de mesurer le potentiel et l'angoumant pour cette espèce à travers le Pacifique. Des membres de la Direction des ressources marines de Tahiti (DRM) et l'équipe d'Ifremer Polynésie, étaient également présent, ce qui a permis de renforcer les liens créés entre les deux territoires et de futures collaborations sont en cours d'élaboration.



Image 27 Darwin convention center

4. World Aquaculture 2023

La conférence mondiale de l'aquaculture 2023 s'est également déroulée à Darwin du 29 Mai au 1^{er} Juin 2023. Elle a permis de nombreuses rencontres, prises de contacts et les présentations ont été profitables et feront l'objet d'un compte-rendu de mission pour partager les connaissances acquises.

5. Identification des espèces présentes en Nouvelle-Calédonie

Une collaboration a débuté avec Julien Delorgerie chercheur Ifremer à la SASV, pour identifier génétiquement les différentes espèces présentes sur le territoire. Dans un premier temps ces échantillonnages vont se concentrer sur les huîtres captées avec les collecteurs mis en place sur les sites retenus pour notre projet. Cependant si les institutions et partenaires soutiennent cette initiative réalisée pour le moment sans budget dédié, les échantillonnages pourront être étendus plus largement pour cartographier la répartition des espèces en Nouvelle-Calédonie. Les premières analyses PCR ont montré 6 espèces différentes uniquement sur le site de la baie de St Vincent. Les indentifications génétiques n'ont pas encore été réalisées mais ces résultats sont encourageant et ouvrent des perspectives sur l'exploitation de plusieurs espèces pouvant s'adapter à différents milieux et offrant l'opportunité d'une diversification de l'offre sur le marché calédonien.

Conclusion

L'important soutien de PROTEGE sur le projet du développement de l'ostréiculture en Nouvelle-Calédoni a permis de poursuivre les travaux initiés au CDTAM. Sans ce soutien du programme Européen, les travaux n'auraient sans doute pas pu être poursuivis. Malgré un démarrage fortement impacté par la crise sanitaire et le phénomène météorologique La Niña durant trois années, le travail effectué a permis aux équipes du CTA d'acquérir de nouvelles compétences sur les différentes disciplines que comporte l'ostréiculture.

Le suivi gonadique a permis de mettre en lumière les nombreuses pontes successives étalées sur 5 à 7 mois de l'année chez l'huitre de Roche et donc un schéma de reproduction totalement différent de celui de l'huitre creuse avec des pontes massives uniquement pendant les 4 mois d'été. Cette spécificité met en évidence le besoin de mettre en place une zone de maturation pour les besoins de l'écloserie. Cela permettra d'améliorer la qualité mais aussi la quantité d'œufs disponibles pour les reproductions.

Les observations de collectes de naissains dans le milieu naturel sont très aléatoires et même si des voies d'améliorations sont à l'essai ces résultats mettent en lumière le besoin d'une production en écloserie pour fiabiliser et pérenniser les approvisionnements.

Les premiers essais d'élevages larvaires ont permis de démontrer que la production de naissains était possible mais nécessite des prérequis indispensables comme : une bonne qualité d'eau, d'algues et une maturation des géniteurs maîtrisée. Les résultats obtenus sont perfectibles mais ils restent très encourageants et de nombreuses voies d'améliorations sont envisagées.

Le premier essai de grossissement a révélé les erreurs commises sur les phases de pré-grossissement. Certaines sont liées aux matériels sous dimensionnés et d'autres à des méthodes inadaptées. Cependant les problèmes ont été identifiés et des solutions trouvées grâce aux conseils de nos collaborateurs plus expérimentés et seront rectifiés pour les prochaines productions.

L'ostréiculture des espèces locales ouvre la voie d'un changement de modèle d'aquaculture qui était jusqu'à présent monospécifique avec la crevette, vers des modèles multitrophiques qui pourront optimiser les rendements de production tout en diminuant les impacts sur l'environnement. Des associations crevettes, picots, huîtres et macroalgues pourraient être envisagées pour maximiser la transformation des rejets azotés en produit de la mer à forte valeur nutritionnelle. L'ostréiculture allie également respect de l'environnement et bienfait sociétal avec la possibilité de créer des parcs ostréicoles à échelle artisanale/familiale.

La somme de ces 3 années de travail a suscité un engouement unanime auprès des Provinces et des professionnels du secteur aquacole. Même si beaucoup reste à faire, la résolution des problèmes techniques rencontrés a été grandement simplifiée par les communications établies avec différents organismes extérieurs. Les collaborations régionales et internationales développées pendant ce projet ont permis un échange de compétences inédit pour les travaux du CTA. Un projet associant l'Institut Cawthron, Ifremer, la DRM et la Technopole devrait être déposé prochainement aux Fonds Pacifique et des projets associant d'autres pays du Pacifique Sud sont déjà envisagés.

Références

Hallström, E., Bergman, K., Mifflin, K., Parker, R., Tyedmers, P., Troell, M., & Ziegler, F. (2019). Combined climate and nutritional performance of seafoods. *Journal of Cleaner Production*, 230, 402–411. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.229>

Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., Little, D. C., Lubchenco, J., Shumway, S. E., & Troell, M. (2021). A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 591(7851), 551–563. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6>

Golden, C. D., Koehn, J. Z., Shepon, A., Passarelli, S., Free, C. M., Viana, D. F., Matthey, H., Eurich, J. G., Gephart, J. A., Fluet-Chouinard, E., Nyboer, E. A., Lynch, A. J., Kjellefold, M., Bromage, S., Charlebois, P., Barange, M., Vannuccini, S., Cao, L., Kleisner, K. M., ... Thilsted, S. H. (2021). Aquatic foods to nourish nations. *Nature*, 598(7880), 315–320. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03917-1>

Bodoy Alain, Morin Jocelyne (2002). Programme ZONECO. Les populations d'huitres en Nouvelle Calédonie : Echantillonnage de stocks naturels exploités, ostréiculture. Rapport de mission en Nouvelle Calédonie, du 25 avril au 16 mai 2001 .