MILLOT Maxime

Zoneco 2013-2014

Rapport de stage

le cnam intechmer
Institut national des sciences et techniques de la mer

Holothuries :

Mise en place et validation des structures expérimentales du projet HOBICAL et test de co-culture avec le poisson *S. lineatus.*

Maîtres de stage : Sébastien Hochard et Hugues Lemonnier

ADECAL TECHNOPOLE NOUVELLE-CALÉDONIE

ZONÉCO NOUVELLE-CALÉDONIE

Ifremer

SEA Société d'Élevage Aquacole de la Ouenghi Nouvelle-Calédonie

Remerciements :

Je tiens tout d'abord à remercier mon maître de stage Sébastien Hochard et mon co-encadrant Hugues Lemonnier pour m'avoir permis d'effectuer ce stage et de découvrir la Nouvelle-Calédonie.

Un grand merci à toutes les équipes du CTA, de l'Ifremer et de la SEA pour leur aide précieuse durant cette période ainsi qu'au patron de la FAMB John Khun.

Merci à Henry Michaud dit l'ancien et Florence Royer pour leur soutien à toute épreuve et leur bonne humeur durant ces quatre mois.

Je tiens aussi à remercier tous les stagiaires présents sur le site de Saint-Vincent pour les moments inoubliables que nous avons vécus ensemble.

Je souhaite remercier monsieur Flavien Schembri-Le-surmur sans qui ce stage n'aurai jamais eu lieu.

Pour finir je souhaite remercier ma famille et tout particulièrement mes parents, qui ont toujours été là pour moi et m'ont permis de vivre cette expérience unique.

SOMMAIRE :

Introduction générale

1. **Présentation espèce**
2. **Contexte général**
3. **Déroulement du stage**

PARTIE 1 : Mise en place et validation du projet HOBICAL

I. Introduction

1. **Contexte local**
2. **Contexte scientifiques et objectifs de stage**

II. Matériels et méthodes

1. **Mise en place des structures et du matériel expérimental**
   - *a) Structures expérimentales*
     - *(i) Les mésocosmes*
     - *(ii) Les enclos*
   - *b) Matériel expérimental*
2. **Validation des structures et du matériel expérimental**
   - *a) Les mésocosmes : test d'homogénéité*
   - *b) Les enclos de la SEA : test de pré-ensemencement*
   - *c) Les enclos de la FAMB de Pouembout : cartographie de la zone*
3. **Variables et flux de mesures**
   - *a) Variables dans la colonne d'eau*
   - *b) Variables sédimentaires*
   - *c) Méthode de calculs*

III. Résultats

1. Mésocosmes : état zéro et test d'homogénéité
2. Enclos SEA : test de pré-ensemencement
3. Enclos FAMB : Cartographie de la zone

IV. Discussion

1. Homogénéité des mésocosmes
2. Expérience prédation
3. Cartographie FAMB

V. Conclusion

PARTIE 2 : Test de co-culture avec le poisson *S.lineatus*

I. Introduction

1. Contexte
2. Objectifs

II. Matériels et Méthodes

1. Description et mise en place de la structure expérimentale
2. Zootechnie

III. Résultats

IV. Discussion

V. Conclusion

Bibliographie

Annexes

Résumé

Introduction générale

1. Présentation espèce

L'holothurie de sable *Holothuria scabra*, appelée communément « biche de mer » (Fig. 1 et 2), est un échinoderme fouisseur qui vit naturellement dans toute la zone Indopacifique. Elle se trouve notamment dans toutes les zones côtières peu profondes avec un sédiment de type sablo-vaseux. Ces holothuries jouent un rôle important dans le maintien et l'équilibre des écosystèmes des côtes tropicales puisqu'elles s'alimentent de la matière organique contenue dans le sédiment (provenant de fèces, cadavres ou d'apports exogènes) et améliorent donc la qualité de l'environnement.

Figure 1 : juvéniles de *H.scabra*

Figure 2 : *H.scabra* adulte

2. Contexte général

Dans le monde, elle est consommée majoritairement en Asie où elle est considérée depuis toujours comme un met impérial ayant des vertus médicinales ; elle fait partie des 8 plats impériaux de la mer. C'est donc un plat de luxe auquel les nouvelles classes moyennes chinoises et sud-coréennes veulent avoir accès (Chen J., 2004). Ainsi la demande asiatique en holothuries augmente proportionnellement avec l'accroissement de sa population et notamment avec la hausse de leur niveau de vie. La pression de pêche sur les stocks naturels s'est donc accrue, entraînant une surexploitation de la ressource (Purcell et al., 2012). Les populations de *H. scabra* dans le monde ont chuté de manière importante au cours de ces trente dernières années (Purcell et al., 2008).

L'offre de la pêche est donc de plus en plus limitée du fait de sa raréfaction et semble avoir atteint un palier (Fig. 3). A l'inverse, la demande est toujours plus importante et semble insatiable ; ce qui a pour conséquence une augmentation constante du prix des holothuries à l'export rendant ainsi les perspectives d'aquaculture attractives (Agudo, 2007).

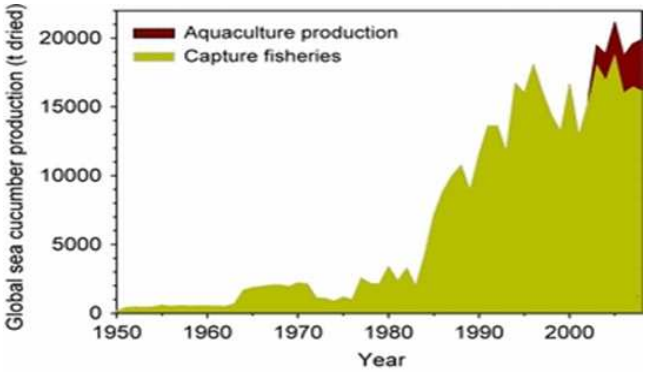


Figure 3 : évolution des tonnages de captures issues de la pêche et de la production aquacole (en tonnes de produit sec) entre 1950 et 2010

Le fort prix à l'export de cette holothurie ainsi que son potentiel effet bio-remédiateur du milieu en fait un candidat intéressant pour la production aquacole.

Ce contexte socio-économique est donc extrêmement intéressant pour la filière aquacole calédonienne, qui pourrait, grâce à ce produit s'insérer dans un nouveau marché et répondre à une demande croissante, tout en offrant une alternative à la pêche.

3. Déroulement du stage

Deux axes de travail ont été poursuivis lors de ce stage :

- La mise en place et la validation des structures expérimentales du projet de recherche HOBICAL. Ce projet étudie la monoculture de *H. scabra* dans le contexte de la crevetticulture en Nouvelle-Calédonie.

- Un test de co-culture entre *H. scabra* et le poisson *Siganus. lineatus*, Cette dernière est une expérience exploratoire visant à tester la compatibilité de ces espèces dans le cadre de la co-culture en bassin de terre.

PARTIE 1 : MISE EN PLACE EN VALIDATION DES STRUCTURES EXPERIMENTALES DU PROJET HOBICAL

I. Introduction

1. Contexte local

Actuellement, la Nouvelle-Calédonie s'oriente vers une diversification de ses activités aquacoles jusqu'à présent essentiellement basées sur l'élevage de la crevette *Liptopenaeus stylirostris* qui représente la deuxième filière d'exportation après le nikel. En effet, depuis 2005, cette filière rencontre des difficultés économiques d'origine biologique : apparition de pathologies ayant pour conséquence d'importants problèmes de mortalité. Ces épizooties ont ainsi un fort impact sur les rendements (baisse générale de la production/productivité) et donc sur la rentabilité des fermes aquacoles (Harache et Herbland, 2004). Afin d'apporter une aide à la filière, l'IFREMER cherche à déterminer les causes de l'apparition de ces vibrioses durant l'élevage afin d'en limiter les impacts.
L'enrichissement organique précoce des milieux et leur dégradation sont décrits comme des facteurs de risque pour le déclenchement et l'intensité de ces maladies.
Le potentiel effet bio-remédiateur de l'holothurie sur le milieu mais aussi son prix fort à l'export en font un candidat intéressant pour la production aquacole sur ce Territoire.
C'est sur la base de ces perspectives que la Société d'Elevage Aquacole (Fig. 4) a été créée en 2010, avec l'objectif affiché de maîtriser la reproduction de *H. scabra* et d'explorer les différents modes d'élevage envisageable. Si la SEA a su mener à bien la mise au point du cycle larvaire et de prégrossissement, les essais de grossissement en bassin, en enclos et en sea ranching on été conduits avec un soutien fort des collectivités provinciales.

Figure 4 : Vue d'ensemble de la SEA (source SEA)

Cette entreprise maîtrise aujourd'hui la reproduction en ecloserie de *H.scabra* et produit annuellement 450 000 juvéniles de 2 g sur 3 cycles.

Toutefois, la phase du grossissement suscite un grand nombre d'interrogations et le mode d'élevage qui offre les meilleurs résultats de croissance et de survie à des coûts de production acceptables restent à identifier et font encore l'objet de plusieurs études de faisabilité technico-économiques sur l'ensemble du territoire calédonien.

Des essais de polyculture directe réalisés entre *L. stylirostris* et les biches de mer se sont avérés impossibles ; les crevettes blessent les holothuries de par leur activité, entraînant leur mort de ces dernières. De plus, son élevage à une durée relativement longue (18 à 24 mois contre 6 mois pour les crevettes) et monopolise donc des bassins en monoculture.

2. Contexte scientifique et objectifs de stage

Conformément à son objectif principal de conduire toute étude visant à favoriser l'exploitation et la gestion durable des ressources marines de Nouvelle-Calédonie, le programme ZoNéCo, hébergé au sein de l'Agence pour le Développement économique de la Nouvelle-Calédonie (ADECAL) , finance le projet HOBICAL. Cette opération scientifique à vocation appliquée, fait partie intégrante de la programmation 2013-2014 du programme ZoNéCO et à pour vocation d'apporter des éléments de connaissances zootechniques de *H scabra*, de mieux préciser son mode d'alimentation et par conséquent son action sur le sédiment.
En effet, l'holothurie *scabra* est bien adaptée à l'élevage en bassins de crevette (Purcell et al., 2012). De plus, son régime alimentaire pourrait participer à la bio-remédiation des sols dans les bassins crevetticoles ou à proximité de leurs effluents (Slater et Carton., 2009 ; Ren et al., 2010).

Ainsi, deux axes majeurs seront étudiés dans le cadre de ce projet scientifique (Annexe1) :

- le premier axe concerne **la culture en alternance** entre *L. stylirostris* et *H. scabra* :

Cet axe de recherche a pour but de déterminer si un élevage d'holothuries dans un bassin crevetticole entre deux cycles de production permettrait de « bio-remédier » le milieu ainsi que d'améliorer la productivité du bassin et donc d'augmenter les rendements sur les cycles suivants d'élevage de crevettes.

- Le second axe concerne **la culture en cascade** entre ces deux mêmes espèces :

L'objectif visé par cet axe est de limiter l'impact des effluents des bassins sur l'environnement littoral en élevant des holothuries dans la zone impactée par les rejets.
Les résultats attendus sur deux ans sont tout d'abord une meilleure connaissance de l'animal en lui-même ainsi que la mise en place d'une base zootechnique fiable (croissance-survie-nutrition) mais aussi de déterminer précisément son impact sur l'environnement et sa capacité à bio-remédier un milieu.

Ce stage s'inscrit dans le lancement du projet Hobical et a pour but la mise en place et la validation des structures expérimentales de trois expériences distinctes.

- Les deux premières expériences s'inscrivent dans le cadre de la culture en alternance :

Une première étudie la bioremédiation des sédiments par les holothuries en fonction de la densité en animaux et de leur nutrition. Cette expérience nécessite l'utilisation de mésocosmes où il faudra recréer des milieux homogènes entre eux et représentatifs des bassins d'élevage en terre.
Une étude environnementale avec du matériel expérimental adapté sera réalisée pour confirmer leur homogénéité et leur similitude avec les bassins.
La deuxième a pour but d'établir une base zootechnique en fonction de la densité et de la nutrition. Celle-ci nécessite la construction d'enclos dans un bassin de terre afin d'avoir une plus grande surface que les mésocosmes. Cela permet de travailler avec un plus grand nombre d'animaux et dans des conditions plus proches des élevages en bassin en terre.

- Une troisième expérience s'inscrit dans le cadre de la culture en cascade (axe 2 Hobical) :

Le but est de cartographier la zone impactée par les effluents et une zone témoin autour d'une ferme aquacole, tout en choisissant les zones répondants aux objectifs scientifiques et aux contraintes zootechniques pour la construction d'enclos.

Ce stage, d'une durée de 4 mois, s'est effectué sous la direction de l'ADECAL Technopole, dans le cadre du programme ZoNéCo. Il s'est déroulé à Bouloupari, sur le site du Centre Technique Aquacole de Saint Vincent (Centre technique de l'ADECAL technopole) en étroite collaboration avec les équipes de l'Ifremer et avec le soutien de la SEA et de la FAMB

II. Matériels et Méthodes

1. Mise en place des structures et du matériel expérimental

a) *Les structures expérimentales*

Le projet Hobical utilise plusieurs types de structures expérimentales en fonction de ses actions. Ces structures ont été fabriquées ou modifiées afin de répondre aux nécessités de chacune des expérimentations.

(i) *Les mésocosmes :*

Figure 5 : mésocosmes

Figure 6 : zone expérimentale

Les mésocosmes sont des milieux indépendants et semi-contrôlés qui permettent de réguler les paramètres environnementaux (renouvellement, oxygène, température, salinité) et zootechniques afin d'étudier indépendamment différents paramètres ou leurs combinaisons selon les expérimentations.

La zone expérimentale de Saint Vincent comporte 16 mésocosmes (1,72 m² pour 1600 L) qui fonctionnent en circuit ouvert (Fig. 5 et 6). Ils sont alimentés en eau de mer filtrée avec un renouvellement continu de 30% par jour. L'eau provient de la réserve du site et est évacuée par une sur verse centrale vers la mangrove. Ils sont numérotés de 1601 à 1616 (annexe 2).

Ils seront utilisés dans le cadre du premier axe d'Hobical qui concerne la culture en alternance. Un fond de bassin en fin d'élevage doit y être reproduit afin de déterminer l'effet bio-remédiateur des holothuries.

Ainsi, ces mésocosmes ont été reconditionnés (vidés des sédiments des anciennes expériences, nettoyés et laissés en assec), puis remplis avec du sédiment provenant d'une couche de 5 à 10 cm prélevée dans un bassin d'élevage semi-intensif, trois semaines après sa pêche finale (Fig. 7). Le sédiment prélevé a été mélangé puis réparti dans les 16 mésocosmes afin d'obtenir une couche homogène d'environ 20 cm par bac. Ce sédiment est caractéristique d'un sédiment de fond de bassin en fin d'élevage (noir, odorant et collant).

Figure 7 : Bassin durant l'assec

Une fois cette opération réalisée, les mésocosmes ont été remplis d'eau de mer renouvelée de 30% par jour pendant un mois avant ensemencement des animaux.

(ii) Les enclos :

Deux types d'enclos doivent être construits selon un cahier des charges différent, dans le cadre de la mise en place du projet Hobical.

➔ Enclos SEA

Figure 8 : construction de 18 enclos de 50m²

Dix-huit enclos de 50 m² ont été construits dans un bassin de 3 ha appartenant à la SEA (Fig. 8). Ces enclos sont destinés à une expérimentation zootechnique de 6 mois. Ils ne sont pas exposés aux aléas climatiques ni aux marées ; ainsi ces derniers ont été conçus de façon à minimiser le matériel nécessaire à leur construction et donc leur coût. La méthode de construction suivie nous a été indiquée par le chef de production de la SEA, M. Laurent Burgy. Elle consiste à planter onze piquets en acier pré-peints (h = 1.65 m) en cercle à l'aide d'un piquet central et d'une corde d'une longueur de 4 mètres. Le Netlon® (grillage PVC sous forme de rouleau de 25 m) est ensuite progressivement déroulé autour du cercle. Enfin, il est fixé solidement aux piquets grâce à de la corde ou du gros nylon (Fig. 9) avant d'être raccordé à ses deux extrémités (Fig. 10).

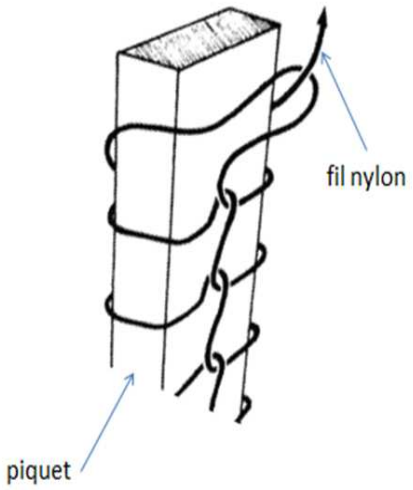


Figure 9 : Couture reliant le grillage PVC à un piquet

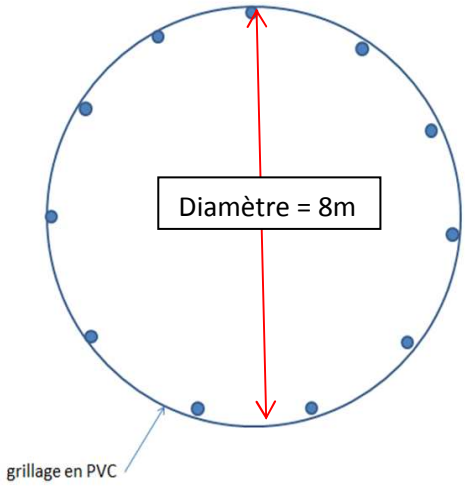


Figure 10 : Vue aérienne d'un enclos finit

Une attention toute particulière a été portée à l'enfouissement du grillage dans le sédiment. En effet, le grillage constitue la seule barrière entre les animaux et l'extérieur. Il ne faut donc pas laisser d'espacements entre le sol et le bas du grillage afin d'éviter une éventuelle fuite des animaux, mais aussi de limiter l'entrée de prédateurs (crabes-poissons).

➔ Enclos FAMB

Six enclos doivent être installés en mer ouverte devant la FAMB de Pouembout. Ils seront donc exposés aux aléas climatiques et à la force des courants et des marées. De plus, leur durée de vie doit être longue, l'expérimentation sur la culture en cascade devant durer 18 mois.

Il a donc été nécessaire de coudre de la toile ombrière à la base du Netlon afin que celle-ci puisse être entièrement enfouie et apporte un maximum de solidité et de sécurité (Fig. 11). Cette méthode évite aussi le creusement dû aux courants le long des enclos.

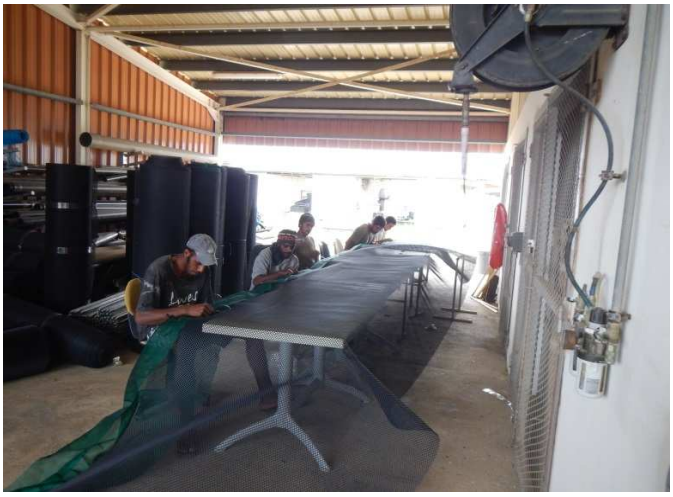


Figure 11 : Couture du netlon à la toile ombrière

Pour réaliser 6 enclos de 200 m², du netlon de 1.63 m de hauteur est utilisé ainsi que des piquets en galva de 2.7 m pour une plus grande longévité. En tout, 300 mètres de couture nylon a dû être réalisée à la main pour la construction de ceux-ci.

Toutefois, ces enclos étant sur le Domaine Publique Maritime (DPM), leur installation nécessite au préalable une demande d'autorisation aux autorités publiques et une communication auprès des populations et des pêcheurs locaux. Une conférence à la mairie de Pouembout a donc été organisée et des panneaux d'indication doivent être placés autour des enclos et devant les mises à l'eau environnantes (annexe 3).
La réunion publique n'a pu être fixée avant le 12 Juin 2014 pour cause de période électorale et la finalisation de la construction des enclos est prévue pour le 26 Juin de cette même année (marée favorable).

Tableau 1: Comparaison des deux types d'enclos

Enclos SEA	Enclos Pouembout
Site : abrité - bassin d'élevage Durée expérience : 6 mois Surface : 50m² But : établir une base zootechnique de l'élevage des holothuries (densité-nutrition-survie)	Site : exposé - mer ouverte Durée expérience : 18 mois Surface : 200m² But : déterminer l'effet de l'holothurie sur un environnement côtier sous influence d'effluents crevetticoles

b) Le matériel expérimental

Afin de définir l'état zéro initial des mésocosmes, du matériel expérimental a dû être construit. Il doit permettre de caractériser l'évolution du métabolisme par le suivi des flux d'O2 au sein d'un système.
Il s'agit d'une méthode d'incubation non-intrusive permettant de conserver le milieu intact (sans prélèvement), d'où son utilisation dans les mésocosmes.

Les cloches utilisées sont en plexiglas. Elles sont placées sur des embases installées à la surface du sédiment. Elles sont fixées sur celle-ci grâce à un tendeur élastique. Les cloches sont percées en deux endroits afin qu'une pompe de cale assure l'homogénéisation de l'eau à l'intérieur en circuit fermé, en empêchant tout échanges avec l'eau du milieu extérieur. Elles sont aussi équipées de pastilles à

oxygène (optodes) et de fibres optiques permettant de suivre l'évolution des concentrations en oxygène de l'eau emprisonnée.

Deux types de cloches sont utilisés, l'une claire (transparente) l'autre obscure afin de déterminer d'une part la production primaire et d'autre part la respiration à l'interface eau-sédiment.
Deux bouteilles aussi équipées de pastilles à oxygène sont utilisées en parallèle, l'une transparente l'autre obscure. Elles permettent de déterminer respectivement la production primaire et la respiration pélagique.

Figure 12 : Cloches benthiques

2. Validation des structures et du matériel expérimental

a) Mésocosmes : état zéro et test d'homogénéité

Neuf mésocosmes ont été échantillonnés afin de réaliser l'état initial de l'expérience et de vérifier leur homogénéité sur le plan environnemental (bacs 1603-1605-1607-1608-1609-1610-1611-1613-1614).

Variables de la colonne d'eau :

Dans chacun des bacs, le pH de l'eau a été mesuré et 2 litres d'eau de mer ont été prélevés à mi profondeur à l'aide de bouteilles Nalgène. Une fois ramenée au laboratoire, l'eau a été filtrée pour la mesure des variables particulaires (Chlorophylle *a* et Matières en suspension (MES)). Une deuxième série de filtration a été réalisée sur des filtre GF/C 47mm pour récupérer le filtra et analyser les sels nutritifs ($NH_{3,4}^{+}$ et PO_4^{2-}).

Variables sédimentaires :

Dans chacun des bacs, le pH et le potentiel d'oxydo-réduction ont été mesurés en trois points à l'aide d'une sonde enfoncée à une profondeur de 2cm dans le sédiment.
Un carottage (1 cm d'épaisseur, diamètre 2,6 cm) a aussi été réalisé en trois points pour déterminer la quantité de chlorophylle a et un autre pour (2 cm d'épaisseur, diamètre 2,6 cm) le pourcentage de matière organique (%MO) contenu dans le sédiment. Les échantillons de chlorophylle a sont conservés à -80°C avant analyses et les échantillons de MO sont placés directement à l'étuve à 60°C pour séchage.

Flux d'oxygène :

La mesure du métabolisme de la colonne d'eu et du sédiment a été effectuée sur 6 bacs pendant 2 jours consécutifs. Chaque bac était équipé de 2 cloches benthiques et de deux bouteilles d'incubation (une claire et une obscure) afin de mesurer la production primaire et la respiration du système (Fig. 13). L'évolution de la concentration en oxygène a été suivie toutes les heures et les incubations ont été arrêtées après qu'une variation de 30% de l'oxygène fut mesurée.

Figure 13 : Cloches benthiques claire et obscure

b) Enclos SEA : Test de pré-ensemencement

Une fois la construction des 18 enclos achevée dans le bassin de la SEA, une forte apparition de crabes à pinces bleues *Thalamita crenata* a été observée au bord du bassin et à l'intérieur des enclos (Fig. 14). Cette colonisation s'expliquerait par un apport massif de larves de cette espèce lors du remplissage du bassin avec de l'eau prélevée dans une zone de mangrove.

Figure 14 : Crabe Thalamita crenata

D'après Tsiresy et al. (2011) et comme observé à Madagascar, il s'agirait d'un prédateur des holothuries et notamment des juvéniles. Ainsi, la présence massive de crabes (environ 3/m²) pourrait fausser entièrement cette expérience, voir l'annuler du fait de la disparition totale des juvéniles suite à la prédation. Un budget conséquent ayant été utilisé pour la construction des enclos, cette expérience ne pouvait pas démarrer sans un pré-test d'ensemencement afin de déterminer l'impact des crabes sur la survie des holothuries.

Ainsi trois bacs (1m x 50cm x 20cm) couverts de toile ombrière ont été utilisés (Fig. 15). Chaque bac contenait 15 holothuries de 15 à 20g, soit la taille équivalente devant initialement être ensemencés dans les enclos. Les bacs étaient couverts d'une toile percée en leur centre de façon à empêcher les juvéniles de s'en échapper et de permettre aux crabes de circuler librement. Ils ont été placés entre le bord du bassin et les enclos.

Figure 15 : Exemple de bac expérimental

Un comptage et une observation de l'état physique des animaux ont été réalisés tous les 2 jours pendant une semaine et demie.

c) Enclos FAMB de Pouembout : Cartographie de la zone

Afin de localiser et de cartographier les zones impactées et non impactées par les effluents de la Ferme Aquacole des Montagnes Blanches située à Pouembout, une campagne de prélèvements a été organisée autour de celle-ci durant les marées basses (Fig. 16).

Figure 16: zone de rejets des effluents sur le site de la FAMB

A l'aide d'un GPS, un état des lieux a été réalisé suivant un quadrillage prédéfini constitué de 22 stations (points jaunes) autour de la ferme (Fig. 17). A chaque station, plusieurs paramètres ont été analysés :

Variables sédimentaires :

A chaque point, un carottage a été réalisé à marée basse afin de déterminer le pourcentage de MO (diam 2,6 cm/prof 2 cm) et le taux de chlorophylle *a* benthique contenu dans le sédiment (diam 2,6 cm/prof 1 cm). Pour chaque variable, trois prélèvements ont été réalisés par station puis poolés en un échantillon. Avant d'être analysés en laboratoire, ces échantillons ont été conservés à -20°C

Variables de la colonne d'eau :

A chaque station, 2 L d'eau de mer ont été prélevés à l'aide de bouteilles Nalgène à marée haute. Une fois ramenée au laboratoire, l'eau a été analysée sur plusieurs paramètres : salinité, pH, fluorescence et turbidité.

Ces paramètres environnementaux ont été utilisés dans l'objectif de créer des cartes de la zone à l'aide du logiciel ARCMAP. Celles-ci doivent permettre de localiser le panache d'effluents et la zone impactée par ceux-ci mais aussi de définir les zones non-impactées.

Figure 17 : Points échantillonnés reportés sur une image satellite (Copyright : Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie)

Parallèlement, des relevés bathymétriques ont été réalisés en bateau à marée haute avec un coefficient connu afin de localiser les zones qui ne découvrent jamais même lors des plus grandes marées.

3. Variables et flux : méthodes de mesures

a) Variables dans la colonne d'eau

La température et la salinité ont été mesurées avec un conductimètre WTW cond 3210. La turbidité a été mesurée avec un réfractomètre TN-100 de marque Eutechs Instruments, la fluorescence avec un fluorimètre Aquafluor de marque Turner et le pH avec un pHmètre WTW pH 315 i.

Les concentrations en oxygène dissous dans les dispositifs d'incubation sont lues grâce à un appareil Fibox 3 de la marque PRESENS. Celui-ci est relié par une fibre optique à une optode située sur la paroi interne des cloches-bouteilles selon la méthode de Warkelin et al. (2007). Une lumière d'excitation à 505 nm est envoyée vers l'optode et une fluorescence supérieure à 600 nm est récupérée sur l'appareil.

L'ammonium a été dosé selon la méthode de Holmes et al. (1999) en utilisant un appareil de fluorescence Trilogy de la marque Turner.

Les phosphates ont été mesurés selon la méthode d'Aminot et al. (2004) par spectrophotométrie en utilisant un Shimadzu UV-1700 à une longueur d'ondes de 885 nm.

La Chlorophylle *a* pélagique a été déterminée par filtration (v = 250 mL) sur des filtres GF/F 25 mm Whatman qui ont été conservés à -80°C avant analyse. Les analyses ont été réalisées avec un fluorimètre Turner TD 700 après extraction avec 7 mL de methanol. Les concentrations en chlorophylle *a* s'expriment en µg/L dans la colonne d'eau.

b) Variables sédimentaires :

Le pH et le potentiel d'oxydo-réduction ont été mesurés à 3 cm de profondeur avec des sondes spécifiques Scientific Instruments IQ160 et CONSORT P901 V3.0 selon la méthode décrite par Hussenot et Martin (1995).

Les échantillons pour le dosage de la chlorophylle *a* benthique ont été lyophilisés. La Chl *a* a ensuite été extraite avec 14 ml de méthanol pendant 30 minutes. Cent µL du surnageant ont été prélevés et dilués dans 7 ml de méthanol avant lecture au fluorimètre ; les valeurs de chlorophylle *a* benthique s'expriment en $mg.m^{-2}$.

Le pourcentage de MO est déterminé par perte aux feux. La quantité de MO a été déduite par différence de poids après une crémation à 350°C pendant 8H selon la méthode de Nelson et al., (1982).

c) Calculs :

La production primaire et la respiration ont été déterminées dans chaque compartiment à partir de l'évolution des concentrations en O2. en utilisant un modèle de type linéaire y = a x + b.

La pente obtenue est prise en compte pour déterminer la production primaire et la respiration selon la méthode de Denis (1999).

Les valeurs sont obtenues grâce aux formules :

$$NPP = (mPcc - Pbfc) * (V / S) *1000$$

$$R = (mPcs - Pbfs) * (V / S) *1000$$

NPP : production primaire nette (µmol /m2 /h)
R : respiration (µmol /m2 /h)
mPcc : moyenne des pentes d'oxygène dans les cloches claires (µmol /l /h)
Pbfc : pente d'oxygène de la bouteille de fond claire (µmol /l /h)
mPcs : moyenne des pentes d'oxygène dans les cloches sombres (µmol /l /h)
Pbfs : pente d'oxygène de la bouteille de fond sombre (µmol /l /h)
V: Volume interne de la cloche (m3)
S : surface embase de la cloche (m^2)

La production primaire brute GPP a été obtenue à partir de la formule suivante :

$$GPP = NPP - R$$

Le statut trophique P/R correspond au rapport entre la production primaire brute et la respiration. Une valeur inférieure à 1 indique que le système est en hétérotrophie, une valeur supérieure à 1 indique que le système est en autotrophie. Il est obtenu grâce à la formule suivante qui tient compte du cycle circadien dont le temps d'éclairement par le soleil nécessaire à la production primaire :

$$P/R = (GPP*12) / (R*24)$$

1. Variables et flux de mesures

a) Variables dans la colonne d'eau

b) Variables sédimentaires

c) Méthode de calculs

III. Résultats

1. Mésocosmes : état zéro et test d'homogénéité

Les mesures des variables de la colonne d'eau (tab. 2) ont montré de faibles variations entre les bacs sur l'ensemble des paramètres.

Les taux d'oxygène relevés dans les bacs sont compris entre 5,6 et 6,4 mg/L, leur moyenne est de 6,0 mg/L. Le pH dans la colonne d'eau a montré des valeurs variant entre 8,2 et 8,4. La moyenne sur les 9 bacs est de 8,3 ± 0,1. Les concentrations en Chl *a* varient de 0,1 à 0,6 µg/L pour une moyenne de 0,2 ± 0,1 µg/L.

Les sels nutritifs ont montré des valeurs faibles. L'ammonium dans la colonne d'eau a varié entre 0,43 et 1,24 µM selon des bacs avec une moyenne de 0,88 ± 0,24 µM. Les phosphates ont montré des valeurs comprises entre 0,04 et 0,11 µM. La moyenne des 9 bacs est de 0,06 ± 0,02 µM.

Tableau 2 : Variables de la colonne d'eau

Bac	O2 (mg/L)	pH	Chl a (µg/L)	$NH_{3,4}^{+}$ (µM)	PO_4^{2-} (µM)
1603	*6,3*	*8,19*	0,1	*1,239*	*0,046*
1605	*6,3*	*8,29*	0,2	*0,992*	*0,050*
1607	*5,8*	*8,29*	0,3	*0,709*	*0,060*
1608	*5,6*	*8,27*	0,6	*0,888*	*0,050*
1609	*6,3*	*8,26*	0,2	*0,736*	*0,050*
1610	*6,2*	*8,32*	0,2	*0,435*	*0,037*
1611	*6,4*	*8,28*	0,2	*1,008*	*0,055*
1613	*6*	*8,25*	0,2	*0,825*	*0,060*
1614	*6,2*	*8,40*	0,2	*1,102*	*0,110*
Moyenne	***6***	***8,28***	***0,2***	***0,882***	***0,058***
Ecart -type	***0***	***0,06***	***0,1***	***0,24***	***0,02***
Valeurs de ref*	***5,5***	***8,4***	***27,4***	***0,2***	***0,5***

*(Petel, M., 2013)

Les mesures sédimentaires réalisées (tab. 3) montrent de faibles variations entre les bacs à l'exception de la chl *a* benthique.

Le pH du sédiment est compris entre 6,4 et 6,9, la moyenne sur tous les bacs est de 6,68 7 ± 0,14. La mesure du potentiel redox a montré des valeurs variant entre 60 et 101 mV. La moyenne sur les neufs bacs est 79 ±14 mV.

La mesure de la chlorophylle *a* benthique varie entre 141 et 284 mg/m², la moyenne est de 184 ± 43 mg/m². Pour finir, le %MO contenu dans le sédiment varie de 2,48 5 à 3,14%. En moyenne sa teneur est de 2,83% ± 0,23 %

Tableau 3 : Variables dans le sédiment

Bac	pH	Redox (mV)	Chl a (mg/m²)	%MO
1603	6,81 (±0,085)	87 (±17)	149,85 (±13,69)	2,61% (±0,47)
1605	6,55 (±0,107)	71 (±8)	155,69 (±46,28)	3,14% (±0,34)
1607	6,4 (±0,079)	84 (±7)	186 (±47,78)	2,94% (±0,59)
1608	6,69 (±0,233)	87 (±20)	159,11 (±37,81)	2,75% (±0,24)
1609	6,64 (±0,100)	63 (±3)	204,93 (±33,73)	3,14% (±0,42)
1610	6,62 (±0,059)	101(±15)	218,02 (±20,66)	2,68% (±0,27)
1611	6,81 (±0,048)	92 (±9)	155,08 (±6,57)	2,63% (±0,35)
1613	6,87 (±0,065)	60 (±5)	141,89 (±29,46)	2,48% (±0,26)
1614	6,70 (±0,021)	65 (±21)	284,89 (±49,18)	3,10% (±0,28)
Moyenne	**6,68**	**78,89**	**183,94**	**2,83%**
Ecart-type	**0,14**	**13,67**	**43,43**	**0,23**
Valeurs de ref*	**6,55**	**65**	**>160**	**2,5 - 3**

*(Petel, M., 2013)

La respiration est similaire dans tous les bacs (Fig. 18). En effet, celle-ci varie entre -2255 et -3728 µM O2/m²/h avec une valeur moyenne de -3062 ± 473 µM O2/m²/h.

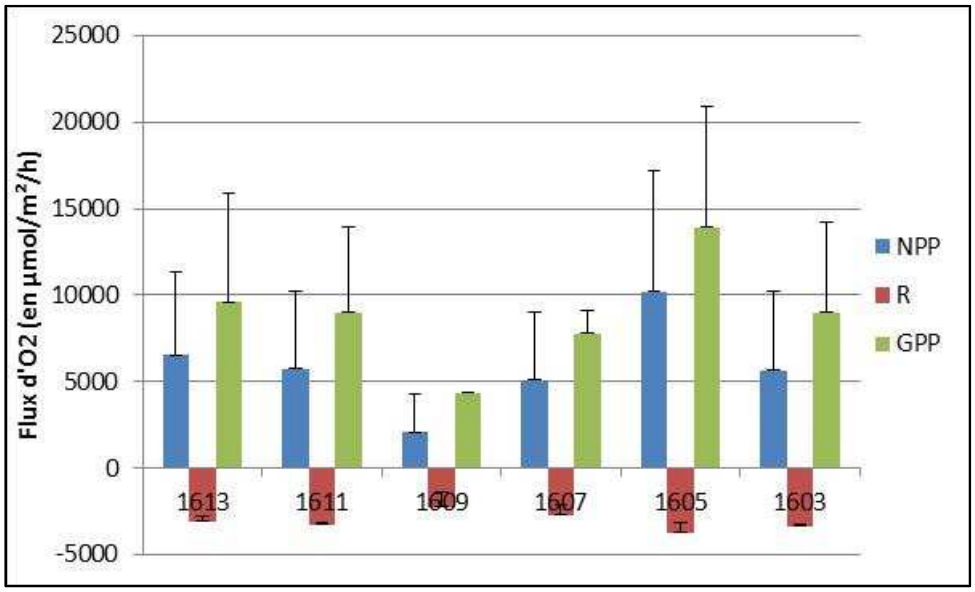


Figure 18 : flux d'oxygène à l'interface eau-sédiment : Production primaire nette (NPP), production primaire brute (GPP) et respiration (R) dans chaque bac (en µmol d'O2/m²/h)

Les valeurs de production primaire nette montrent des écarts relativement importants. Elle oscille entre 2096 et 10208 µM O2/m²/h suivant les bacs pour une valeur moyenne de 5891 ± 2384 µM O2/m²/h. La production primaire brute, quant à elle, varie de 4351 à 13936 µM O2/m²/h. Sa valeur moyenne est de 8953 ± 2821 µM O2/m²/h.

Le statut trophique du sédiment des différents bacs varie de 0.96 (bac 1609) à 1.87 (bac 1605). En moyenne, sur les 6 bacs, la valeur de ce rapport est de 1.43 ± 0.27.

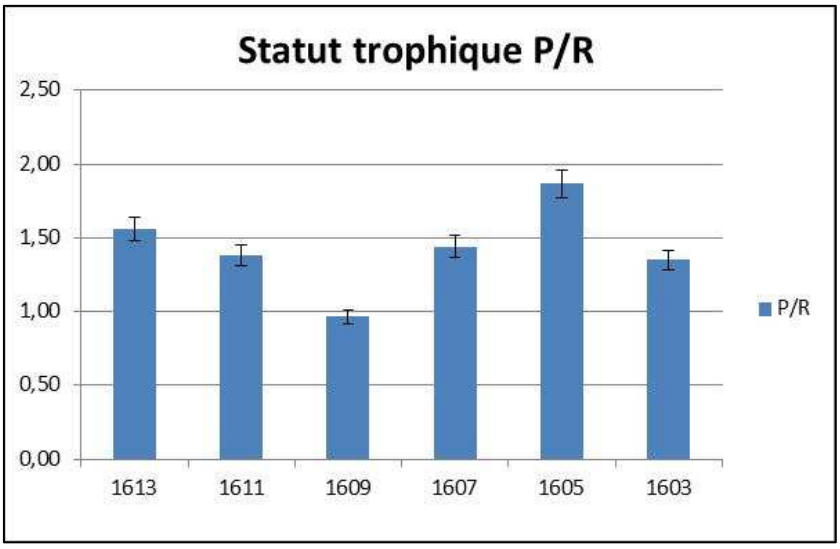


Figure 19 : Statut trophique des 6 bacs analysés

2. Enclos SEA : Test de pré-ensemencement

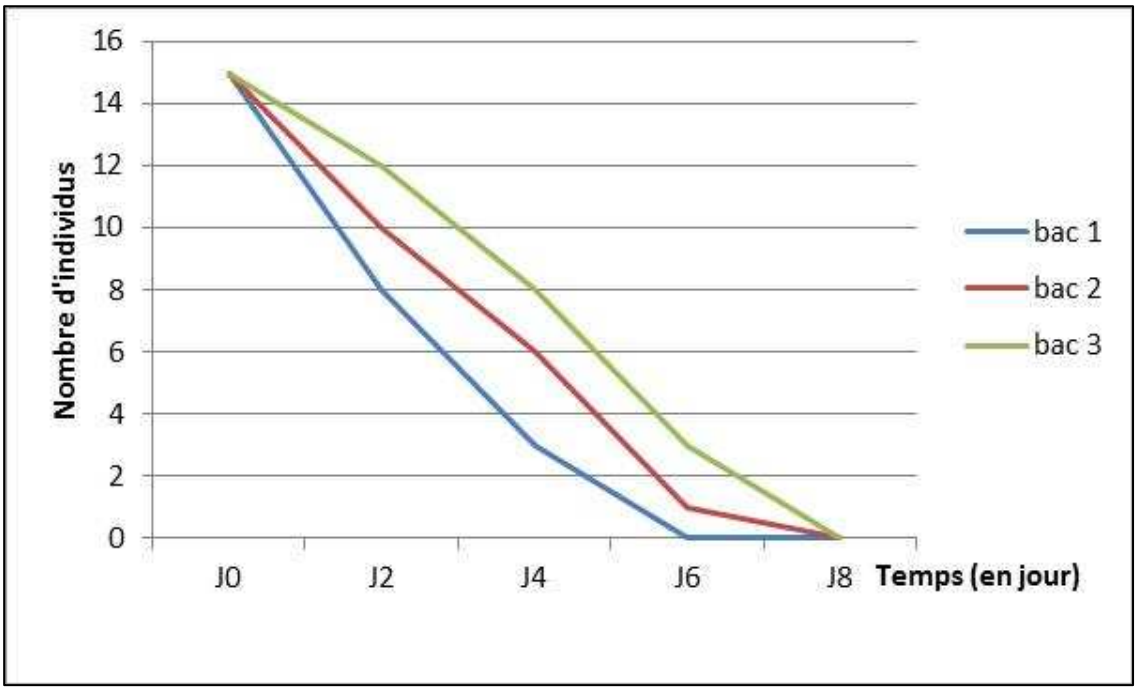


Figure 20 : Evolution du nombre d'individus par bac sur 8 jours

L'ensemble des pièges montre une évolution similaire avec une prédation dès la mise en place des bacs. En 8 jours, on observe que la totalité des animaux a été consommée par les crabes ; seuls des restes d'animaux ont été retrouvés le huitième jour (Fig. 2 et 20).

Figure 20: Crabe et reste d'holothurie

De manière générale, on constate que les bacs placés au bord du bassin ont subi une prédation plus rapide (bacs 1 et 2).

3. Enclos FAMB de Pouembout : Cartographie de la zone

Différentes cartes ont été réalisées (figures 21-22-23).

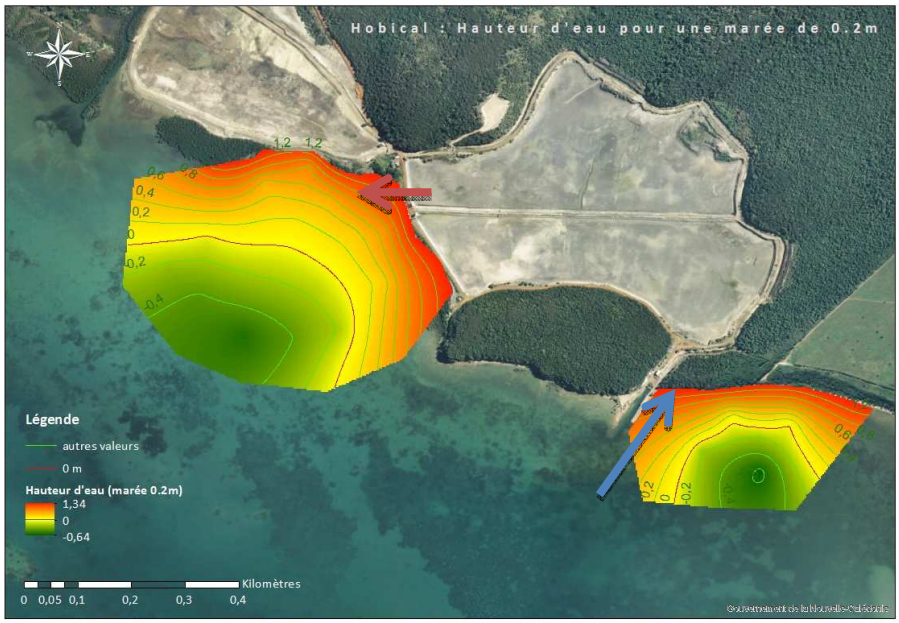


Figure 22 : Zones immergées et émergées

Les relevés bathymétriques effectués ont montré qu'un important plateau émergé apparait devant la ferme à marée basse (Fig. 22 : zones rouges, oranges et jaunes). La ligne de marée basse (isoligne rouge) est située à 150 mètres de la sortie de la ferme. Pour la zone témoin, la pente est plus raide et la ligne de marée basse est située à 75 mètres du bord. Les zones immergées en permanence sont de couleur verte.

Figure 23 : Chlorophylle*a* et % de matière organique dans les sédiments

Dans la zone de rejet des effluents (flèche rouge), et plus précisément en sortie de ferme, on observe une forte concentration en MO dans le sédiment de l'ordre de 2,0%. Cette concentration diminue avec l'éloignement de cette zone jusqu'à atteindre un taux de 1,2% (Fig. 23). Les isolignes permettent de constater les gradients de concentrations. Dans la zone témoin, située au niveau de la station de pompage (flèche bleue), on constate une concentration en MO sédimentaire homogène et plus faible qu'en sortie de ferme, de l'ordre de 1,5%.

Concernant la chlorophylle *a* benthique, on observe des concentrations plus importantes dans la zone proche de la sortie de bassin, comprises entre 40 et 80 mg/m² (Fig. 23). En revanche, les valeurs observées dans la zone non impactée sont plus faibles, de l'ordre de 30 mg/m².

Figure 24 : Chl a pélagique

Concernant la colonne d'eau et notamment la chlorophylle *a* pélagique (Fig. 24), les concentrations observées sont faibles par rapport aux concentrations des bassins (30 µg/L). On observe aussi que les concentrations en Chl *a* a sont plus importantes dans la zone de rejet que dans la zone témoin. Dans la zone de rejet, on constate que la concentration est plus élevée au niveau de la sortie des effluents de l'ordre de 2 µg/L et qu'elle diminue avec son éloignement pour se stabiliser aux alentours de 1,5 µg/L. Dans la zone témoin, les concentrations sont homogènes et plus faibles ; elles se situent entre 1 et 1,2 µg/L.

IV. Discussion

1. Homogénéité des mésocosmes

Concernant les mésocosmes, l'étude d'homogénéité de la colonne d'eau réalisée a montré que la majorité des différents paramètres sont similaires (T°, pH, ammonium et phosphates) à l'exception de la Chl *a*.

Les concentrations en Chl *a* varient de 0,1 à 0,6 µg/L dans la colonne d'eau. Ces valeurs sont extrêmement faibles ; à titre comparatif les concentrations en zone côtière varient entre 0,2 et 5,0 µg/L contre 10 à 150 µg/L pour les élevages semi-intensifs (Lemonnier et al., 2006).

Au niveau sédimentaire, le %MO contenu dans le sédiment est similaire dans tous les bacs pour une moyenne de 2,8%. Cette valeur est caractéristique d'un milieu où la matière organique s'est accumulée dans le sédiment. On parle de sédiment impacté. En général, dans un bassin de crevettes en fin d'élevage on mesure un pourcentage de MO dans les zones les plus impactées de 3%.

La mesure de la chlorophylle *a* benthique varie entre 142 et 285 mg/m² avec une moyenne de 184 mg/m². Ces valeurs sont élevées et correspondent à un milieu hypereutrophe, typique des bassins de crevettes (Smith et al., 2012).

Concernant la respiration, on constate que les tendances sont similaires entre les bacs. La respiration moyenne est de -3000 µmol d'O2/m²/h et présente un faible écart. Dans un bassin de crevette, la respiration est généralement comprise entre 2500 et 7500 µmol d'O2/m²/h. En revanche, on observe des variations au niveau de la production primaire qui s'expliquent par une présence plus ou moins marquée de microphytobenthos dans les bacs probablement dûe à l'exposition au soleil.

Le statut trophique benthique est généralement supérieur à 1 montrant que le sédiment est globalement autotrophe dans tous les bacs (Hochard et al., 2007). Cette valeur correspond aux valeurs habituelles d'un sédiment de bassin de crevette.

Les résultats montrent que les bacs sont globalement homogènes entre eux et qu'ils sont comparables à un bassin en terre en début d'élevage.

2. Expérience de prédation

Cette expérience a donc apporté des réponses aux questions que soulevait ce nouveau problème, à savoir une disparition totale et rapide du stock de juvéniles, soit 45 animaux en 8 jours.

Afin de résoudre ce problème rapidement et pour lancer l'expérimentation dans le cadre d'Hobical, différentes solutions ont été envisagées :

- La première a été de trouver un prédateur des crabes qui ne consomme pas de juvéniles d'holothuries afin de les introduire dans le bassin. Cependant, la présence d'enclos offre des caches aux crabes, qui suite à l'apparition de prédateurs pourraient s'y réfugier en masse et produire l'effet inverse de celui initialement désiré ; à savoir une prédation concentrée dans les enclos.

- La seconde option envisagée est celle qui a été mise en place. Il s'agit d'éradiquer du bassin tous les crabes par différents moyens. Des nasses à petites mailles garnies d'appâts sont placées en différents points du bassin et sont levées tous les jours par un employé de la SEA. Celui-ci réalise aussi quotidiennement un tour du bassin et éradique systématiquement chaque crabe qu'il aperçoit.

Sur le long terme, cette méthode est efficace mais doit être appliquée régulièrement afin d'éviter un repeuplement du bassin par les crabes. Un deuxième test de pré-ensemencement doit être réalisé lorsque la présence des crabes sera moins marquée afin de déterminer si l'expérimentation zootechnique peut débuter dans de bonnes conditions.

3. Cartographie FAMB

Une cartographie de la zone a été réalisée au niveau de la station de pompage et de la zone de rejet des effluents. Celle-ci prend en compte des paramètres sédimentaires (Chl *a* benthique et %MO), des paramètres de la colonne d'eau (pH, turbidité, salinité et Chl *a*) et des relevés bathymétriques.

On constate que pour la colonne d'eau, des variations au niveau de la chlorophylle *a* ont pu être observées. Le pH (8,1), la turbidité (3,0 NTU) et la salinité (35,2) sont similaires à chaque point échantillonné dans les deux zones et ne présentent donc pas d'intérêt majeur pour la cartographie.

Seul le prélèvement réalisé en sortie de bassin montre des divergences avec les prélèvements réalisés, la turbidité étant de 11 NTU, la saliné de 36 et le pH de 8.5. Ces valeurs correspondent aux données présentes dans la littérature concernant les bassins d'élevages (Lemonnier, 2007).

Les concentrations en Chl *a* pélagique observées sont comprises entre 1 et 2 µg/L dans les deux zones échantillonnées ce qui correspond à des valeurs habituelles en zone littorale comprises entre 0,2 et 5,0 µg/L (Thomas et al., 2010). On observe une plus forte concentration dans la zone de rejet des effluents qui diminue progressivement avec son éloignement.
Toutefois, ces valeurs restent dans une gamme relativement faible (faible gradient) et le fluorimètre utilisé lors de cette campagne de mesure est habituellement utilisé pour des bassins d'élevage avec des concentrations allant de 2 à 115 µg/L. La précision de l'appareil pour différencier de si faibles valeurs est donc à remettre en question du fait d'une calibration peu adaptée.
Seul le point situé à l'intérieur du bassin en charge montre une forte concentration en Chl *a* de 27 µg/L. Cette concentration est caractéristique des bassins de crevettes (Lemonnier, 1997).

On peut donc dire que les valeurs observées dans la zone de rejet sont beaucoup plus faibles que les valeurs observées dans le bassin d'élevage. Cela signifie que l'on a une dilution rapide du panache et/ou que les quantités rejetées étaient faibles au moment de l'échantillonnage.

Au niveau des paramètres sédimentaires, on observe que la concentration en MO dans le sédiment de la zone de rejet (1,9%) diminue progressivement avec l'éloignement de la zone.
Concernant la Chl *a* benthique, on observe aussi une plus forte concentration aux alentours de la zone de rejet qui diminue avec l'éloignement de celle-ci ; variant de 20 à 80 mg/m². Ces concentrations restent relativement faibles. En effet, les valeurs mesurées dans le lagon calédonien oscillent habituellement entre 40 et 60 mg/m² (Hochard et al., 2010).

Les concentrations pélagiques et benthiques observées sont donc peu élevées et ne permettent pas de localiser clairement le panache d'effluents. Ces résultats s'expliquent par le fait que les rejets sont limités à un seul bassin récemment ensemencé.

En effet, pour un bassin en charge, on pourrait s'attendre à un taux de matière organique sédimentaire deux fois supérieur, (de l'ordre de 3% au niveau de la zone de rejet des effluents) ainsi qu'une concentration en Chl *a* benthique et pélagique supérieure. Il en est de même pour les paramètres de la colonne d'eau telle que la turbidité comme montrés par Thomas et al (2010).

Afin d'obtenir des données permettant de localiser avec plus de précisions ce panache d'effluents et sa dispersion, une autre campagne de prélèvements doit être réalisée lorsque les bassins seront tous en charge. Une étude des variations temporelles du panache en prenant en compte les influences des vents et des marées pourrait être conduite.

Le relevé bathymétrique a permis de définir la ligne de plus basse mer et donc de localiser les zones en permanence immergées dans la zone impactée par les effluents et dans la zone témoin au niveau de la station de pompage. Ce travail permet donc de localiser les zones pour la construction des enclos.

Cependant, la moitié des enclos doit être construit dans la zone impactée. D'après la cartographie, celle-ci se situe aux abords de la sortie du bassin dans une zone découvrant quotidiennement ; ainsi un compromis doit être envisagé afin de situer les enclos au plus proche du panache d'effluents et dans une zone en permanence immergée.
Ainsi, une carte recoupant les paramètres sédimentaires et la limite de la zone immergée (isoligne rouge) a été réalisée (Fig. 25). Cette carte permet de visualiser et de définir dans chacune des zones les endroits adaptés à la construction des enclos (zones en bleu).

Figure 25: Localisation des deux zones les plus favorables à la construction des enclos

V. Conclusion

En ce qui concerne les mésocosmes, les paramètres de la colonne d'eau et du sédiment sont similaires. Le statut trophique du sédiment est le même entre les bacs. Cette étude permet donc d'établir l'état zéro de ces milieux confinés et de dire que la structure d'élevage est prête à accueillir l'expérimentation prévue.

L'expérience réalisée sur la prédation dans les enclos de la SEA nous indique qu'une solution doit être trouvée afin d'éradiquer les prédateurs du bassin avant de lancer l'expérience prévue.

La cartographie de la bande côtière autour de la Ferme Aquacole des Montagnes Blanches a permis de localiser les zones favorables à la construction des futurs enclos. Toutefois le panache d'effluents n'est pas apparent dans les zones en permanence immergées ce qui implique de nouvelles études sur le sujet.

PARTIE 2 : Pré-test de co-culture avec le poisson *S.lineatus*

I. Introduction

1. Contexte

Afin de diversifier les activités aquacoles du territoire, de nombreuses pistes sont actuellement étudiées.

Deux espèces se démarquent et sont déjà passées au stade de production expérimentale en monoculture, il s'agit de l'holothurie *H. scabra* et du picot rayé *S. lineatus*.

Le picot rayé est un poisson herbivore opportuniste qui vit principalement dans les zones côtières de mangrove. Sa biologie est encore mal connue et fait actuellement l'objet d'une thèse financée par le programme ZoNéCo.

Figure 26: Picots rayés *S. lineatus* (copyright : Province Sud)

Ce poisson est très apprécié en Nouvelle-Calédonie notamment pour la qualité de sa chair et possède une valeur marchande relativement élevée, entre 1600 et 2000 Fcfp/kg sur le marché local. Il est considéré comme un bon candidat à l'aquaculture du fait de sa croissance rapide et de sa survie (>90%) mais aussi parce que sa culture est adaptée aux bassins en terre (Luong et al., sous presse).

Ces deux espèces semblent adaptées à la co-culture, en effet, le picot étant pélagique et l'holothurie benthique, leur culture associée permettrait une utilisation optimum de l'espace bassin. De plus, appartenant chacun à un réseau trophique faible et différent (détritivore – herbivore), leur association serait complémentaire. Leur temps de culture est comparable, de l'ordre de 18 à 24 mois pour un cycle complet, ce qui constitue un atout en terme de production.

Néanmoins, très peu d'informations sont disponibles sur la compatibilité de ces deux espèces dans le cadre d'une culture associée en bassin en terre. Ainsi, on se propose de réaliser un test complémentaire au projet Hobical sur la faisabilité de ce modèle de culture. Ce travail pourrait représenter une option afin de construire des modèles de culture en alternance ou en cascade autour de la crevetticulture, en optimisant l'utilisation des bassins.

2. Objectifs

L'objectif de cette étude est de tester la faisabilité zootechnique de la co-culture entre *H. scabra et S. lineatus* ainsi que leur compatibilité en élevage.

Les résultats attendus sont de déterminer l'effet d'une interaction indirecte par rapport à une interaction directe entre ces deux espèces pour déterminer d'éventuels effets néfastes. Le but est aussi de pouvoir comparer ces résultats à leur monoculture respective afin de conclure sur la possibilité ou non de développer cette activité et donc de lancer une expérimentation zootechnique plus poussée.

II. Matériels et Méthodes

Une expérience d'un mois est mise en place dans la zone expérimentale du site de St Vincent.

1. Description et mise en place de la structure expérimentale

La zone expérimentale extérieure de St Vincent est constituée de 32 bacs de 500 litres placés sous une serre en toile ombrière.

Seize de ces bacs seront utilisés pour cette expérimentation. Ils fonctionnent en circuit ouvert et permettent de tester l'influence de différents paramètres dans des petits volumes avec un maximum de réplicats.

Ils ont préalablement été nettoyés, remplis d'une couche de 15 cm de sédiment provenant d'une ancienne expérience avec des crevettes. Ce sédiment a subi un assec d'environ 6 mois.

Une fois le sédiment mélangé puis réparti, les bacs ont été mis en eau pour laisser "maturer" le milieu. Un amendement a été réalisé de la même manière que dans un bassin de crevettes. Un apport de 2,3 g d'urée, de 0,23 g de Triple Super Phosphate (TSP) et de 100 g de fine d'aliment crevette par bac a été effectué.

2. Zootechnie

Les holothuries utilisées proviennent de la SEA et les picots sont issus du milieu naturel. Ils ont été progressivement habitués aux conditions expérimentales (bacs, alimentation) avant de lancer ce test.

4 traitements différents ont été mis en place (Fig. 27). Chaque traitement est conduit avec trois réplicats :

- Traitement 1 : Co-culture directe, sans séparation physique
- Traitement 2 : Monoculture picots
- Traitement 3 : Co-culture indirecte, avec séparation physique (filet de séparation)
- Traitement 4 : Monoculture holothuries

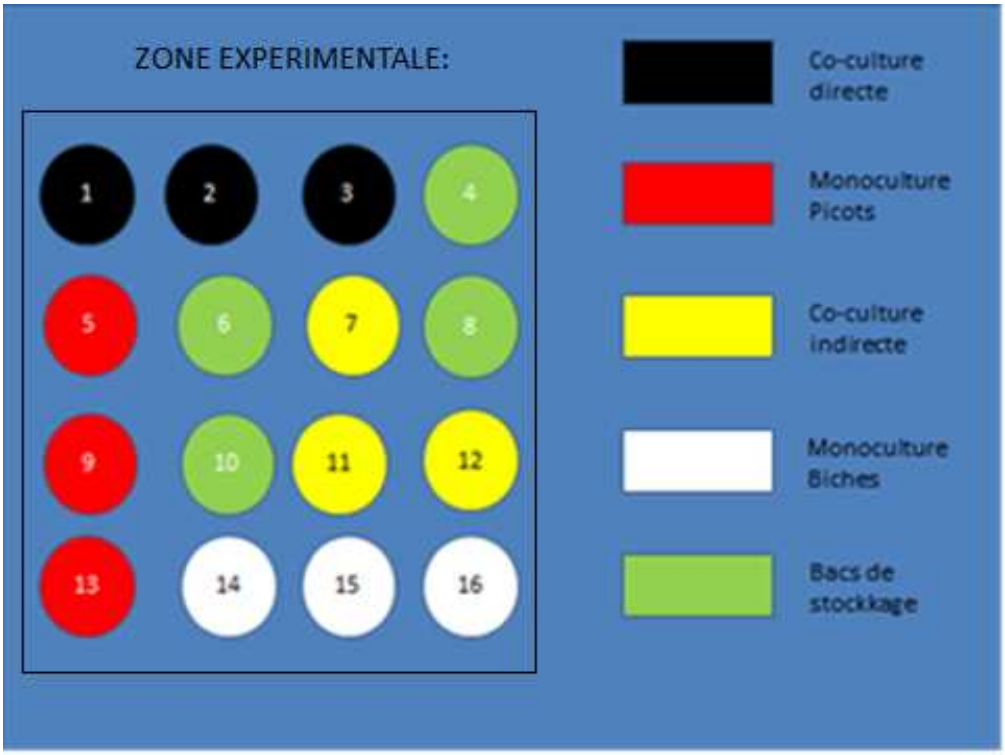


Figure 27 : Zone expérimentale (16 bacs de 500L) & plan d'expérience

Les densités sont de 8 picots/bac dont le poids moyen initial était de 32,9 g et de 8 holothuries/bac avec un poids moyen initial de 16,2 g.

L'aération est assurée par un bullage continu et le renouvellement est de 50 % du volume par jour.

L'aliment utilisé est de la rondelle pour crevette de la marque SICA. Le rationnement a été établi à 4% de la biomasse des picots, soit 10,5 g/jour dans les traitements 1, 2 et 3. L'aliment a été distribué à l'aide de nourrisseurs automatiques.
Pour le traitement 4 (monoculture holothuries), le rationnement est de 1% de la biomasse, soit 1,3 g/jour. L'aliment est d'abord humidifié afin qu'il ne reste pas en surface, puis il est déposé sur le fond.

Dans le cas de la co-culture indirecte, la séparation physique est assurée par un filet cousu sur un arceau. Celui-ci est ensuite placé à 10 cm au-dessus du fond.

Les mortalités seront suivies quotidiennement et un poids moyen de tous les animaux sera réalisé à la fin de l'expérience.

III. Résultats

Sur l'ensemble du suivi (21 jours), ni blessure ni mortalité n'ont été observées.

Les résultats obtenus (Tab. 4 - fig. 28) montrent que le gain de biomasse total est plus important en co-culture sans séparation physique. On obtient un gain de biomasse de l'ordre de 11,1g (±2,9) soit 0,53g/Jour (±0,14) contre 0,42g/J (±0,22) pour la co-culture avec séparation.

Tableau 4 : Comparaison des gains de biomasse des différents traitements

	Monoculture Picots	Co culture	Co-culture avec séparation	Monoculture holothuries
PICOTS Pm initial->Pm final	30,6 (±3,4) --> 34,1g (±3,7)	35,2 (±3,2) --> 40,3g (±3,7)	32,2 (±1,2) --> 36g (±2,1)	
Gain biomasse (g)	3,5 (±1,7)	5,1 (±2,6)	3,8 (±1,9)	
g/J	0,17 (±0,08)	0,24 (±0,12)	0,18 (±0,09)	
Holothuries Pm initial->Pm final		17 (±1,8) --> 23g (±3,6)	17 (±1,6) --> 22g (±1,3)	14,8 (±1,7) --> 19g (±3,8)
Gain biomasse (g)		6 (±3,2)	5 (±2,8)	4,6 (±2,3)
g/J		0,29 (±0,15)	0,24 (±0,13)	0,22 (±0,11)
Gain total (g)	3,5 (±1,7)	11,1 (±2,9)	8,8 (±2,35)	4,6 (±2,3)
g/J	0,17 (±0,08)	0,53 (±0,14)	0,42 (±0,22)	0,22 (±0,11)

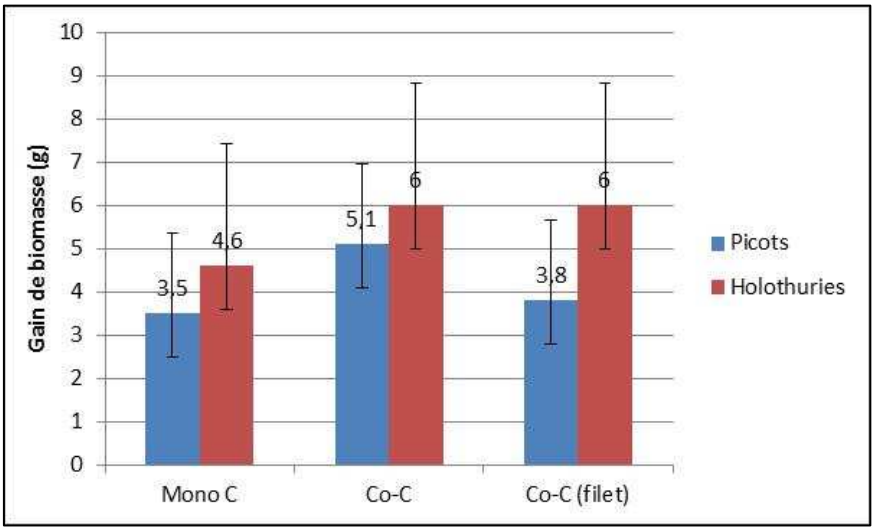


Figure 28 : Gain de biomasse en fonction des différents traitements

On observe de faibles variations de la température de l'eau durant l'expérience (Fig. 29). Celle-ci varie de 22,3 à 24,2°C avec une valeur moyenne de 23,1 ± 0,6°C.

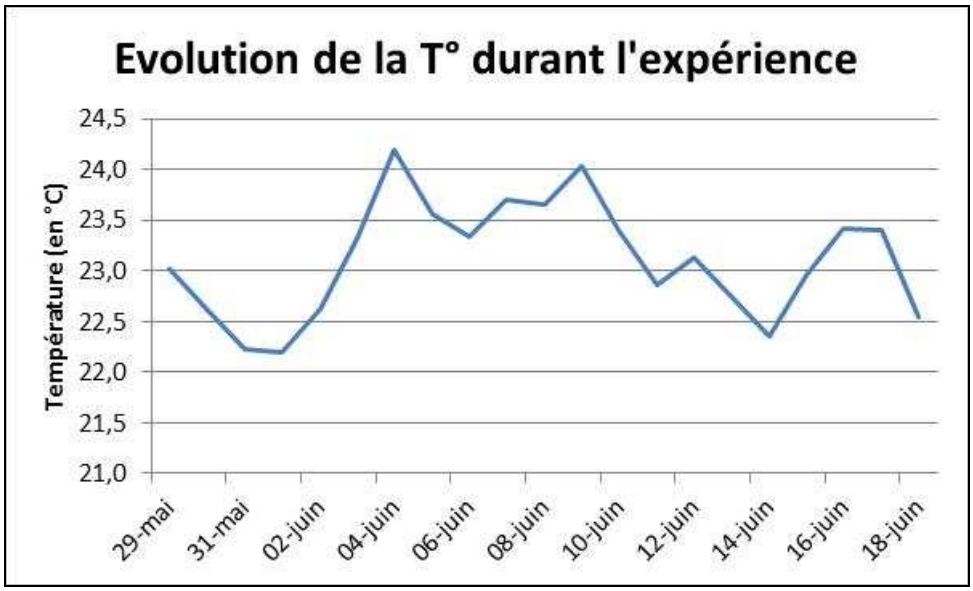


Figure 29 : Evolution de la température du 29 mai au 18 juin

IV. Discussion

Cette expérience suggère que les picots n'ont pas d'effet délétère sur les holothuries, et vice versa, aucune mortalité ni blessure n'ayant été observées.

Les tendances observées en co-culture sont plus intéressantes que celles obtenues en monoculture en moyenne 0.2g/j contre 0.45g/j. Ces valeurs rejoignent les valeurs obtenues lors d'un test précédent en-co culture avec les crevettes où les rendements observés pour les picots étaient de 0.6 g/j (Luong et al., sous presse).

La séparation physique n'est visiblement pas nécessaire, elle semble même engendrer un léger retard de croissance chez les picots par rapport à la co-culture directe, probablement dû au fait qu'une partie de la nourriture distribuée n'a pas le temps d'être ingérée par les poissons et passe ainsi à travers le filet. Ce filet pourrait aussi être une source de stress.

Les tendances montrent que les holothuries ont aussi une meilleure croissance en co-culture directe ou avec séparation, ce qui indique que la cohabitation est profitable, malgré une charge d'élevage plus importante.

Une analyse statistique Anova a été réalisée et a montré qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les traitements. Cela s'explique par la faible durée de l'expérience et par la

période hivernale qui commence induisant une diminution générale des croissances et donc de la significativité des écarts.

Ces résultats sont toutefois encourageants pour l'avenir, la co-culture entre ces deux espèces étant réalisable sans effets délétères. Elle permettrait d'obtenir de meilleurs rendements grâce à l'optimisation de l'espace et de la charge du bassin. Toutefois, afin d'obtenir des différences plus marquées entre les traitements et donc des résultats plus probants, cette expérience devra être reconduite en saison chaude et sur une durée plus longue.

V. Conclusion

Les résultats indiquent que les picots et les holothuries peuvent cohabiter en co-culture ; aucune interaction négative n'ayant été observée.

D'après les résultats obtenus sur un suivi d'une vingtaine de jours, on peut dire que la co-culture semble plus intéressante que la monoculture, en termes de rendements et de l'occupation des bacs. En effet, malgré une charge plus importante, on observe des tendances indiquant des croissances supérieures en co-culture par rapport aux monocultures respectives. La présence d'une séparation physique n'est pas nécessaire, au contraire, il semblerait que les picots grossissent moins vite lorsque celle-ci est présente. La co-culture directe permettrait donc d'augmenter les rendements du bassin avec des espèces complémentaires au niveau trophique.

Ces résultats, s'ils sont confirmés sur la durée, sont très encourageants pour le développement d'élevages multi-trophiques entre les picots et les holothuries en Nouvelle-Calédonie.

Conclusion Générale

Les infrastructures du projet Hobical ont été mises en place et validées. Le test d'homogénéité des mésocosmes a permis d'affirmer leur similitude au niveau de la colonne d'eau et du statut trophique du sédiment. Les enclos construits dans un bassin de la SEA ont dû faire l'objet d'un test concernant la prédation des crabes qui s'est avérée être importante montrant que leur éradication est nécessaire avant le lancement de toute expérimentation. La cartographie de la zone littorale de la FAMB a permis de localiser les zones favorables à la construction d'enclos en terme de marnage. Toutefois, le panache d'effluents n'est pas visible dans ces zones en permanence immergées. Un suivi des paramètres doit être réalisé sur le long terme, lorsque les bassins de la ferme seront tous en charge afin de déterminer avec plus de précision les zones idéales.

Concernant la partie co-culture, ce test zootechnique a permis de montrer qu'il n'y a pas d'effets délétères entre picots et holothuries. Malgré des écarts non significatifs, les tendances suggèrent de meilleurs rendements en co-culture dus à une meilleure occupation de l'espace d'élevage. Ces premiers résultats sont donc encourageants pour le développement d'élevages multi-trophiques entre les picots et les holothuries. Ils doivent être confirmés sur la durée afin d'obtenir des différences plus marquées entre les traitements.

Bibliographie

Agudo, N., 2007. Etude de rentabilité de l'élevage des holothuries de sable, *Holothuria scabra*, en Nouvelle Calédonie ; World Fish Center. 15p.

Aminot, A., Kerouel, R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Ed. Ifremer. 336p.

Chen J., 2004. La situation actuelle et les perspectives de la filière holothurie en Chine. Bulletin de la CPS 19. 24p.

Luong, C.T., Hochard S., Royer, F., Lemonnier, H., Letourneur, Y., 2014. Feasibility of polyculture of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* with goldline rabbitfish *Siganus lineatus* in a closed culture system: a mesocosm study. Aquaculture: sous presse.

Denis, L., 1999. Dynamique des flux d'oxygène et des sels nutritifs à l'interface eau-sédiment sur la marge continentale du Golfe du Lion (Méditerranée Nord-Occidentale). 129p.

Harache, Y., Herbland, A., 2004. Le programme Désans : une démarche comparble au défi Morest, applique à la filière crevette calédonienne. *In* : Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq 38: 9-12.

Hochard, S., Pringault, O., Pinazo, C., Bourgeois, S., Rochelle-Newall, E., 2007. Impact des apports antrophiques sur le fonctionnement biogéochimique et le rôle des sédiments du lagon de Nouvelle-Calédonie. Programme ZoNéCo. p45.

Hochar, S., Pinazo, C., Grenz, C., Burton Evans, J.L., Pringault, O., 2010. Impact of microphytobenthos on the sediment biogeochimical cycles: a modeling approach. Ecological modelling 221: 1687-1701.

Holmes, R.M., Aminot, A., Kerouel, R., Hooker, B.A., Peterson, B.J., 1999. A simple and precise method for measuring ammonium in marine and freshwater ecosystems. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 56: 1801-1808.

Hussenot, J., Martin, M., 1995. Assessment of the quality of pond sediment in aquaculture using simple, rapid techniques. Aquaculture International 3: 123-133.

Lemmonier, H., 1997. Effet de l'intensification des élevages de crevettes *Penaeus stylirostris* sur la production de déchets en période estivale. Rapport scientifique et technique de la Station d'Aquaculture de Saint-Vincent en Nouvelle-Calédonie. 32p.

Lemonnier, H., Thomas, Y., Legrand, A., Martin, J.L., Herbland, A., 2006. Impact de la crevetticulture calédonienne sur l'environnement : Etat des lieux, recherche de traceurs des effluents et définition d'un programme de recherche pluriannuel. Rapport final du contrat du Ministère de l'Outre-Mer. 78p.Lemonnier, H., 2007. Effet des conditions environnementales sur le développement des pathologies à *Vibrio* dans les élevages de crevettes en Nouvelle-Calédonie. Thèse de doctorant. Discipline Océanologie biologique, Université de La Rochelle. 203p.

Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Method of soils analysis : Part 2, Chemical and Microbiological properties, Page A.L, Miller R.H, Keeney D.R, eds., 539-579. American Society of Agronomy and Soils Science Society of America, Madison, Wisc.

Petel, M., 2013. Evolution du couplage autotrophe-hétérotrophe dans un milieu peu profond soumis à une eutrophisation. Rapport de stage Master 2 Microbiologie Appliquée pour L'Environnement et la santé. Université Pierre et Marie Curie, Paris 6.

Purcell, S.W., 2008. État et gestion de la ressource en holothuries de la Grande Terre, Nouvelle Calédonie. Programme ZoNéCo. The WorldFish Center Studies and Rewies.

Purcell, S.W., Hair, C.A., Mills J.D., 2012. Sea cucumber culture, farming and sea ranching in the tropics : Progress, problems and opportunities.

Ren, Y.C., Dong, S.L., Wang, F., Gao, Q.F., Tian, X.L., Liu, F., 2010. Sedimentation and sediment characteristics in sea cucumber Apostichopus japonicus (Selenka) culture ponds. Aquaculture Research 42: 14−21.

Slater, M.J., Carton, A.G., 2009. Effect of sea cucumber (*Australostichopus mollis*) grazing on coastal sediments impacted by mussel farm deposition. Marine Pollution Bulletin 58: 1123-1129.

Smith, J., Burford, M.A., Revill, A.T., Haese, R.R., Fortune, J., 2012. Effect of nutriment loading on biogeochemical process in tropical tidal creeks. Biogeochemistry 108: 359-380.

Thomas, Y., Courties, C., El Helwe, Y., Herbland, A., Lemonnier, H., 2010. Spatial and temporal extension of eutrophication associated with shrimp farm wastewater discharges in the New Caledonian Lagoo. Marine Pollution Bulletin 61: 387-398.

Tsiresy, G., Pascal, B., Plotieau, T., 2011. Analyse du grossissement d'*Holothuria scabra* exploitée en micro fermes marines (région Sud-Ouest de Madagascar). La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS 31. p18.

Warkentin, M., Freese, H.M., Karsten, U., Schumann, R., 2007. New and fast method to quantify respiration rates of bacterial and plankton communities in freshwater ecosystems by using optical oxygen sensor spots. Applied and environmental microbiology 73: 6722-6729.

Annexes

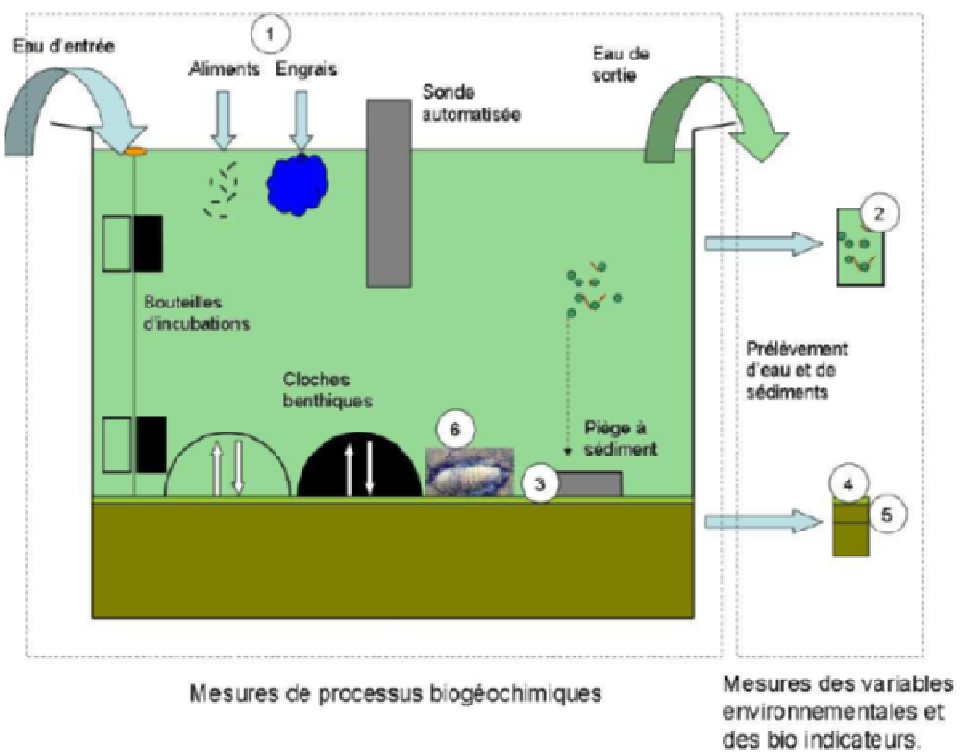
Liste des annexes :

- Annexe 1 : Projet Hobical
- Annexe 2 : schéma de la zone expérimentale
- Annexe 3 : panneau de signalisation des enclos

Annexe 1: Projet Hobical

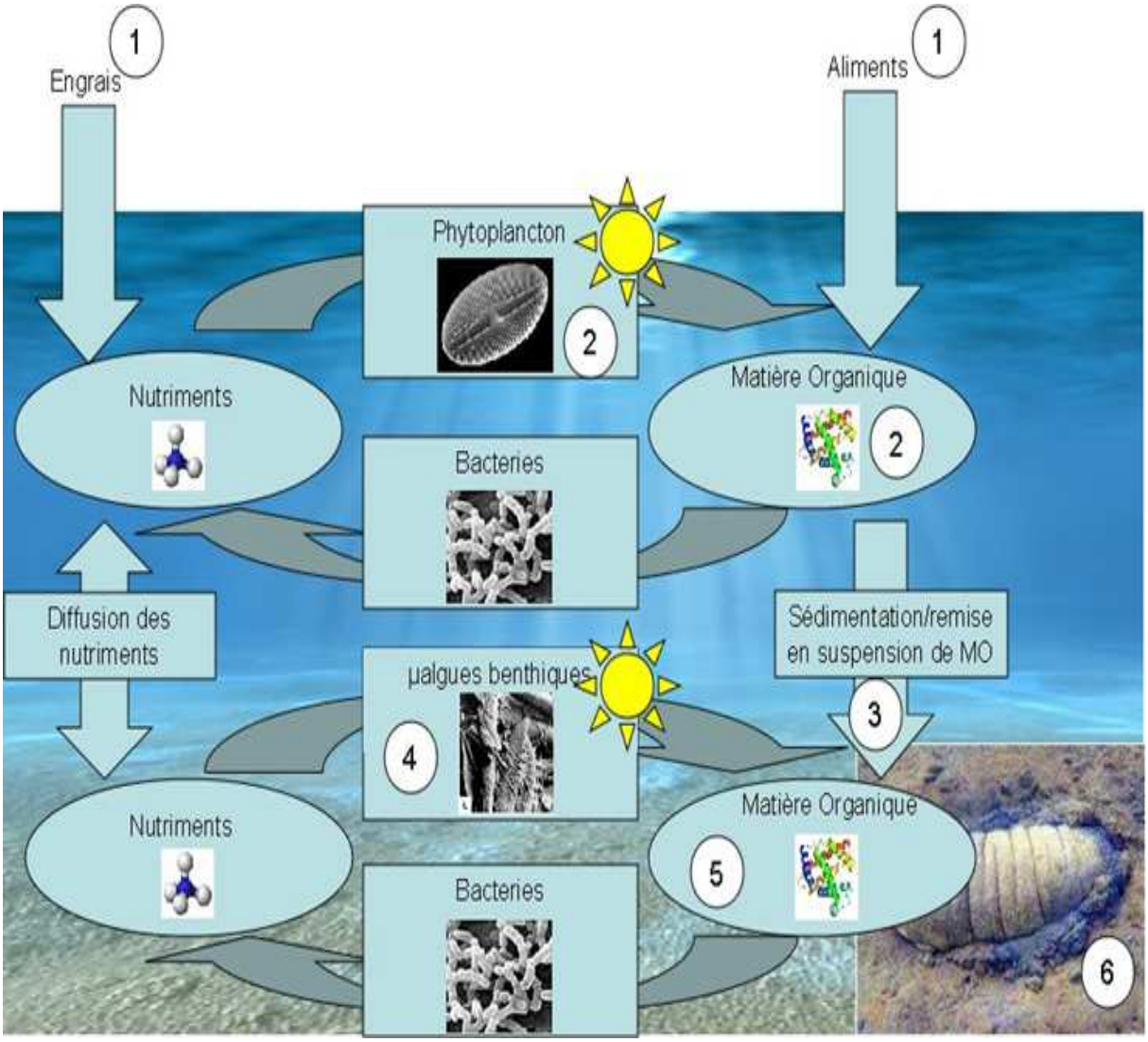
Approche pluridisciplinaire :

- **Zootechnie :** impact des protocoles de nutrition et de la densité sur la capacité de charge du milieu, les paramètres de croissance et de survie de *H. scabra*.
- **Biogéochimie :** tracer le devenir de la matière organique et des sels nutritifs dans le système.
- **Écologie :** identifier les sources de nourriture de *H. scabra*.
- **Environnement :** diagnostiquer l'état trophique du système (Remédiation vs. Eutrophisation).

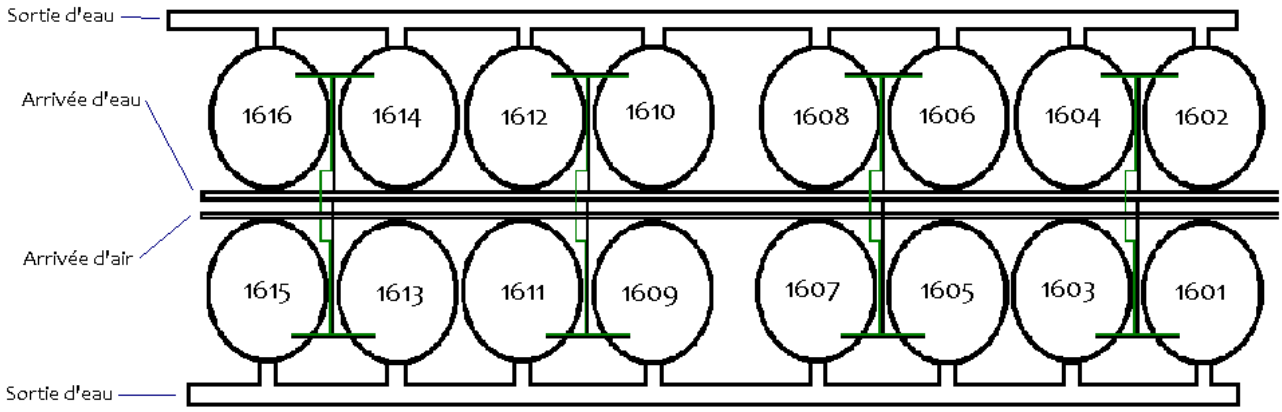


Objectifs scientifiques:

- Evaluer l'importance relative des apports allochtones (aliments, effluents…) et de la production naturelle du milieu dans l'alimentation de H. scabra.
- Tracer le devenir de la matière organique au sein du système et en déduire les facteurs de contrôle menant vers une bioremédiation ou inversement une eutrophisation du milieu.
- Lier les conditions environnementales qui en découlent aux performances zootechniques de *H. scabra* et de *L. stylirostris*.



Annexe 2 : Schéma zone expérimentale (mésocosmes)



Résumé :

La Nouvelle-Calédonie s'oriente actuellement vers une diversification de ses activités aquacoles essentiellement basées sur la crevetticulture de *L. stylirostris*. L'holothurie de sable *H.scabra*, fait partie des nouvelles espèces potentiellement intéressantes de par sa forte valeur à l'export et sa potentielle bio-remédiation du milieu. L'ADECAL (Agence pour le Développement Economique de la Calédonie) via le programme ZoNéCo et le projet Hobical a lancé un programme de recherche scientifique qui a pour but d'insérer la production de cette holothurie dans le contexte de la crevetticulture (culture en cascade et en alternance). Ce stage s'inscrit dans le lancement du projet Hobical et plus précisément dans la mise en place des structures expérimentales et leur validation. Ce travail permettra d'une part de déterminer l'état zéro de différentes structures (mésocosmes et enclos) pour valider la possibilité de lancer les expérimentations et d'autre part de cartographier une zone de rejet d'effluents pour y installer des enclos en mer ouverte. Les résultats montrent que les mésocomes ont un milieu homogène entre eux et que l'expérimentation peut commencer mais que les enclos ne peuvent être utilisés sans une éradication des crabes du bassin. Concernant la cartographie de la Ferme Aquacole des Montagnes Blanches qui doit aboutir à la construction d'enclos en zone impactée et en zone indemne, les relevés bathymétriques ont permis de localiser les zones en permanence immergées mais les prélèvements réalisés ne permettent pas de caractériser clairement le panache d'effluents dans la zone impactée.
L'autre partie de ce stage consiste à tester la possibilité de co-culture avec le picot rayé *S. lineatus*. Il s'agit d'une expérimentation annexe au projet Hobical. Ce poisson est très prisé en Nouvelle-Calédonie et bénéficie d'un prix de vente relativement élevé ; de plus il est herbivore et est adapté à l'élevage en bassins en terre. Ainsi, un test est réalisé afin de savoir si une co-culture entre ces deux espèces est réalisable et si une interaction directe entre elles serait néfaste. Les résultats obtenus permettent de conclure qu'il n'y a pas d'effets néfastes entre les picots et les holothuries donc qu'une séparation physique n'est pas nécessaire. Au niveau des rendements, la co-culture semble supérieure à la monoculture. La co-culture permettrait ainsi d'augmenter les rendements du bassin avec des espèces complémentaires au niveau trophique. Cela représente une piste intéressante pour de futures recherches.

Abstract :

New Caledonia is moving towards the diversification of its aquaculture activities which is actually based on the shrimp *L. stylirostris*. Sea cucumbers *H.scabra* is part of these new species given its high commercial value and its possible pond bioemediation capacities. The ADECAL (Agency for Economic Development of Caledonia) through the ZoNéCo program launched the research project Hobical which aim to insert the sea cucumber aquaculture in the context of shrimp production. This internship is part of the launch of Hobical project and more specifically of the development of experimental structures and their validation. This work aimed firstly to determine the initial state of different structures (mesocosm and pen) and to validate the ability to run experiments. Secondly it aimed to map an area of shrimp farm effluent discharge to install pens at sea. The results showed that mesocomes were homogeneous and represented a realistic pond situation; thus the experiment could begin. The constructed pens couldn't be used to launch the zootechnical test because ok crabs invasion. The mapping of the seafront of the Aquaculture Farm White Mountains permitted to located areas permanently submerged but samples taken do not clearly characterize the effluent plume.

The other part of this internship was to test the possibility of co-culture between *H. scabra* and the rabbitfish *S. lineatus*. This fish is very popular in New Caledonia and has a relatively high price of sale; plus it is herbivorous and is suitable for breeding in earthen ponds. Thus, a test was performed to determine whether a co-culture between the two species is achievable and if a direct interaction between them is negative. The results obtained allow us to conclude that there is no adverse effects between the rabbitfish and sea cucumbers so that physical separation is not necessary. Thus co culture permitted to enhance the pond yield with two complementary species. This represent an interesting hint for further research.