

Mai 2010

CRISP



Coral Reef InitiativeS for the Pacific
Initiatives Corail pour le Pacifique

MÉMOIRE DE MASTER

Étude des patrons de colonisation larvaire des poissons de récifs coralliens

Crédit photos : Eric Clua



UPVD
Université de Perpignan Via Domitia



Institut de recherche
pour le développement



CRIOBE CNRS
EPHE-CNRS
POLYNESIE

Auteur : Moana Le Rohellec

CRISP



Coral Reef InitiativeS for the Pacific
Initiatives Corail pour le Pacifique



La cellule de coordination du CRISP a été intégrée au Secrétariat de la Communauté du Pacifique en 2008 afin d'assurer une coordination et synergie maximales des actions touchant à la gestion des écosystèmes coralliens dans le Pacifique.

Le CRISP est un programme mis en œuvre dans le cadre de la politique développée par le Programme régional océanique de l'Environnement afin de contribuer à la protection et la gestion durable des récifs coralliens des pays du Pacifique.

L'initiative pour la protection et la gestion des récifs coralliens dans le Pacifique (CRISP), portée par la France et préparée par l'AFD dans un cadre interministériel depuis 2002, a pour but de développer une vision pour l'avenir de ces milieux uniques et des peuples qui en dépendent. Elle vise à mettre en place des stratégies et des projets visant à préserver leur biodiversité et à développer dans le futur les services économiques et environnementaux qu'ils apportent tant au niveau local que global. Elle est conçue, en outre, comme un vecteur d'intégration entre états développés (Australie, Nouvelle-Zélande, Japon et USA), collectivités françaises de l'outre-mer et pays en développement du Pacifique.

Pour ce faire, l'initiative développe une approche spécifique qui vise à :

- associer activités de réseau et projets de terrain ;
- articuler recherche, aménagement et développement ;
- combiner les apports de disciplines scientifiques diverses, incluant la biologie, l'écologie, l'économie, la sociologie, le droit et les sciences humaines ;
- intervenir sur l'ensemble des thèmes - terrestres et marins - intéressant les récifs (y compris l'assainissement et la gestion des bassins versants) ;
- ne pas créer de structure nouvelle, mais apporter des ressources financières à des partenaires déjà opérationnels et souhaitant développer leurs activités dans un esprit de coopération régionale. C'est la raison pour laquelle l'initiative a été préparée sur la base d'un appel à propositions auprès de l'ensemble des institutions et réseaux.

Cellule de Coordination CRISP (CCU)

Chef de programme **Éric CLUA**

CPS - BP D5

98848 Nouméa Cedex

Nouvelle-Calédonie

Tél./Fax : (687) 26 54 71

E-mail : ericc@spc.int

www.crisponline.net

Cette approche se décline sur une série d'objectifs thématiques qui sont :

Objectif 1 : Meilleure connaissance de la biodiversité, de l'état et du fonctionnement des écosystèmes coralliens.

Objectif 2 : Réalisation d'opérations de protection et de gestion des écosystèmes coralliens à une échelle significative.

Objectif 3 : Valorisation du potentiel économique reposant sur les valeurs d'usage et la biodiversité des écosystèmes coralliens.

Objectif 4 : Diffusion de l'information et des savoirs ; renforcement des capacités et animation des réseaux locaux, nationaux et internationaux.

Le dispositif d'intervention du CRISP se structure en trois composantes majeures :

Composante 1A : AMP et bassins versants

- 1A1 : Planification de la conservation de la biodiversité marine
- 1A2 : Aires marines protégées (AMP)
- 1A3 : Renforcement institutionnel et mise en réseau
- 1A4 : Gestion intégrée des zones côtières récifales et des bassins versants

Composante 2 : Développement des écosystèmes coralliens

- 2A : Connaissance, valorisation et gestion des écosystèmes coralliens
- 2B : Restauration récifale
- 2C : Valorisation des Substances actives marines (SAM)
- 2D : Mise en place d'une base de données régionale (ReefBase Pacifique)

Composante 3 : Coordination et valorisation du programme

- 3A : Capitalisation, valorisation et vulgarisation des acquis du programme CRISP
- 3B : Coordination, promotion et développement du Programme CRISP
- 3C : Appui aux filières économiques alternatives et durables
- 3D : Vulnérabilité des écosystèmes et des espèces
- 3E : Cellule économique

Le Programme CRISP est financé par les organisations suivantes :



UNIVERSITE DE PERPIGNAN

Master 1 « Biologie Biodiversité et Développement Durable »

Etude des patrons de colonisation larvaire
des poissons de récifs coralliens

par Moana LE ROHELLEC

Stage de Master I effectué du 1 février au 30 avril 2010

Réalisé sous la direction scientifique de : David LECCHINI (IRD - UR 227 CoReUs)

René GALZIN (USR 3278 CNRS-EPHE)



REMERCIEMENTS

Au terme de ces trois mois de recherche, je tiens à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, scientifiquement, financièrement ou moralement, ont contribué à l'aboutissement de ce rapport.

Je désire remercier David Lecchini, Chargé de recherche à l'Institut de Recherche pour le Développement (UR 227 Coreus) et René Galzin, Directeur d'études à l'EPHE (USR 3278 CNRS-EPHE) qui m'ont permis de réaliser ce stage de Master. Je leur sais gré de m'avoir fait confiance tout au long de ce travail de Master.

Je désire remercier aussi l'équipe du projet CRISP pour leur aide de tous les jours et leurs précieux conseils : Christophe Brié, Stephen Simpson, Craig Radford, Laetitia Berten, Baptiste Bonhomme, Kévin Peyrusse, Lindon Havimana, Rynae Greta Lanyon et Viliame Pita Waqalevu.

Ce travail a été réalisé au centre de recherche de Moorea (CRIOBE). Je tiens à remercier très chaleureusement Serge Planes et Yannick Chancerelle d'avoir entrepris de nombreuses démarches pour le bon déroulement de ces analyses.

Je tiens à remercier Pascal Ung, Benoit Espiau, techniciens du CRIOBE et Christophe Brié, intervenant au CRIOBE pour l'aide qu'ils m'ont apporté dans la confection et la maintenance des pièges lumineux ainsi que des aquariums disco fish ! Un grand merci à mon collègue de travail et à mon ami fidjien Viliame Pita Waqalevu pour l'aide et tout le savoir que tu m'as apporté durant ces trois mois de stage, Vinaka vakalevu !

Ce stage aurait également été plus difficile sans notre ami belge Martin Romain, merci pour l'aide que tu nous as apporté, merci pour ta bonne humeur et ta motivation quotidienne au CRIOBE ou en dehors... N'ayant pas le permis bateau, je tiens à remercier Baptiste Bonhomme et Thierry Lison de Loma pour la mise en place des pièges lumineux les fois où Martin était indisponible ! Merci Jean Gadenne pour la bonne ambiance que tu as mis au CRIOBE et pour nous avoir tenus au courant de l'actualité quotidienne via internet tous les matins ! Merci à Francky pour tout. Je remercie également tous les autres stagiaires et thésards que j'ai eu le plaisir de rencontrer durant ce stage et avec qui j'ai passé de très bons moments, merci à tous.

FINANCEMENT DE L'ETUDE

* **Financement par le programme CRISP (Coral Reef Initiative in the South Pacific)** : L'étude a été financée par le programme CRISP : "Amélioration des techniques de capture des post-larves de poissons et de crustacés" (Composante C2A, R. Galzin & D. Lecchini; janvier 2010 / décembre 2010). L'initiative pour la protection et la gestion des récifs coralliens dans le Pacifique, engagée par la France et ouverte à toutes les contributions, a pour but de développer pour l'avenir une vision de ces milieux uniques et des peuples qui en dépendent ; elle se propose de mettre en place des stratégies et des projets visant à préserver leur biodiversité et à développer les services économiques et environnementaux qu'ils rendent, tant au niveau local que global. Elle est conçue en outre comme un vecteur d'intégration régionale entre états développés et pays en voie de développement du Pacifique. Le CRISP est un programme mis en œuvre dans le cadre de la politique développée par le Programme Régional Océanien pour l'Environnement afin de contribuer à la protection et la gestion durable des récifs coralliens des pays du Pacifique.



RESUME

Le projet P.C.C. (« Post-larval Capture and Culture ») a pour objectif, entre autre, de réhabiliter les stocks de poissons adultes (géniteurs) surexploités par la pêche dans les pays du Pacifique Sud par l'intermédiaire de réensemencement des lagons coralliens en larves, et comme autre objectif, de fournir sur le marché de l'aquariophilie et de l'aquaculture des poissons au stade larvaire. Le cycle biologique des poissons se caractérise par une forte mortalité au niveau larvaire (90% de mortalité au moment de la colonisation du récif). Des pièges lumineux sont installés sur la pente externe de Moorea pour capturer les larves de poissons. L'étude consiste à optimiser l'efficacité de capture des pièges lumineux en testant différentes profondeurs d'immersion (expériences *in situ*) et l'intensité lumineuse (expérience en aquarium).

L'abondance et la richesse spécifique des larves de poissons coralliens capturées par les pièges lumineux varient au cours du cycle lunaire et selon la profondeur d'immersion des pièges. Les captures les plus abondantes ont été obtenues durant les soirs suivant ou précédent la nouvelle lune et les plus faibles captures ont été obtenus les soirs autour de la pleine lune. Pendant ma période d'échantillonnage (21 février au 15 avril), les pièges lumineux en sub-surface (1-2 m de fond) ont capturé 79% du flux larvaire total, alors que les pièges de la colonne d'eau (10-15 m) et de profondeur (25-30 m) capturent, respectivement, 14% et 7%. La richesse spécifique est, elle aussi, la plus importante en sub-surface. La valeur économique des captures est ainsi la plus élevée pour les pièges de sub-surface. L'étude réalisée sur le phototropisme des larves en aquarium a démontré que la majorité des larves testées sont attirées vers le deuxième compartiment le moins lumineux (Tableau I).

La conservation des ressources marine et de la biodiversité peut trouver, à partir de la P.C.C., le moyen de dynamiser les aires marine protégées tout en renforçant les stocks pour la pêche artisanale. En effet, le perfectionnement des outils de capture des larves de poissons tels que les pièges lumineux doivent donc être l'objet des recherches à venir.

Table des matières

<u>INTRODUCTION</u>	1
1.1 Cycle biologique des poissons de récifs coralliens	2
1.2 Phase de dispersion océanique des larves de poissons coralliens.....	3
1.3 Phase de colonisation larvaire	4
1.4 Phase d'installation des juvéniles de poissons coralliens	4
1.5 PCC : Enjeux et moyens mis en place.....	4
1.6 Problématique scientifique	5
<u>MATERIEL ET METHODES</u>	6
2.1 Site d'étude : Moorea	6
2.2 Outil de capture des larves de poissons : Piège lumineux	7
2.3 Stratégie d'échantillonnage : Expérience des pièges lumineux.....	9
2.4 Stratégie d'échantillonnage : Expérience en aquarium sur le phototropisme des larves.....	9
<u>RESULTATS</u>	11
3.1 Patrons de colonisation larvaire selon la profondeur d'immersion des pièges lumineux.....	11
3.2 Valeur économique de la capture des pièges lumineux selon la profondeur d'immersion	14
3.3 Phototropisme des larves de poisson (expériences en aquarium).....	15
<u>DISCUSSION</u>	17
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	19

1. INTRODUCTION

Les récifs coralliens possèdent une biodiversité extraordinaire (Hughes *et al.* 2003). Plus de 2500 espèces de poissons coralliens ont été recensées aux Philippines, plus de 2000 en Nouvelle-Guinée et sur la Grande Barrière d'Australie, plus de 1500 en Nouvelle-Calédonie et 800 en Polynésie française (Springer 2007). Hélas, cette richesse spécifique des peuplements de poissons coralliens est fragilisée de nos jours. Diverses perturbations d'origine anthropique (surpêche, pollution, marché de l'aquariophilie, ...) ou d'origine naturelle (cyclones, élévation de température, infestation d'étoiles de mer, ...) ont un impact très important sur la faune et la flore marine corallienne (Adjeroud *et al.* 2005). Ainsi, l'augmentation des perturbations, attendue en fréquence et en intensité dans les prochaines décennies, conduit à s'interroger sur leur avenir. Par exemple, durant mes trois mois de stage à Moorea (Polynésie française), j'ai subi un cyclone et un tsunami. La survie des écosystèmes récifaux semble donc conditionnée à des politiques de gestion ambitieuses basées sur une meilleure compréhension de la dynamique globale de la biodiversité et des écosystèmes, ainsi que sur le développement d'une recherche pour une écologie intégrative (Hughes *et al.* 2003).

1.1 Cycle biologique des poissons de récifs coralliens

La plupart des poissons coralliens possèdent un cycle de vie complexe, avec une phase larvaire océanique et pélagique, de quelques semaines à quelques mois, suivie d'une phase récifale relativement sédentaire pour les juvéniles et les adultes (Fig. 1- Lecchini & Galzin 2003).

Au moment de la reproduction, les gamètes sont libérés dans le milieu, puis les œufs éclosent en larves pélagiques qui s'éloignent plus ou moins loin de leur île natale grâce aux courants et/ou une dispersion active (Leis & McCormick 2002). Après cette phase océanique, les larves retournent vers le récif (d'origine ou non) pour continuer leur développement en juvénile, puis en adulte. En Polynésie française, les larves colonisent de nuit le récif au niveau de la crête récifale (phase de colonisation, Dufour & Galzin 1993). Dans les heures qui suivent la colonisation, les larves se métamorphosent et deviennent des juvéniles adaptés au milieu récifal. Ces derniers sont exposés à un environnement complexe dans lequel ils doivent choisir un habitat parmi de nombreux substrats potentiels, les compétiteurs tant intra- qu'inter-spécifiques et les prédateurs (phase d'installation, Lecchini & Galzin 2003). Cette phase d'installation est suivie après quelques mois par le recrutement qui correspond à l'apport de nouveaux individus dans la population d'adultes (Vigliola & Harmelin-Vivien 2001). Ces cinq étapes du cycle biologique des poissons coralliens (reproduction, dispersion, colonisation, installation et recrutement) conditionnent le maintien et le renouvellement des populations d'adultes.

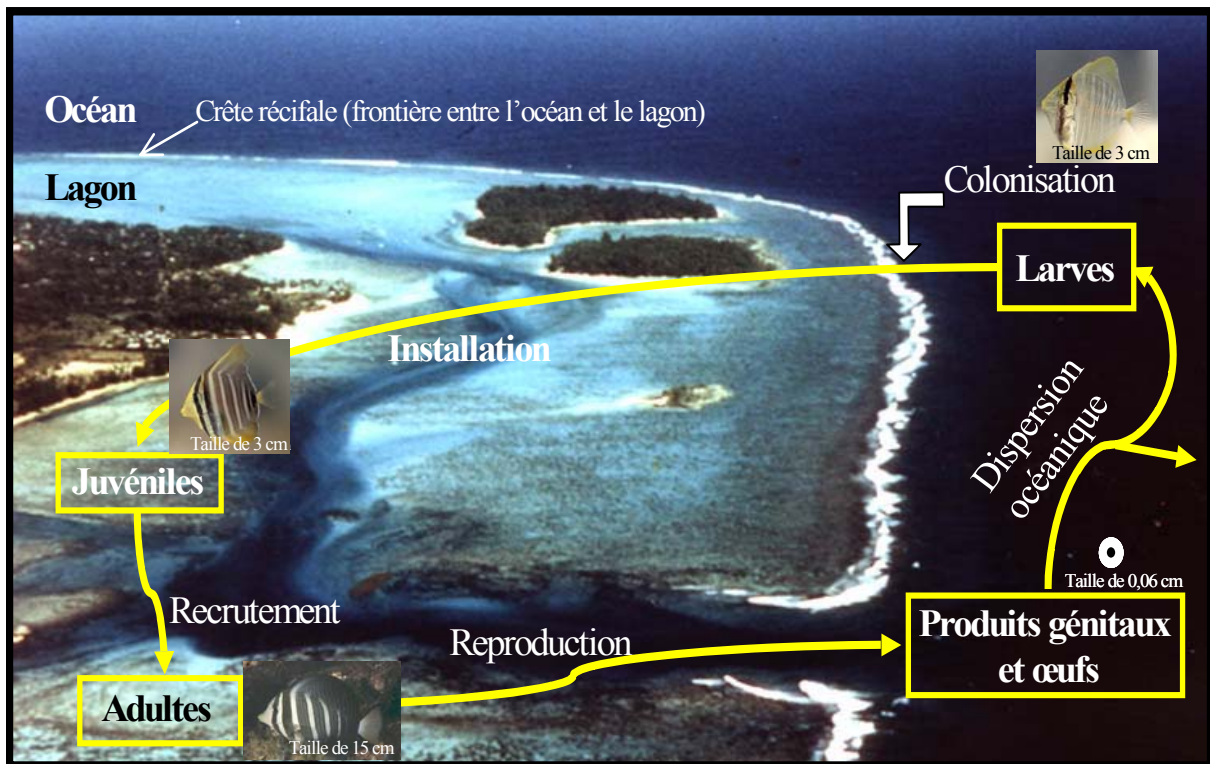


Figure 1 : Cycle de vie des poissons coralliens caractérisé par un stade larvaire océanique et pélagique et un stade récifal pour les juvéniles et les adultes. Ce cycle est composé de cinq phases : dispersion océanique, colonisation, installation, recrutement, reproduction

1.2 Phase de dispersion océanique des larves de poissons coralliens

La dispersion océanique est la période durant laquelle les larves s'éloignent plus ou moins loin de leur île d'origine grâce aux courants et/ou à une nage active. Lors de la dispersion océanique, les larves appartiennent dans un premier temps à l'ichtyoplancton, puis au micronecton. Ainsi, dans les premiers stades de développement, elles sont transparentes, sans écailles, soumises aux courants et incapables de mouvements natatoires. Puis, elles acquièrent des adaptations morphologiques spécifiques de la vie pélagique et une certaine capacité natatoire. Les larves se nourrissent exclusivement de zooplancton (copépodes, rotifères, nauplii et larves de mollusques). Elles se nourrissent de jour car elles sont pour la plupart, incapables de voir leurs proies la nuit (Leis & McCormick 2002). Au final, les larves ont longtemps été considérées comme de simples particules passives livrées au gré des courants. De récents travaux ont démontré qu'au contraire, les larves à l'approche du récif étaient capables de nager activement en contrôlant leur profondeur et leur direction (Leis & McCormick 2002). Certaines larves peuvent atteindre des vitesses supérieures à celles des courants océaniques. Le record de rapidité est détenu par *Acanthurus triostegus* (Acanthuridae) avec une vitesse de pointe de $55,7 \text{ cm.s}^{-1}$ (Leis *et al.* 1996) Cette mobilité leur permettrait des migrations verticales pour échapper aux prédateurs ou trouver leur nourriture, et des migrations horizontales pour augmenter leurs possibilités de dispersion ou au contraire l'éliminer.

1.3 Phase de colonisation larvaire

Après la phase océanique, les larves doivent retourner vers le récif pour continuer leur développement en juvénile, puis en adulte. Le passage du stade larve au stade juvénile se fait au cours de la métamorphose. La période durant laquelle la métamorphose est possible mais pas obligatoire, est nommée : période de compétence (Leis & McCormick 2002). Ainsi, la phase de colonisation est le moment où les larves compétentes franchissent la crête récifale (Dufour & Galzin 1993). La colonisation ne concerne donc que les larves susceptibles de se métamorphoser. En Polynésie française, la colonisation du récif se fait principalement par la crête récifale, même si quelques espèces peuvent coloniser le récif par les passes. Les larves de poissons arriveraient près du récif en se maintenant à une certaine profondeur (vers - 60 m) tant qu'il fait jour. Lorsque l'éclairement diminue, les larves compétentes commencent à remonter de la pente externe vers la crête récifale et la franchissent de nuit. L'importance du flux larvaire est proportionnelle à la diminution d'éclairement (Dufour & Galzin 1993). La colonisation du récif se caractérise donc par un cycle journalier et un cycle lunaire. Au final, les larves franchissent la crête en "surfant" les vagues qui déferlent. Malgré la violence de ces déferlements par rapport à la petite taille et l'apparente fragilité des larves, celles-ci ne sont jamais blessées ou dépourvues de vitalité après le passage de la crête. Elles profiteraient de l'écume générée par les vagues pour transiter vers le récif comme sur un coussin d'air. Elles prennent ainsi contact pour la première fois, avec le substrat corallien. C'est le début de la phase "benthique" (phase d'installation).

1.4 Phase d'installation des juvéniles de poissons coralliens

Au moment de l'installation, les juvéniles sont exposés pour la première fois depuis l'éclosion, à un environnement récifal complexe comprenant de nombreux substrats potentiels, des compétiteurs tant intra- qu'inter-spécifiques et des prédateurs. Les juvéniles de chaque espèce choisissent alors de façon sélective leur habitat selon plusieurs critères, notamment les caractéristiques du refuge, les interactions intra- et inter-spécifiques avec les résidents, et la disponibilité des ressources alimentaires (Doherty 2002, Lecchini & Galzin 2003). L'importance de ces trois facteurs (refuge, interactions et ressource alimentaire) sur le choix du lieu d'installation est due à leur impact sur la survie et la croissance des juvéniles (Doherty 2002). La mortalité des poissons coralliens est connue pour être forte dans les premiers jours suivant l'installation. Doherty *et al.* (2004) estiment à 60 % la mortalité de *Naso unicornis* durant le premier jour d'installation, puis cette mortalité reste constante à 13 % par jour (sur les 15 jours de l'échantillonnage). Cette mortalité des juvéniles est attribuée essentiellement à la prédation (Connell 1997).

1.5 PCC : Enjeux et moyens mis en place

Mon stage de recherche s'inscrit dans un programme de recherche international (D. Lecchini et R. Galzin en sont les responsables) dont l'objectif est de contribuer au développement d'une pêche alternative durable dans les récifs coralliens via la capture de poissons et de crustacés au stade larvaire. En 2006, à travers le programme CRISP (coral reef initiative in the South Pacific), un projet a démarré sur la capture et la culture de larves (PCC : Post-larval Capture and Culture) afin d'identifier la technique de la PCC comme une pêche alternative durable via la capture des post-larves. Il est à noter que certains chercheurs utilisent le mot post-larve pour définir les larves capturées lors de la colonisation récifale.

Partant du constat que plus de 90% des larves de poissons coralliens disparaissent dans la semaine qui suit leur installation sur le récif (Doherty *et al.* 2004), la PCC permet la collecte de ces larves avant leur installation sur le récif sans qu'il y ait de conséquences sur les populations en place, ni de dégradation de l'environnement (Bell *et al.* 2009). Ces larves pourraient ainsi représenter une nouvelle ressource à exploiter durablement avec des fins d'alimentation des populations locales et d'aquariophilie. La PCC pourrait être une méthode alternative et durable à la pêche de poissons et de crustacés sauvages lorsqu'elle pourra proposer des organismes sains et de qualité, réclamés aujourd'hui par un marché mondial soucieux désormais d'améliorer son image. Ainsi, la technique de la PCC a été soutenue par le programme MAB (UNESCO) et l'Association française des récifs coralliens (ACOR), et a été labellisée « bonne pratique » par l'International Coral Reef Initiative (ICRI). Du point de vue environnemental, la technique de pêche des larves préserve non seulement le milieu physique (pas de destruction de l'habitat à travers la collecte), mais aussi le stock d'adultes et de juvéniles visés par la pêche traditionnelle (Bell *et al.* 2009).

1.6 Problématique scientifique

Dans le cadre de la PPC, deux outils de capture des larves de poissons sont utilisés: filet de crête et piège lumineux (Bell *et al.* 2009). Les filets de crête et les pièges lumineux sont des outils de capture utilisés depuis le début de la capture des larves de poissons et de crustacés des milieux coralliens dans les années 1990. A partir de ces travaux de recherche, des entreprises en Polynésie française et ailleurs ont basé leur activité économique sur la capture des larves marines, leur élevage et leur exportation vers les marchés internationaux de l'aquaculture et de l'aquariophilie. Cependant, un constat fait par ces entreprises et par le Service de la Pêche de Polynésie française, est que les filets de crête et les pièges lumineux capturent en abondance un grand nombre d'espèces (typiquement plus de

100), mais que certaines espèces à forte valeur commerciale ne sont jamais capturées (par exemple des espèces s'installant en profondeur sur les pentes externes).

Le filet de crête est une technique de pêche dite "passive". Lorsque les larves colonisent le lagon au niveau de la crête récifale, celles-ci "surfont" sur la vague et donc sont capturables "passivement" par un filet fixé sur la crête récifale. La technique du filet de crête est aujourd'hui bien maîtrisée par les scientifiques et par les entreprises privées (ex. Tropical Fish Tahiti, Bora-Eco-Fish). Mon stage a été donc orienté sur les pièges lumineux, outils de capture dits « actifs » (larves étant attirées vers l'outil de capture). Bien que les pièges lumineux soient utilisés depuis les années 1990, leur mode d'utilisation peut encore être optimisé (profondeur d'immersion, site d'immersion, type de lumière, etc.).

Mon stage a un double objectif : Améliorer quantitativement et qualitativement l'efficacité de capture des pièges lumineux en jouant sur la profondeur d'immersion des pièges lumineux (expérience *in situ*) ; et tester l'attraction de l'intensité lumineuse sur les larves de poissons (expérience en aquarium).

2. MATERIEL ET METHODES

2.1 Site d'étude : Moorea

La Polynésie française occupe une position isolée dans le Pacifique sud. Ce territoire d'Outre-Mer compte 120 îles qui s'étendent sur un domaine océanique de 5.5 millions de km². Ces îles hautes volcaniques ou ces atolls sont réparties en cinq archipels: Marquises, Tuamotu, Société, Gambiers et Australes.

L'île de Moorea (17°31'60''S, 149°49'60''W), à 17 km au nord-ouest de Tahiti (capitale de Polynésie française), est une des neuf îles hautes volcaniques de l'archipel de la Société. Moorea présente une superficie de 132 km², entouré par 61 km de récifs, délimitant un lagon d'une largeur de 500 à 1500 m. Le récif barrière, qui isole l'île de l'action de la houle et des vagues, est entrecoupée de passes par lequel s'évacue l'eau lagonaire. Ce lagon fonctionne comme un bassin renouvelé en continu : l'eau y pénètre au niveau de la crête récifale entraînée par les vagues pour ensuite rejoindre le chenal et ressortir par une passe, créant ainsi un courant continu plus ou moins marqué selon la houle océanique.

Le site d'implantation des pièges lumineux se situe sur la côte nord de Moorea, pente externe du village de Papetoai (Fig. 2). Le choix de ce site est lié à la proximité avec le centre de recherche (moins de 10 minutes en bateau). De plus, Dufour *et al.* (1996) et Lecchini *et al.* (2004) ont montré que la colonisation larvaire des poissons était la même sur les différentes côtes de Moorea. Ainsi, le site de Papetoai est composé de six corps morts permettant l'installation de 6 pièges lumineux (1 piège lumineux par corps mort ; corps mort espacés de 50 m).



Figure 2 : Site d'étude au niveau de la pente externe du récif, 100m à l'Ouest de la passe de la baie d'Opunohu, et à proximité du centre de recherche CRIOBE. Un total de six bouées (S17° 29.008' ; W149° 52.137' extrémité ouest, S17° 28.896' ; W149° 52.341' extrémité Est) sont successivement installées à un intervalle de 10 m, chacune accueillant un piège lumineux situé soit en sub-surface, soit dans la colonne d'eau (15m), soit en profondeur (28m).

2.2 Outil de capture des larves de poissons : Piège lumineux

Le piège lumineux collecte les larves de poissons selon un processus actif. Le piège lumineux est généralement installé sur la pente externe des îles coralliennes. Il émet une source lumineuse (rayon d'action variant de quelques mètres à 20 mètres suivant la clarté du milieu) qui attire les larves. Dans notre étude, le rayon d'action des pièges lumineux est de 10 m. Les larves doivent alors nager "volontairement" vers le piège pour y pénétrer. Ainsi, le piège lumineux est sélectif et ne collecte que les espèces présentant un phototropisme positif.

Le piège lumineux présente trois parties imbriquées les unes dans les autres. La première partie (celle du haut) est un cylindre en PVC dans lequel se trouve le module d'éclairage (52 LED) d'une autonomie de 24 h relié à deux batteries (12 V). La deuxième partie constitue l'attracteur lumineux. Il est de forme cylindrique (40 × 45 cm) et constitué par plusieurs plaques de PVC transparent séparées les unes des autres par des fentes de 6 mm de largeur. Ces plaques de PVC sont incurvées vers l'extérieur, évitant ainsi la fuite des larves. Les larves ainsi capturées descendent dans la troisième partie constituée par le collecteur (50 × 25 cm). Le piège lumineux est installé au crépuscule et relevé le matin suivant avec des larves dans le collecteur.

Afin d'éviter la dérive des pièges lumineux par les courants, la mise en place de corps morts sur le substrat corallien est nécessaire (Fig. 3). Les corps morts sont constitués de la façon suivante : Par 30m de fond, une chaîne est enroulée autour de massifs coralliens morts. A cette chaîne, une corde 14 mm est maintenue verticalement par trois bouées en surfaces. A la base de ce ces bouées, une deuxième corde est attachée au bout de laquelle le piège lumineux est attaché. Le piège lumineux est maintenu verticalement grâce à deux mousquetons attachés à la corde de 14 mm. La mise en place de ce dispositif permet de manipuler les pièges lumineux depuis la surface, mais nécessite cependant une mise à l'eau pour assurer de son bon déroulement.

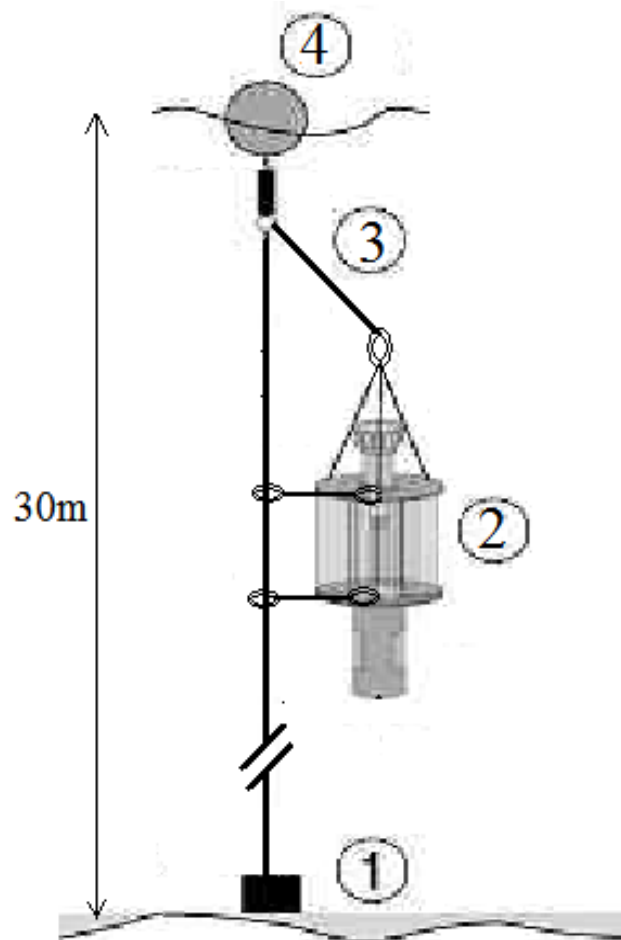


Figure 3 : Schéma du dispositif pour la mise en place des pièges lumineux. Une chaîne est enroulée à un massif corallien mort à environ 30m de fond (1), sur laquelle un orin est mis en place. Celui-ci est maintenu à la verticale grâce à une bouée en surface (4). Le piège lumineux (2) coulisse sur ce orin par l'intermédiaire de mousquetons et est relié à un bout (3) dont la longueur conditionne la profondeur d'étude (0.3m, 15m, 35m).

2.3 Stratégie d'échantillonnage : Expérience des pièges lumineux

Afin de tester l'efficacité de capture des pièges lumineux selon la profondeur d'immersion, deux pièges ont été immergés en sub-surface (1 m de profondeur), deux pièges dans la colonne d'eau (à 15 m de profondeur) et deux pièges sur le fond (à 28 m de profondeur). Chaque jour d'échantillonnage, les six pièges lumineux (2 pièges par profondeur) sont positionnés aléatoirement sur l'un des six corps morts grâce au logiciel randomizer.org. Les pièges lumineux sont installés avant le crépuscule et relevés à l'aube suivante. Les pièges lumineux ont été installés quatre fois par semaine du 15 février au 23 avril 2010. Les larves capturées dans chaque piège lumineux ont été ramenées vivantes au CRIOBE. Les larves ont été ensuite triées et identifiées au niveau de l'espèce grâce à des clés de détermination taxonomique (voir livre de Maamaatuaiahutapu *et al.* 2006). Ainsi, lors de chaque jour de capture, le nombre de larves par espèce et par profondeur a été obtenu. Ces données permettent de déterminer les patrons de colonisation (abondance et richesse spécifique) en fonction de la phase lunaire et de la profondeur d'immersion des pièges lumineux.

2.4 Stratégie d'échantillonnage : Expérience en aquarium sur le phototropisme des larves

Une fois identifiées et énumérées, les larves sont utilisées pour une expérience en aquarium afin d'étudier l'intensité lumineuse optimale pour chacune des espèces collectées. En effet, même si les larves ont été capturées dans les pièges lumineux, leur phototropisme peut être plus ou moins prononcé d'une espèce à l'autre.

Le but est de tester l'attraction des larves dans un aquarium composé de quatre compartiments possédant chacun une intensité lumineuse différente (Fig. 4). Un aquarium de 140cm de long et 56cm de large comporte dans le sens de sa longueur deux séparations espacées d'une zone communicante créant ainsi quatre compartiments de même volume. Une lampe de 52 LED reliée à une batterie de 12V est placée dans un de ces compartiments et délivre alors une intensité lumineuse décroissante dans les trois autres (Lumière ++, Lumière +, Lumière -, Obscurité).

Une larve est placée au centre de l'aquarium pendant 2''30'. Les larves sont testées une par une pour éviter l'effet de groupe. Le choix du compartiment par la larve est validé à partir du moment où celle-ci y a passé plus de 30 secondes consécutives. L'expérience est alors stoppée. Dans le cas échéant, l'expérience est arrêtée au bout de 3''30' et la mention « no choice » (NC) est retenue. Deux tests sont réalisés pour chaque larve. Le premier test, test contrôle, est réalisé sans aucune lumière

émise. Le deuxième test ensuite réalisé avec la source lumineuse. L'objectif est de comparer, par un test du χ^2 , la distribution dans les 5 compartiments des larves pour une même espèce en absence de lumière (distribution théorique) et en présence de lumière (distribution observée).

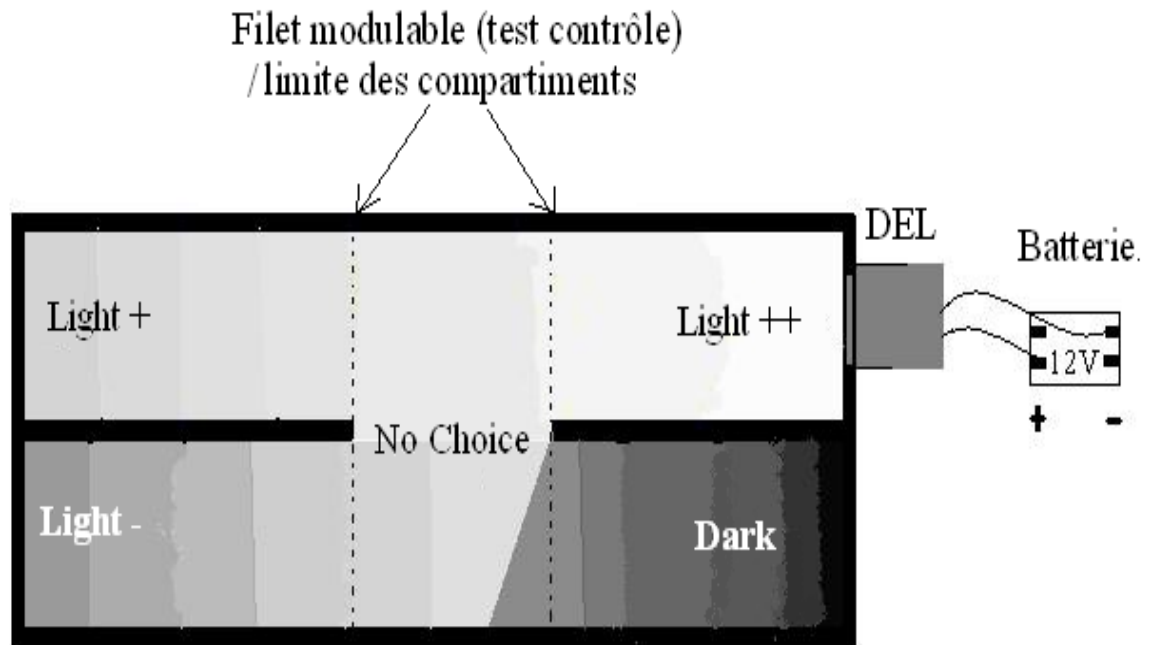


Figure 4 : Schéma du dispositif permettant de tester le phototropisme des larves capturées. Cet aquarium est composé de 4 compartiments communicant par un cinquième compartiment central (no choice). Une source lumineuse (batterie de 12V reliée à 52 DEL) est installée aléatoirement dans l'un des quatre premiers compartiments (Light ++) et répartie la lumière de manière inégale dans les trois autres créant une intensité lumineuse décroissante (Light +, Light -, Dark).

3 RESULTATS

3.1 Patrons de colonisation larvaire selon la profondeur d'immersion des pièges lumineux

Un total de 825 larves appartenant à 35 espèces a été capturé par les pièges lumineux, installés du 21 Février au 165 Avril (soit 25 répliques temporels) sur la côte nord de Moorea. La taille des larves de poissons capturée varie de 7 mm à 58 mm (longueur totale) selon les espèces.

L'abondance de capture (nombre de larves par piège lumineux) varie au cours du temps (phase lunaire) et selon la profondeur (profondeur d'immersion des pièges lumineux) (Fig. 5). Par exemple, 92 larves ont été capturées le 24 mars (demi-lune montante) sur les pièges lumineux en sub-surface. A l'opposé, seulement 2 larves ont été capturées le même soir sur les pièges lumineux en profondeur. La variabilité entre les 2 pièges lumineux situés à la même profondeur est négligeable (ANOVA, normalité et homocédasticité des données testées, pièges en surface : $df=1$, $F=0.26$, $p=0.61$; pièges dans la colonne d'eau : $df=1$, $F=0.0001$, $p=0.99$; pièges en profondeur : $df=1$, $F=0.71$, $p=0.41$). En revanche, la variabilité en abondance des pièges lumineux est significative selon la profondeur (ANOVA : $df=2$, $F=8.48$, $p<0.001$). Le test *a posteriori* de Turkey montre que les captures en sub-surface sont significativement différentes de celles dans la colonne d'eau ($p<0.01$) et de celles en profondeur ($p<0.01$). La différence entre les captures dans la colonne d'eau et en profondeur est non significative ($p>0.05$). Ainsi, les pièges lumineux en sub-surface capturent en moyenne 19 larves par soir (+/- 12.55 EC – soit 79% des captures totales), alors que les pièges dans la colonne d'eau et ceux en profondeur capturent respectivement 3 (+/- 2.33 EC – soit 14% des captures totales) et 1 larves par soir (+/- 1.23 EC – soit 7% des captures totales). Enfin, la capture des larves est également influencée par le cycle lunaire. Les abondances sont les plus faibles durant la semaine de la pleine lune, alors que les abondances sont les plus fortes quelques jours avant ou après la nouvelle lune (Fig. 5).

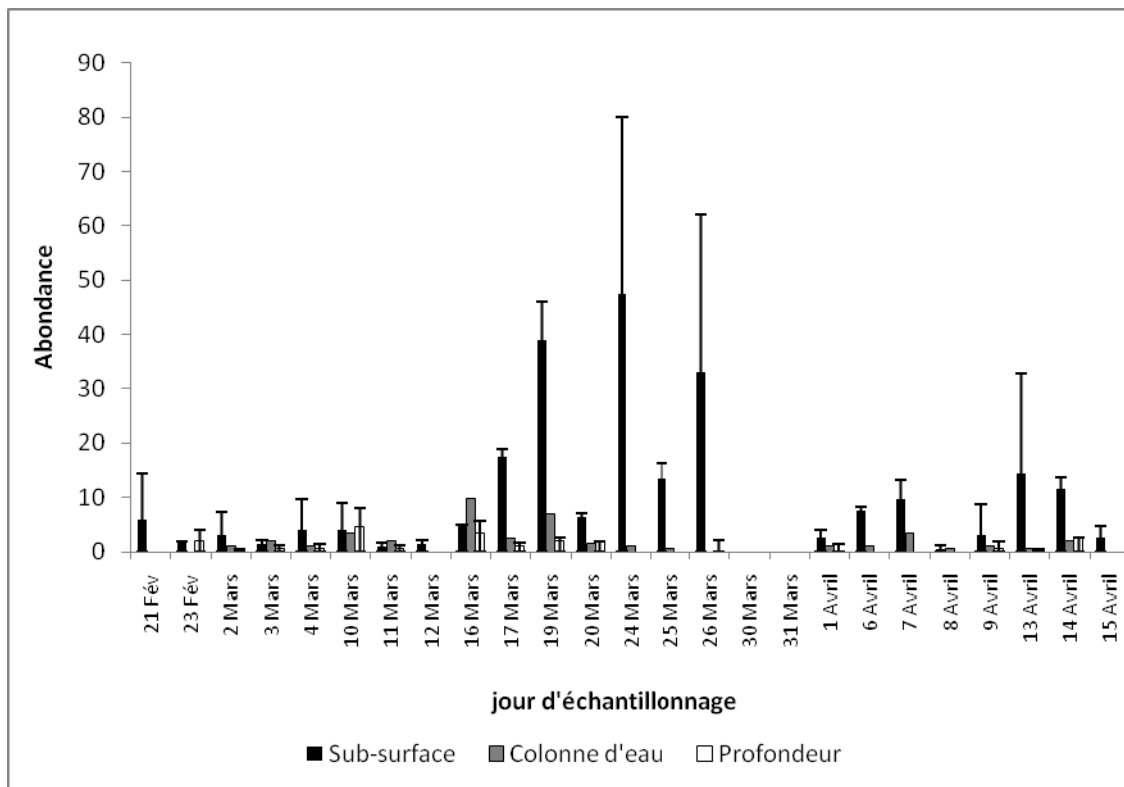


Figure 5 : Abondance moyenne des larves de poissons capturées par les pièges lumineux en fonction de la profondeur et du cycle lunaire. Six pièges lumineux ont été installés sur la côte nord de Moorea : deux pièges lumineux en sub-surface (entre 1 et 2 m de profondeur), deux pièges lumineux dans la colonne d'eau (entre 10 et 15 m de profondeur) et deux pièges lumineux en profondeur (entre 25 et 30 m de profondeur).

La richesse spécifique (nombre total d'espèces) varie aussi au cours du temps (phase lunaire) et selon la profondeur (profondeur d'immersion des pièges lumineux) (Fig. 6). Cette variabilité est, néanmoins, non-significative selon la profondeur (ANOVA : $df=2$, $F= 0.001$, $p= 0.99$). Par exemple, le 10 mars, 6 espèces ont été capturées par les pièges en sub-surface, 5 espèces par les pièges dans la colonne d'eau et 5 espèces par les pièges lumineux en profondeur. Cependant, ce ne sont pas les mêmes espèces (Fig. 7). L'importance de répartition des 5 familles les plus abondantes est en effet différente selon la profondeur d'immersion des pièges lumineux (Fig. 8).

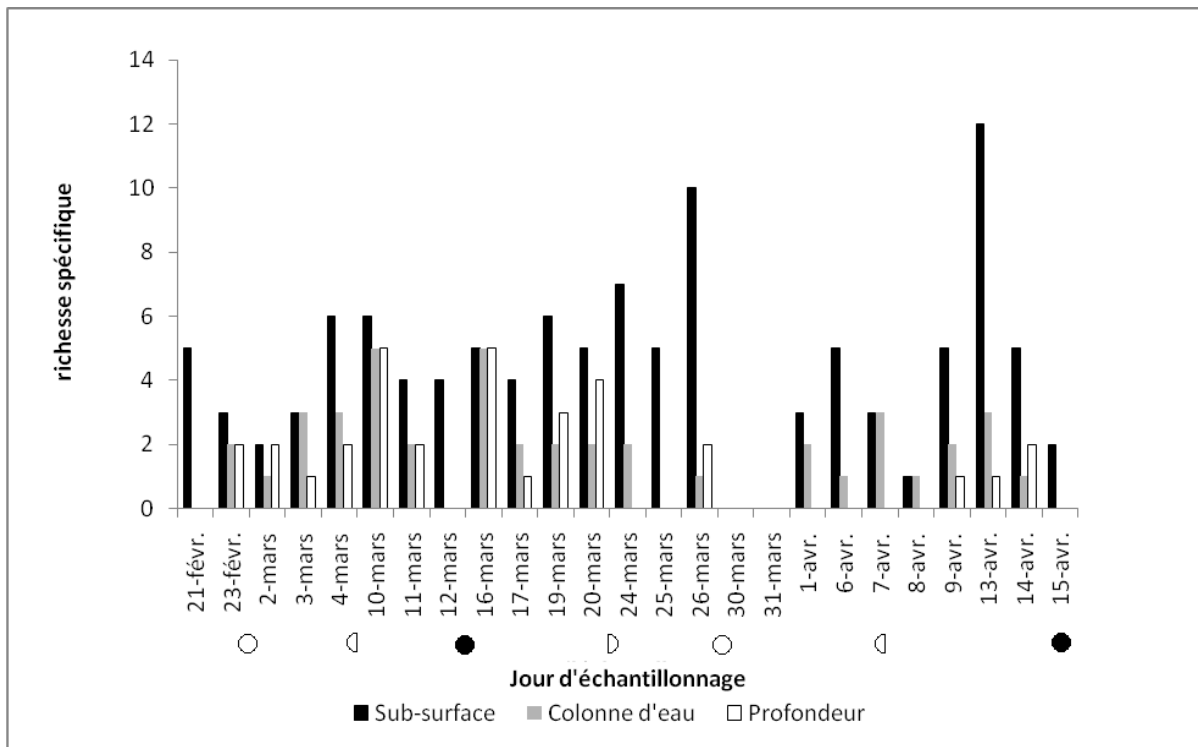


Figure 6 : Variabilité de la richesse spécifique des larves capturées par les pièges lumineux en fonction de la profondeur et du cycle lunaire.

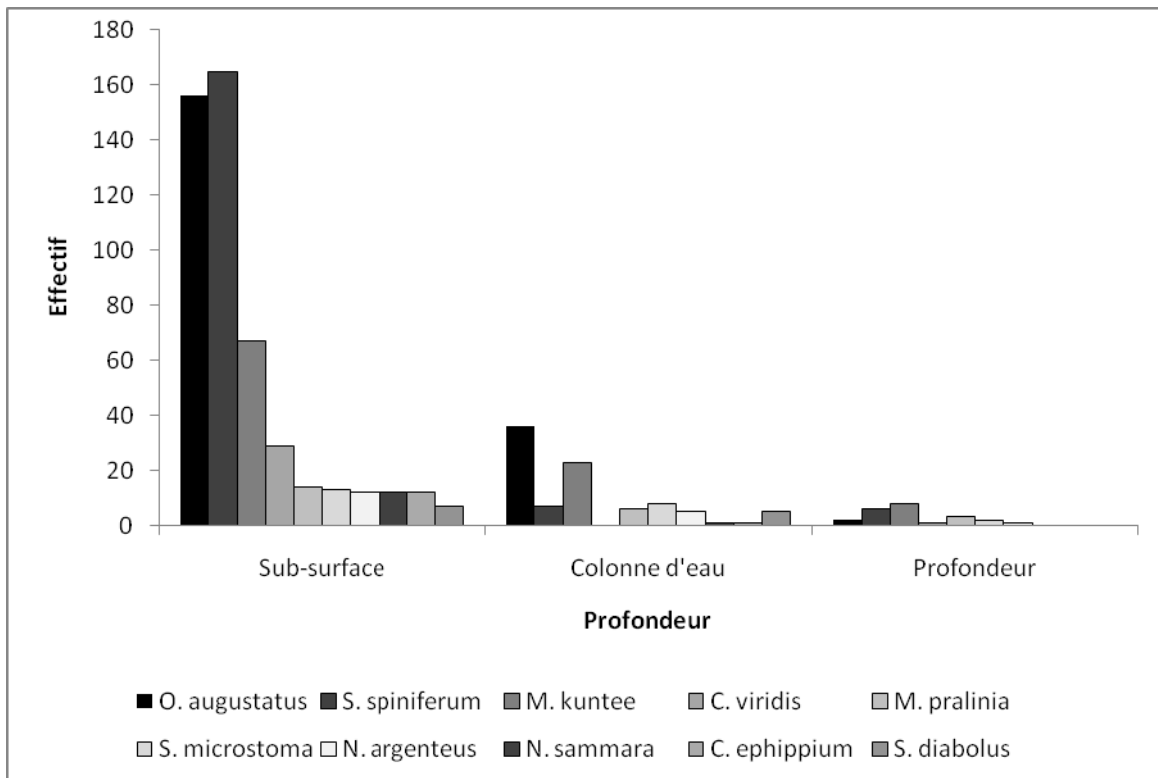


Figure 7 : Variabilité de la répartition des 10 espèces les plus communément capturées par les pièges lumineux en fonction de la profondeur pendant la période du 21 février au 15 avril.

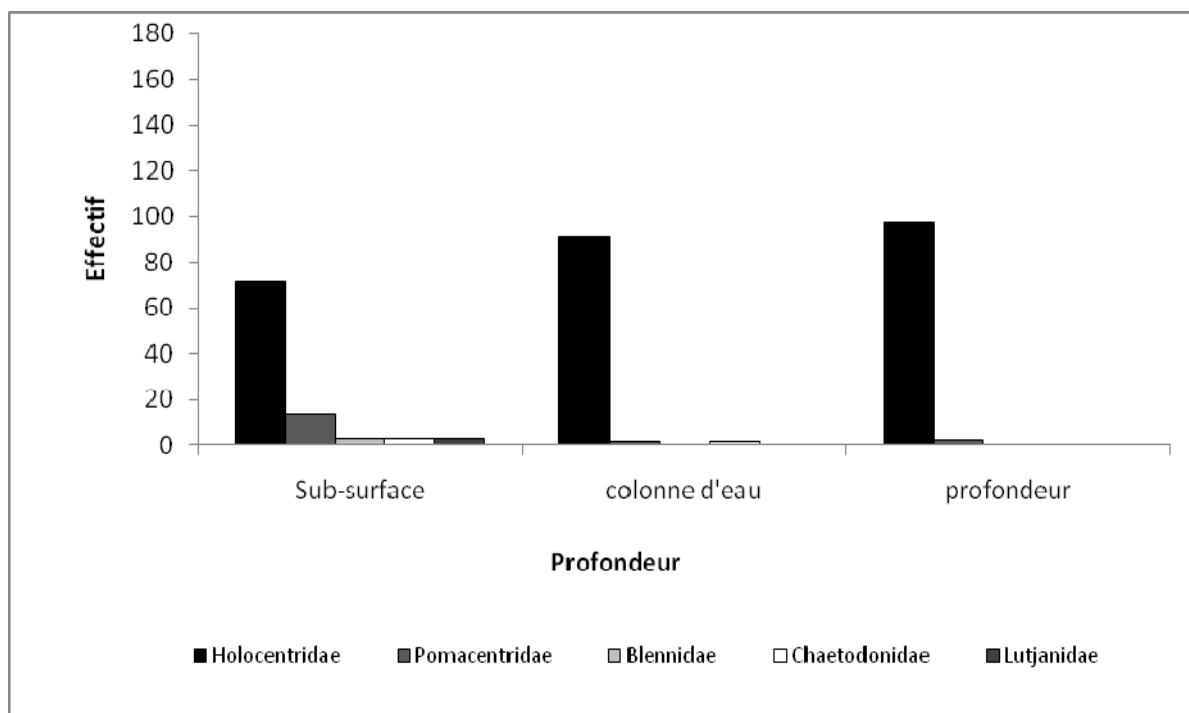


Figure 8 : Variabilité de la répartition des 5 familles les plus communément capturées par les pièges lumineux en fonction de la profondeur pendant la période du 21 février au 15 avril.

3.2 Valeur économique de la capture des pièges lumineux selon la profondeur d'immersion

Dans le cadre de la P.C.C., chaque espèce a une valeur économique selon son intérêt en aquaculture et en aquariophilie. Cette valeur varie 4 fcp par larve de *Chromis viridis* (1€≈119 fcp) à 29 fcp par larve d'*Acanthurus olivaceus* (données fournies par Lecchini *et al.* 2006). La valeur économique de la capture des larves par les pièges lumineux varie selon la profondeur (Fig. 9). Lorsque le calcul est basé sur la présence ou l'absence de l'espèce, ce prix varie de 504 fcp pour les pièges en sub-surface à 123 fcp pour les pièges en profondeur. Lorsque le calcul est basé sur l'abondance de l'espèce, ce prix varie de 4219 fcp pour les pièges en sub-surface à 452 fcp pour les pièges en profondeur (Fig. 9).

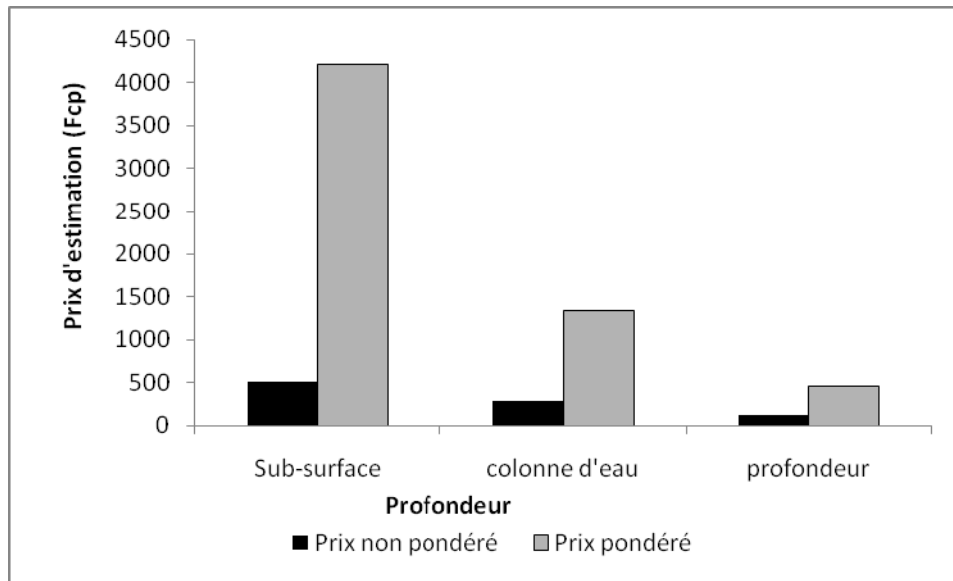


Figure 9 : Valeur économique de la capture des pièges lumineux selon la profondeur d'immersion. Le prix est soit calculé sur la présence ou l'absence de l'espèce (prix non pondéré), soit calculé sur l'abondance de capture de l'espèce (prix pondéré).

3.3 Phototropisme des larves de poisson (expériences en aquarium)

Les larves de poissons capturées avec les pièges lumineux (quelque soit la profondeur de capture) ont été testées en aquarium. L'analyse statistique n'a été conduite que sur les espèces capturées en abondance. Ainsi, un total de 7 espèces comportant chacune de 5 à 59 larves a été étudié en aquarium (Tableau I).

Lors de l'expérience « contrôle » (absence de lumière), la répartition des larves pour une espèce donnée est soit homogène dans les 5 compartiments, soit les larves restent immobiles dans le compartiment central (pas de déplacement). Par exemple, chacune des 4 larves de *Myripristis kuntee* ont choisis, lors du test contrôle, un compartiment différent. A l'opposé, 4 larves sur 5 d'*Epinephelus merra* ont choisis, lors du test contrôle, le compartiment central qu'elles n'ont pas quitté depuis le début de l'expérience.

Lors de l'expérience « lumière » (éclairage par des LED), la répartition des larves est différente selon les 5 compartiments (Fig. 10). Le test de Friedman (conduite sur l'ensemble des 7 espèces) montre que cette différence est significative ($X^2= 738,51$; $p<0.001$). Par exemple, 2.7% des larves sont attirées vers le compartiment le plus lumineux (L++) et 40% sont attirées vers le deuxième compartiment le moins lumineux (L-). Le test de Page est significatif ($L=360.5$; $p<0.001$) avec l'ordre suivant : Lumière-, Lumière +, Choix nul, Obscurité, Lumière++

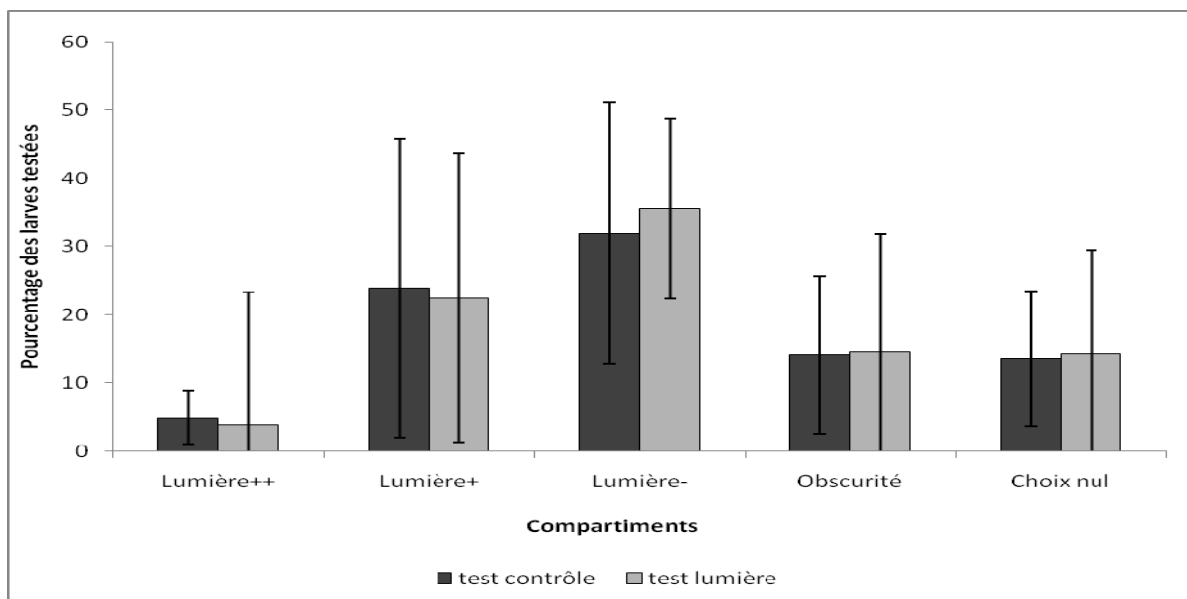


Figure 10 : pourcentage des larves réparties par compartiments en absence de lumière (test contrôle) et en présence de lumière (light test). Les compartiments possèdent une intensité lumineuse décroissante de Light ++ à Dark. Le compartiment no choice désigne le compartiment central où aucun choix n'a été fait entre les quatre compartiments lumières

Le test du χ^2 réalisé espèce par espèce montre que 3 des 7 espèces étudiées sont attirées significativement par l'un des 4 compartiments (Tableau 1). Les larves de *Myripristis kuntze* et de *Sargocentron spiniferum* sont attirées majoritairement par le compartiment lumière -, alors que les larves de *Ostorhinchus augustatus* sont majoritairement attirées par le compartiment lumière +. (Tableau I).

Tableau I : Choix du compartiment, en présence de lumière, pour chacune des 7 espèces de larves étudiées et test de la significativité (valeur du χ^2 et de p)

Espèces	χ^2 calculé	P	Compartiment le plus attractif
<i>Myripristis Kuntze</i>	58,2	p<0,001	L- (significatif)
<i>Myripristis Pralinia</i>	1,36	0,85	L- (non significatif)
<i>Neoniphon argentus</i>	2,50	0,62	L- (non significatif)
<i>Neoniphon sammara</i>	2,00	0,69	L+ (non significatif)
<i>Ostorhinchus augustatus</i>	7,33	0,16	L+ (non significatif)
<i>Sargocentron microstoma</i>	21,0	p<0,001	L- (significatif)
<i>Sargocentron spiniferum</i>	16,5	p<0,001	L- (significatif)

4 DISCUSSION

Mon étude a montré que l'abondance et la richesse spécifique des larves de poissons coralliens capturées par les pièges lumineux varient au cours du cycle lunaire et selon la profondeur d'immersion des pièges (Fig. 5, 6, 7 et 8). Les captures les plus abondantes ont été obtenues durant les soirs suivant ou précédent la nouvelle lune et les plus faibles captures ont été obtenus les soirs autour de la pleine lune (Fig. 5, 6). Pendant ma période d'échantillonnage (21 février au 15 avril), les pièges lumineux en sub-surface (1-2 m de fond) ont capturé 79% du flux larvaire total, alors que les pièges de la colonne d'eau (10-15 m) et de profondeur (25-30 m) capturent, respectivement, 14% et 7%. La richesse spécifique est, elle aussi, la plus importante en sub-surface. La valeur économique des captures est ainsi la plus élevée pour les pièges de sub-surface (Fig. 9). L'étude réalisée sur le phototropisme des larves en aquarium a démontré que la majorité des larves testées sont attirées vers le deuxième compartiment le moins lumineux (Tableau I).

Le flux larvaire a donc varié au cours du cycle lunaire. Cependant, d'autres facteurs non pris en compte dans l'étude peuvent influencer les captures : pourcentage de recouvrement nuageux, houle, force du vent ou de la houle. Une différence de capture a, par exemple, été observée entre la nuit de pleine lune du 2 février où une dizaine de larves ont été capturées en présence de nuage et la nuit du 30 mars où aucune larve n'a été capturée en absence totale de nuage. D'autres phénomènes naturels de plus grande importance tels que le cyclone Oli qui a touché Moorea le 4 février, et deux dépressions (Nisha le 28 janvier et Pat le 8 février) ont également pu avoir un fort impact sur le flux larvaire colonisant Moorea. Il est, en effet, possible que les périodes de reproduction des poissons soient interrompues pendant des perturbations naturelles. Les œufs déjà émis et les larves pélagiques océaniques pourraient mourir ou dériver des courants habituels aux alentours de Moorea. Plusieurs biais sont également à noter. Tout d'abord, la courte période d'étude (du 21 février au 15 avril) associée aux perturbations naturelles (en cette année El Nino) ne permet pas d'affirmer la présence d'une telle variabilité du flux larvaire selon la phase lunaire et la profondeur d'immersion sur le long terme. En effet, le cycle de reproduction des poissons étant mensuel ou saisonnier, seulement une très faible portion de la totalité des espèces susceptibles d'être capturées par les pièges lumineux a pu être étudiée. Pour plus de pertinence, l'étude devrait être menée sur le long terme. Comme toute expérience en aquarium, les conditions expérimentales du test de phototropisme des larves de poissons diffèrent de celles en milieu naturel. La lumière testée diffère de la lumière émise dans l'océan par les pièges lumineux en raison d'une variation de la turbidité, de la clarté de l'eau et de la qualité de dispersion de la lumière dans le milieu. De plus, n'étant pas dans son environnement naturel, la larve stressée peut choisir un compartiment non pas par attraction vers une lumière, mais par choix d'une cache. L'acclimatation de la larve dans le compartiment central a permis, néanmoins, de diminuer ce stress.

Ainsi, de nombreuses améliorations peuvent et devront être apportées pour renforcer la validité de mes résultats. Néanmoins, l'étude a permis d'obtenir des résultats très innovants sur l'efficacité de capture des pièges lumineux.

D'après une étude réalisée par un autre étudiant au Criobe en janvier 2010 (Havimana *et al.* 2010) sur les filets de crête, la capture des larves de poissons par les pièges lumineux est moins efficace (70% de différences). Une moyenne de 178 larves a été capturée par jour avec un filet de crête, les pièges lumineux n'ayant capturé qu'une moyenne de 23.8 larves par jour. L'ensemble des 37 espèces capturées par les pièges lumineux est représenté parmi les 75 espèces capturées au filet de crête durant la même période d'étude. Cependant, les pièges lumineux, qui sont contrairement aux filets de crête, des outils de capture actifs permettent une certaine sélection parmi toutes les larves présentes dans le milieu. Une étude plus approfondie des tests réalisés en aquarium sur le phototropisme des larves permettrait de déterminer l'intensité lumineuse optimale spécifique à chacune des espèces. Dans le cadre d'un projet de réensemencement, d'aquaculture ou d'aquariophilie, ceci permettrait de pouvoir cibler en particulier un type de larve recherchée ou du moins, de restreindre l'éventail d'espèces susceptibles d'être capturées.

Une autre différence observée entre les deux outils de capture est la taille des larves de poisson capturées. Les larves capturées par les pièges lumineux sont plus petites que les larves capturées par les filets de crête. Cette différence peut-être due au fait que les larves pélagiques subissent une métamorphose qui se déclencherait à proximité de la barrière de corail grâce à des stimuli sensoriels (Leis & McCormick 2002). Elles attendent ensuite d'atteindre un stade plus avancé dit de « post-flexion » pour pouvoir coloniser le lagon en franchissant la crête récifale de nuit (Dufour & Galzin 2003). La taille des larves capturées dépend donc de l'endroit où les pièges sont installés. Les larves collectées par les pièges lumineux situés sur la pente externe collectent ainsi des larves de pré-flexion, inaptés morphologiquement à la colonisation, et plus petites que les larves ayant atteint le stade de post-flexion collectées par les filets de crête.

La conservation des ressources marine et de la biodiversité peut trouver, à partir de la P.C.C., le moyen de dynamiser les aires marine protégées tout en renforçant les stocks pour la pêche artisanale. En outre, cela permet à la population polynésienne de subvenir à leur besoins journaliers sans détruire l'environnement, héritage de leurs enfants. Le repeuplement des écosystèmes à partir de la P.C.C. paraît être une solution évidente et doit être considéré comme une nouvelle technologie qui nécessite d'avantage de recherche et de développement. Le perfectionnement des outils de capture des larves de poissons tels que les pièges lumineux doivent donc être l'objet des recherches à venir. Les résultats de l'étude sur la profondeur des pièges lumineux ainsi que sur les test d'attraction des larves à une source lumineuse en aquarium ont permis de donner deux affirmations : la première étant que les

la majorité des larves sont capturées en sub-surface, et la deuxième étant que les larves sont attirées préférentiellement vers une certaine intensité lumineuse spécifique à chaque espèce. Des tests plus approfondies en aquarium basés sur des mesures d'intensité précises pourraient ainsi être menées dans la continuité de l'étude.

5 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adjeroud M, Chancerelle Y, Schrimm M, Perez T, Lecchini D, Galzin R, Salvat B (2005) Detecting the effects of natural disturbances on coral assemblages in French Polynesia: a decade survey at multiple scales. *Aqua. Liv. Res.* 18:111-123.
- Bell JD, Clua E, Hair CA, Galzin R, and Doherty PJ (2009) The capture and culture of post-larval fish and invertebrates for the marine ornamental trade. *Rev. Fish. Sci.* 17:223-240.
- Connell SD (1997) The relationship between large predatory fish and recruitment and mortality of juvenile coral reef-fish on artificial reefs. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 209: 261-278.
- Doherty PJ (2002) Variable replenishment and the dynamics of reef fish populations. In: Sale P.F. (ed.), *Coral reef fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem*, Academic press, San Diego. 43: 327-358.
- Doherty PJ, Dufour V, Galzin R, Hixon M, Planes S (2004) High mortality during settlement is a population bottleneck for a tropical surgeonfish. *Ecology* 85: 2422-2428.
- Dufour V, Galzin R (1993) Colonization patterns of reef fish larvae to the lagoon at Moorea Island, French Polynesia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 102: 143-152.
- Dufour V, Riclet E, Lo-Yat A (1996) Colonization of reef fishes at Moorea Island, French Polynesia: the importance of the larval flux for the population of resident fishes. *Mar. Freshw. Res.* 47: 413-422.
- Havimana L, Lovell E, Lecchini D (2010) Capture and identification of coral fish larvae (French Polynesia). Rapport de licence, Université du Pacifique Sud, Fidji, pp 27.
- Hughes TP, Baird AH, Bellwood DR, Card M, Connolly SR, Folke C, Jackson JBC, Lough JM, Marshall P, Nystrom M, Palumbi SR, Pandolfi JM, Rosen BRoughgarden J (2003) Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science* 301: 929-933.
- Lecchini D, Galzin R (2003) synthèse des processus pélagiques et benthiques, biotiques et abiotiques, stochastiques et déterministes, sur la dynamique d'autorecrutement des poissons coralliens, *Cybiurn* 27: 143-148.
- Lecchini D, Dufour V, Carleton J, Strand S, Galzin R (2004) Study of the fish larval flux at Moorea Island: is the spatial scale significant? *J. Fish Biol.* 65:1142-1146.

- Leis JM, McCormick MI (2002) The biology, behavior, and ecology of the pelagic, larval stage of coral reef fishes. In: Sale PF (ed) Coral reef fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem. Academic Press, San Diego: 171-199.
- Leis JM, Sweatman HPA, Reader SE (1996) What the pelagic stages of coral reef fishes are doing out in blue water : daytime field observations of larval behavioural capabilities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 148: 123-131.
- Maamaatuaiahutapu M, Remoissenet G, Galzin R (2006) Guide d'identification des larves de poissons récifaux de Polynésie française, pp98.
- Springer VG (2007) Pacific plate biogeography, with special reference to shorefishes. In: Smithsonian contributions to zoology, pp. 182.
- Vigliola L, Harmelin-Vivien M (2001) Post-settlement ontogeny in three Mediterranean reef fish species of the genus *Diplodus*. *Bull. Mar. Sci.* 68: 271-286.