



Utilisation des larves de poissons de récifs coralliens: Synthèse des travaux menés en Polynésie française

Emmanuel Malpot¹, René Galzin^{2,3} et Georges Remoissenet⁴

Introduction

Depuis plus de quinze ans, l'École Pratique des Hautes Études (EPHE), en collaboration avec le Service de la Pêche (SPE, <http://www.peche.pf> 2007) de Polynésie française, a étudié la phase de colonisation des récifs par les larves de poissons et défini un nouveau concept basé sur l'exploitation durable des post-larves par un mode d'aquaculture intégrée.

Cet article a pour but de rassembler et de diffuser la base des connaissances acquises en Polynésie française sur la capture et l'élevage des post-larves de poissons de récifs coralliens. Cette synthèse n'est pas un travail exhaustif de compilation des données mais une présentation de l'ensemble des points clés identifiés dans le contexte polynésien. Nous souhaitons ainsi présenter des informations pratiques et utiles pour le développement à l'échelle de nos îles, d'une aquaculture récifale durable orientée notamment vers la production de poissons vivants pour la filière ornementale. Après avoir rappelé les principaux acquis de la Recherche Fondamentale, nous présenterons les thématiques abordées dans le cadre de travaux de recherches appliquées en Polynésie française et précisons, dans quels contextes, l'expertise polynésienne peut-être valorisée.

Les acquis de la recherche fondamentale

Une technique de collecte: le filet de crête

Dans les années 80, afin de décrire le zooplancton des milieux récifo-lagonaires de Polynésie française, Jean-Pierre Renon (EPHE) a ancré des filets à mailles fines sur les crêtes récifales ou dans les hoa d'îles telles que Takapoto, Hao, Mataiva et Moorea (Renon 1989). Ces filets avaient pour mission de filtrer le flux planctonique entrant dans les lagons et c'est dans ce contexte que le transit des larves et juvéniles de poissons a commencé à être décrit. L'étude de l'ichtyoplancton dans le complexe récifal de l'île de Moorea⁵ a ensuite été poursuivie par l'EPHE et Vincent Dufour reprend alors, dans le cadre de son DEA puis de sa thèse de doctorat soutenue en 1992, la technique des filets fixes de Jean-Pierre Renon en les baptisant « filets de crête » (Dufour 1991, 1994; Dufour et Galzin 1992, 1993).

Ces outils, qui offraient pour la première fois la possibilité d'exprimer les résultats de captures en termes de flux larvaire (nombre d'individus capturés par mètre de récif barrière et par unité de temps), se sont avérés être, d'une part, des outils essentiels dans la dynamique de Recherche du CRIOBE sur la phase de colonisation des récifs par les larves de poissons et, d'autre part, des engins précurseurs des filets utilisés aujourd'hui à des fins aquacoles.

Les variations temporelles de la colonisation larvaire

Les variations temporelles des phénomènes de colonisation larvaires, étudiées par Dufour (1991), Planes *et al.*, (1993), Dufour *et al.* (1996) à Moorea et Lo-Yat (2002a) à Rangiroa présentent de fortes cyclicités (Fig. 1). Nous distinguons ainsi:

Des cycles nycthémeraux: La colonisation larvaire a lieu en très grande majorité pendant la nuit. L'hypothèse la plus crédible pour expliquer ce phénomène consiste à dire que la nuit est plus propice à la survie des larves face aux prédateurs du récif.

Des cycles lunaires: La colonisation larvaire est plus forte les nuits sans lune et la période la plus productive pour la collecte est centrée autour de la nouvelle lune. L'explication de ce phénomène est également associée à la prédation, les nuits noires pouvant favoriser la survie des larves en colonisation.

Des cycles annuels: Lo-Yat (2002a) a montré à Rangiroa que la majorité des espèces de poissons (72%) présentent des cycles de colonisations saisonniers, qui durent quelques mois dans l'année alors que 27% des espèces capturées sont dites « mixtes » et colonisent tout au long de l'année. Parmi les espèces saisonnières, 58% colonisent préférentiellement pendant la saison chaude, d'octobre à mai, et seul 14% sont spécifiques de la saison froide. L'élévation de la température de la mer de quelques degrés permet l'apparition de facteurs biotiques (Bloom planctonique = plus de proies pour les larves) et abiotiques (augmentation de l'activité métabolique des larves = meilleure vitesse de croissance) favorables à une meilleure survie des cohortes larvaires. Ces arguments peuvent permettre d'expliquer une tendance évolutive de la majorité des espèces de poissons à se reproduire en saison chaude.

1. Aquanesia, BP 40419, 98713 Papeete, Polynésie française. Email: emmanuel.malpot@mail.pf

2. UMR 5244 CNRS-EPHE-UPVD, Université de Perpignan, France

3. CRIOBE UMS 2978 CNRS-EPHE BP 1013 Papetoai, Moorea, Polynésie française

4. Service de la Pêche de Polynésie Française, BP 20, 98713 Papeete, Polynésie française

5. Conduite par le Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement (CRIOBE)

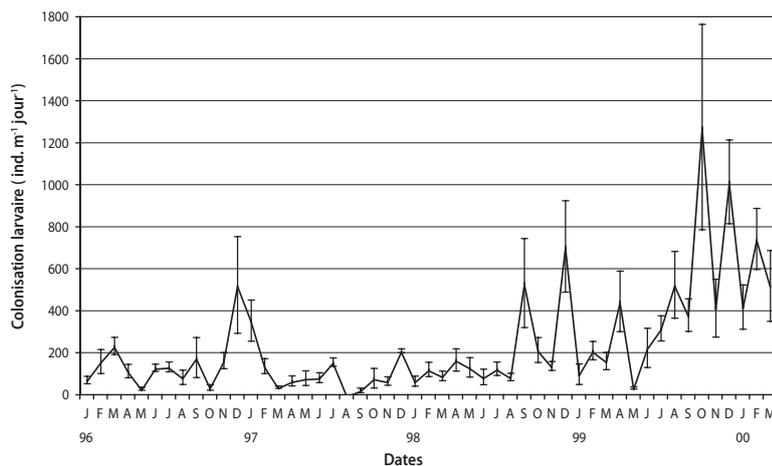


Figure 1. Évolution temporelle de la colonisation larvaire à Rangiroa de 1996 à 2000 (Extrait de Lo-Yat A. 2002a).

Des cycles inter-annuels: L'amplitude des phénomènes de colonisation connaît des variations importantes d'une année sur l'autre (Fig. 1) et il n'existe pas aujourd'hui de modèle permettant de prédire ces variations. La survie d'une cohorte de larves dans l'océan revêt un caractère très aléatoire lié à des phénomènes biotiques et abiotiques non prévisibles.

Les variations spatiales de la colonisation larvaire

L'étude des variations de la colonisation larvaire a été menée à plusieurs échelles spatiales sur l'île de Moorea. La pose de cinq filets de crête espacés de 8 à 12 kilomètres et répartis autour de l'île par Dufour *et al.* (1996) a permis de démontrer que la colonisation était homogène sur l'ensemble de la crête récifale de Moorea. Pour certaines espèces, des pics de colonisation simultanés entre des sites distants de 10 à 30 kilomètres ont été observés. De plus, dans le cadre de la mission COVARE (colonisation larvaire et variabilité des stocks de poissons récifaux), six filets de crête placés à 200 mètres de distance sur la côte Nord de Moorea (Lecchini *et al.* 2004) ont permis de valider l'homogénéité de la colonisation larvaire à plus petite échelle en montrant l'absence de différence significative en termes d'abondance et de richesse spécifique entre les pièges. Des résultats comparables avaient été obtenus par Dufour (1992a, 1992b) avec deux filets distants de 10 mètres.

Il apparaît donc que la colonisation larvaire, au niveau de la crête récifale d'une île haute comme celle de Moorea, est homogène quelque soit l'échelle spatiale considérée.

Afin de comparer la colonisation larvaire de la crête récifale à celle d'habitats différents, une étude a été réalisée à Rangiroa par Malpot (2005) à l'aide de «light-traps». Trois sites (pente externe, passe et lagon) distants de deux kilomètres les uns des autres étaient chacun équipés de trois light-traps indépendants. Les résultats ont montré que la colonisation est significativement plus importante au niveau d'une passe de l'atoll qu'en pente externe, laissant penser que les phénomènes courantologiques de la passe y favorisent la concentration des larves. Le site lagon enregistrait de très faibles captures, certainement dues à l'installation préalable des larves venant de l'océan. La

présence de trois light-traps indépendants par site d'échantillonnage a permis de confirmer l'absence de variation spatiale de la colonisation à petite échelle.

La notion de variation spatiale de la colonisation larvaire n'apparaît donc pas prioritairement déterminée par des paramètres quantitatifs (distances entre les sites) mais davantage par des critères qualitatifs (hydrodynamisme, habitat, etc). Ce n'est que récemment que sont étudiées de manière plus précise, les notions d'auto-recrutement et de connectivité entre les îles (Planes *et al.* 2002; Irissou *et al.* 2004, Almany *et al.*, 2007).

La structure des cohortes de larves de poissons

L'analyse des captures de larves de poissons, réalisées en Polynésie française à l'aide de filets ou de light-traps, montre de manière récurrente une très faible diversité des collectes. Même si la richesse spécifique totale des captures est forte (très grand nombre d'espèces), la plupart des espèces sont faiblement représentées et quelques taxons sont très abondants (Fig. 2). Les Pomacentridae (45 à 55%), les Apogonidae (15 à 20%), les Acanthuridae (6 à 8%) et les Holocentridae (4 à 5%) dominent généralement les captures annuelles.

Le devenir des larves après la colonisation

L'étude menée par Dufour *et al.* (1996) a permis de montrer, grâce à des estimations de densités (abondance des larves à la colonisation *vs* poissons adultes installés), que pour 100 larves arrivant vivantes sur les récifs, 1 à 10 seulement arrivent à survivre jusqu'à l'état adulte.

En 1998, dans le cadre du programme COVARE, vingt chercheurs français, américains et australiens ont suivi la colonisation d'une partie du lagon de l'île de Moorea par *Naso unicornis* et la mortalité que subissaient les post-larves lors de leur installation benthique. Il est apparu que 61% des larves ayant colonisé le lagon durant cette période avaient disparu le matin suivant leur arrivée, quelque soit les tailles des cohortes observées (mortalité densité-indépendante). Les jours suivants, la mortalité quotidienne des cohortes fût évaluée entre 9 et 20% selon leurs tailles (mortalité densité-dépendante). Ce résultat scientifique essentiel (Doherty *et al.* 2004) démontre que la capture d'une partie du stock de larves colonisant un récif n'a qu'un impact mineur sur la dynamique de sa population de poissons. Le bien fondé de l'exploitation des larves à la place des adultes envisagée par Yan (2001), Hair *et al.* (2002) et De Villiers (2003) fût ainsi validé scientifiquement.

Bilan des acquis de la recherche fondamentale

Les travaux de recherche fondamentale menés en Polynésie française par le CRIOBE, grâce au soutien des autorités de l'Etat et du Pays, ont permis de synthétiser les processus (Lecchini et Galzin, 2003) et de répondre à

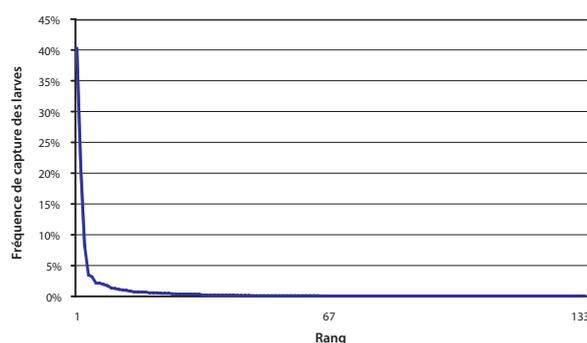


Figure 2. Diagramme rang/fréquence représentatif de la structure hétérogène des captures larvaires à Rangiroa de janvier 2006 à février 2007. Les rangs correspondent aux classements d'abondance décroissante des espèces capturées.

trois questions essentielles en vue de l'utilisation des ressources larvaires à des fins halieutiques.

Comment capturer les larves ? La mise au point du filet de crête a été un élément clé pour mener à bien les recherches sur la phase de colonisation. C'est également l'outil qui a suscité l'intérêt d'un organisme de développement comme l'Etablissement pour la Valorisation des Activités Aquacoles et Maritimes (EVAAM) et permis d'initier des travaux en recherche appliquée avec pour la première fois, le développement d'un filet dans un hoa (chenal de communication entre l'océan et le lagon).

Où et quand capturer les larves ? Les travaux menés par le CRILOBE et l'EVAAM ont permis d'identifier les périodes les plus favorables pour la capture des larves de poissons en Polynésie française, d'un point de vue global mais aussi d'un point de vue spécifique en analysant la structure qualitative des collectes et son évolution temporelle. Les sites de collectes les plus favorables ont également pu être identifiés.

Pourquoi capturer les larves ? Les filets de crête et de hoa collectent essentiellement des individus en phase de colonisation, juste avant qu'ils ne subissent une très forte mortalité due à la prédation. Leur capture, en vue de les élever dans des structures aquacoles, n'a donc qu'un très faible impact sur les populations en place, ce qui assure un caractère écologique durable à cette activité (Hair *et al.* 2002).

L'Institut de Recherche en Développement (IRD), en collaboration avec l'École Pratique des Hautes Études, le SPE et le Service de la Perliculture (PRL), orientent désormais ses recherches vers le déterminisme de la phase d'installation dans les récifs (Lecchini 2004, 2005).

Le développement de travaux en recherche appliquée

Les différentes études de recherches fondamentales évoquées précédemment ont exclusivement porté sur la phase de colonisation. Ces travaux ont permis de poser les bases théoriques en vue de l'exploitation d'une ressource nouvelle, les larves de poissons de récifs. L'utilisation et la mise en valeur aquacole des stocks de larves se sont inscrites dans la continuité de ces travaux et ont fait l'objet de plusieurs programmes de recherche en développement.

Optimisation des techniques de capture de larves

Le filet de crête utilisé par Dufour à Moorea, afin de décrire l'évolution du flux larvaire était peu adapté à des objectifs productivistes. Son ouverture était de dimension réduite (1,5 m x 0,75 m), construit à l'aide de matériaux peu résistants et le concept initial du collecteur ne privilégiait pas la survie des collectes. Un piège destiné à alimenter en larves une unité aquacole répond à un cahier des charges différent: il doit être robuste, le plus productif possible et permettre de limiter au maximum le stress des larves capturées. C'est à l'EVAAM de Rangiroa, de 1996 à 2000, que l'amélioration du filet de crête a été initiée.

La première évolution a porté sur le site d'implantation du piège. Une crête récifale est une zone particulièrement exposée et son fort hydrodynamisme limite la durée de vie du matériel et complique les opérations de pose, de récolte et d'entretien. La présence sur les atolls de chenaux de faibles profondeurs, les hoa, par lesquels l'eau océanique s'écoule vers le lagon, représente une alternative intéressante pour la mise en œuvre de filets. A plusieurs centaines de mètres de la zone d'impact des vagues, les hoa sont des sites faciles d'exploitation mais offrent surtout l'avantage de concentrer le flux larvaire. Ceci a été montré à Rangiroa par Malpot (2005) en comparant les captures réalisées par un filet de hoa et un filet de crête (Fig. 3) situé en amont. Le filet de hoa bénéficiait d'un flux larvaire 250 fois plus concentré qu'à la crête alors que le volume d'eau filtré n'était que 26 fois



Figure 3. Filets de crête et de hoa à Rangiroa (Extrait de Malpot, 2005).

plus important. Ce résultat témoigne de la tendance de certains taxons à nager sur le platier externe de l'atoll à la recherche d'un passage vers le lagon et suggère qu'un hoa isolé traversant une longue bande de terre représente un goulot d'étranglement pour le passage des larves.

Par ailleurs, Yan (2001) et Lo-Yat (2002a) ont travaillé à l'amélioration du piège proprement dit. Son ouverture a été élargie à 2 m x 1 m et sa capacité de filtration augmentée par l'ajout de déflecteurs de courant. Le collecteur dans lequel les larves restent prisonnières pendant la nuit a également fait l'objet de modifications afin d'augmenter le volume.

Des améliorations complémentaires ont été régulièrement apportées par les quelques entreprises du secteur privé portant notamment sur l'ergonomie générale du piège afin de faciliter sa manipulation, notamment lors du relevé des collectes.

Alors qu'en Polynésie française les techniques de collectes s'appuyaient exclusivement sur les filets de crête et de hoa, les Australiens développaient au cours des années 90 des engins de collectes basés sur l'attraction lumineuse: les light-traps (Fig. 4). Afin de tester leur efficacité en Polynésie française et, éventuellement, d'envisager leur utilisation en complément des techniques de filets, des pièges à fentes verticales ont été testés à Moorea par Polti (2001) et comparés à des filets de crête. L'auteur montre que les filets sont significativement plus productifs que les pièges lumineux en termes d'abondance totale et de richesse spécifique des captures. À Rangiroa, les performances d'un filet de hoa, d'un filet de crête et de neuf systèmes CARE (pièges lumineux développés par la société Ecocean, Lecaillon 2004) ont été testées pendant 101 nuits consécutives par le SPE, le CRIOBE et Tropical-FishTahiti (Malpot 2005). Il apparaît que le filet de hoa est très significativement plus productif que les pièges lumineux en termes d'abondance totale et de richesse spécifique des captures et qu'il n'y a pas de différence significative au niveau des taux de survie des larves dans

les différents pièges (Tableau 1). Les pièges lumineux présentent néanmoins l'avantage de permettre la collecte d'espèces inféodées aux pentes externes que les filets ne capturent pas: 13,5% des espèces capturées dans les CARE n'avaient encore jamais été collectées à Rangiroa (Malpot, 2005). Cet atout est cependant limité par les très faibles effectifs de ces espèces complémentaires (0,76% des effectifs larvaires totaux collectés dans les CARE par Malpot en 2005), leur faible intérêt commercial et par les coûts d'exploitations souvent prohibitifs des pièges en pente externe. La faible efficacité constatée des light-traps et des CARE sur les récifs de Polynésie française, où les populations de poissons sont abondantes, où les marées sont inexistantes ou de faibles amplitudes et où les phénomènes de colonisations larvaires sont très dynamiques, nous laissent perplexes quant à l'intérêt de ce type de pièges dans le cadre de projets aquacoles, contrairement à ce qu'avancent Lecaillon et Lourié (2007).

Recherches en développement sur la phase d'élevage

Le fait que les larves de poissons de récif peuvent être capturées vivantes, grâce aux filets de crête, a amené les organismes publics de Polynésie française à s'intéresser à leur aptitude à l'élevage. Plusieurs études ont été menées à ce sujet depuis 1995, aussi bien par l'EVAAM que par les organismes publics qui lui ont succédé, actuellement le Service de la Pêche (SPE), et ses partenaires privés et publics: Ifremer, Aquanesia, Bora Eco Fish, Tropical Fish Tahiti, Vai Consulting. La production de poissons de petites tailles destinés aux marchés de l'aquariophilie, objectif premier du secteur privé, ainsi que la priorité donnée par le Service de la Pêche aux projets de réensemencement, ont essentiellement orienté les travaux en zootecnie sur les deux premiers mois d'élevage. La plupart de ces études ont donc porté sur la phase d'acclimatation des post-larves aux conditions d'élevage, à leur sevrage sur aliment inerte et à leur élevage en nurserie jusqu'à ce qu'elles soient prêtes pour un transfert en cages, un relâché lagonaire ou bien une expédition internationale, selon les débouchés envisagés.

Tableau 1. Comparaison des performances entre filet de hoa, filet de crête et système CARE à Rangiroa pendant 101 nuits consécutives du 16 mai au 24 août 2004 (Extrait de Malpot 2005).

Critères de comparaison	Filet de hoa ^(a)	Filet de crête ^(b)	Système CARE ^(c)	Observations
Abondance (captures quotidiennes moyennes ± écart-type)	11 476,7 (±44 622,9)	41,8 (±146,8)	2,7 (±3,7) à 51,4 (±17,6)	Filet de hoa plus performant ($F=57,61; p<0,001; df=2,277$)
Richesse spécifique (nombre moyen d'espèces par jour ± écart-type)	13,2 (±11,5)	5,5 (±4,3)	1,4 (±1,4) à 3,72 (±4,7)	Filet de hoa plus performant ($F=41,03; p<0,001; df=2,277$)
Survie des larves	76,9%	75,8%	77,8% to 87,3%	Pas de différence significative ($K=2,49; p=0,64; df=4$)

^(a) Un pic de *Epinephelus polyphkadion* a été enregistré massivement au niveau du filet de hoa. Si l'on exclue ce pic des analyses, le filet de hoa conserve néanmoins ses avantages significatifs.

^(b) Le filet de crête conçu à l'origine pour les récifs barrière d'îles hautes était installé à Rangiroa sur la crête d'un platier externe d'atoll. L'hydrodynamisme particulier de ce site a pu perturber son fonctionnement, ce qui expliquerait l'absence de différences significative entre le filet de crête et le meilleur CARE.

^(c) Neuf systèmes CARE avaient été mis en œuvre sur 3 sites (lagon, océan et passe) pour cette étude et nous présentons dans ce tableau les résultats minimums et maximums enregistrés.



Figure 4. Light-trap Aquafish Technology (à gauche) dans le lagon de Moorea (Extrait de Polti 2001) et light-trap Ecocean (système C.A.R.E) en sub-surface à Rangiroa (Extrait de Malpot 2005)

Les résultats indiquent des variations spécifiques des paramètres de réussite. Les herbivores s'acclimatent très facilement et Esnault et Tetuanui (2005) ont mis en évidence, sur deux genres d'Acanthuridae (*Acanthurus* et *Naso*), de très bonnes survies en élevage (>98% à 60 jours). En parallèle, trois espèces d'Holocentridae, zooplanctonophages nocturnes dans le milieu naturel, se révélaient particulièrement difficiles à sevrer et enregistraient des mortalités quotidiennes récurrentes de l'ordre de 0,5% du cheptel.

Des travaux complémentaires menés au sein de l'entreprise Tropical Fish Tahiti (de Boishebert 2005) ont permis de confirmer la très bonne survie en élevage de *Naso brevirostris* (98% après 63 jours) et d'étudier son aptitude à l'élevage ainsi que celles de *Zebrasoma veliferum*, *Chromis viridis* et *Chaetodon auriga*, selon le protocole décrit par Durville *et al.* (2003). Les résultats, très encourageants pour *Naso brevirostris* et *Zebrasoma veliferum*, sont plus nuancés pour *Chromis viridis* qui développe après quelques semaines une forte hétérogénéité de taille due peut-être à une sur-densité en élevage ou à l'apparition de phénomènes de dominance, caractéristiques d'une communauté structurée en harem. Pour *Chaetodon auriga*, l'apparition précoce de conflits territoriaux limitait les performances zootechniques de l'espèce.

En août 2004, la capture de plus de 30 000 larves de mérous *Epinephelus polyphekadion* a permis au Service de la Pêche de tester, au sein de la station Ifremer de Vairao, plusieurs paramètres environnementaux conditionnant leur survie en élevage (Tamata 2004). Il apparaît que la lumière et le type de substrat d'installation (présence de récif artificiels dans les bacs) sont des éléments déterminants mais cette étude a surtout permis de confirmer l'exceptionnelle adaptabilité des post-larves sauvages de mérous (particulièrement cannibales) aux conditions d'élevages avec des survies, très correctes pour des Serranidae sevrés sur aliment inerte, de 20 à 52% après 21 jours alors que les poids moyens évoluaient de 0,3 g à 1,5 g.

Il est important de préciser que le caractère aléatoire de la colonisation larvaire limite le développement structuré de programmes de recherche en zootechnie. Il est en effet impossible d'anticiper sur l'abondance et la composition taxonomique des captures à venir. La constitution de lots expérimentaux et le choix d'un thème d'étude se font donc de manière spontanée lorsque les collectes du jour fournissent des effectifs suffisants (échantillons statistiques minimum) sur une espèce présentant un intérêt. Ainsi, la plupart des avancées techniques en matière d'élevage ont été réalisées de façon empirique dans le cadre de l'activité quotidienne des fermes privées pionnières de cette filière. Il apparaît que la réussite d'un cycle de production est liée à la maîtrise de facteurs classiques en pisciculture tels que la densité, l'homogénéité des lots, le régime et le schéma alimentaire, les conditions environnementales telles

que le renouvellement en eau, l'aération, la luminosité, le type d'habitat, les relations intra et inter spécifiques (bien que les lots multi-spécifiques soient généralement peu conseillés) et le maintien d'une prophylaxie rigoureuse. La gestion de ces paramètres pour la centaine d'espèces régulièrement mises en élevage constitue le savoir-faire des fermes polynésiennes.

Il existe peu de résultats sur la phase de grossissement conduisant à la production de poissons à vocation alimentaire. Seule l'étude menée par Martin en 1997 et poursuivie par Yan (2001) à l'EVAAM de Rangiroa a permis d'enregistrer les performances de croissance en bassins pour un nombre de poissons lagunaires restreint et de les modéliser (Tableau 2). Les conditions d'élevage, lors de ces travaux, n'étaient toutefois pas optimales et les résultats obtenus peuvent probablement être améliorés.

Tableau 2. Croissance pondérale de huit espèces à vocation alimentaire (D'après Martin 1997 et Yan 2001). Évolution de la racine carrée des poids moyens en fonction du temps.

Espèce	$\sqrt{W} = f(t)$	R ²
<i>Acanthurus xanthopterus</i>	$y = 0,0506x + 1,521$	0,99
<i>Caranx melampygus</i>	$y = 0,0441x + 5,2816$	0,99
<i>Cephalopholis argus</i>	$y = 0,0142x + 0,9182$	0,99
<i>Crenimugil crenilabrus</i>	$y = 0,0205x + 0,6069$	0,98
<i>Epinephelus polyphekadion</i>	$y = 0,0328x + 2,1778$	0,99
<i>Naso annulatus</i>	$y = 0,0697x + 1,6804$	0,99
<i>Naso brevirostris</i>	$y = 0,0222x + 2,5995$	0,98
<i>Naso unicornis</i>	$y = 0,0279x + 3,5369$	0,99

La représentation graphique de ces équations (Fig. 5) met en évidence des vitesses de croissances pondérales intéressantes pour deux Acanthuridae (*Naso annulatus*

et *Acanthurus xanthopterus*) malheureusement peu représentés d'un point de vue statistique dans les collectes larvaires moyennes en Polynésie française. Le Serranidae *Cephalopholis argus* paraissait, quant à lui, présenter une vitesse de croissance faible et donc un intérêt modéré en matière d'aquaculture.

Sur certaines espèces dont les post-larves atteignent des tailles de plusieurs centimètres à la colonisation et dont l'acclimatation et le sevrage peuvent être réalisés rapidement (Bigot 2006), l'élevage en cages immergées dans le lagon (Kerneur en cours.) peut être une piste intéressante afin de réduire les coûts de production et d'améliorer les performances zootechniques des poissons. Une première approche de cette technique avait été initiée à Bora Bora par le CRIIBE et le SPE (Planes *et al.* 2004) et poursuivie par le SPE en partenariat avec BoraEcoFish (Bigot 2006). Cette dernière étude a permis de comparer les performances de lots de *Naso unicornis* élevés en bassin à celles de lots élevés en cages en mer. Les résultats ne montrent aucune différence significative en termes de survie des lots ni d'indice de conversion mais ils révèlent une croissance significativement plus rapide pour les lots élevés en cages et ce dès le quinzième jour d'élevage. Une première comparaison des coûts de production à petite échelle démontre que l'élevage en bassin est deux fois plus cher qu'en cage pour un cycle de trois mois.

En matière de réensemencement

Le réensemencement consiste à relâcher, sur une portion de récif appropriée, des cohortes de poissons issus d'élevage pour qu'elles s'intègrent dans la population en place. Cette technique permet d'apporter dans une pêcherie un stock complémentaire de poissons afin de garantir une ressource suffisante pour tous, ou bien de recréer une population suffisante de géniteurs afin qu'un

stock surexploité puisse à nouveau se régénérer et se développer. La Polynésie française, au travers du SPE, a financé et conduit l'ensemble des travaux menés sur ce thème depuis 2004 avec pour objectif d'aboutir à des protocoles viables en matière de réensemencement à buts soit écotouristique, soit halieutiques.

Les premiers travaux sur le réensemencement à partir de juvéniles issus de captures post-larvaires ont eu lieu simultanément sur les îles de Moorea et de Bora Bora, de mars à août 2004 (Planes *et al.* 2004). L'objectif principal était d'évaluer la faisabilité de cette technique (collecte, élevage, relâcher), d'en identifier les contraintes et les rendements. Les post-larves prélevées à l'aide de filets de crête (Moorea) et de filets de hoa (Bora Bora) étaient triées puis mises en élevage dans des bassins ou des cages flottantes pendant 3 à 12 semaines. Seules les espèces à vocations alimentaire ou écotouristique étaient sélectionnées pour ces travaux. Les juvéniles élevés étaient alors marqués à l'aide d'élastomères colorés puis relâchés dans des jardins coralliens de sites hôteliers ou à proximité de zones traditionnelles de pêche. L'évaluation de l'efficacité du réensemencement était ensuite réalisée par des comptages visuels des poissons sur une période de 15 jours après le retour dans le milieu. L'ensemble du projet permis de relâcher, sur chacune des îles considérées, 1500 individus à vocation écotouristique et 1000 individus à vocation halieutique, appartenant respectivement à une trentaine et une vingtaine d'espèces. Les taux de survie observés ont montré de grandes différences selon les espèces et plus de vingt d'entre elles n'ont pu être observés, supposant soit la disparition totale des individus par prédation et/ou émigration, soit l'incapacité des chercheurs à détecter efficacement ces espèces. *A contrario*, dix-neuf espèces de poissons ont présenté des taux de survies encourageants (> 5%). Parmi ces dernières, quatre espèces d'Acanthuridae présentaient des survies

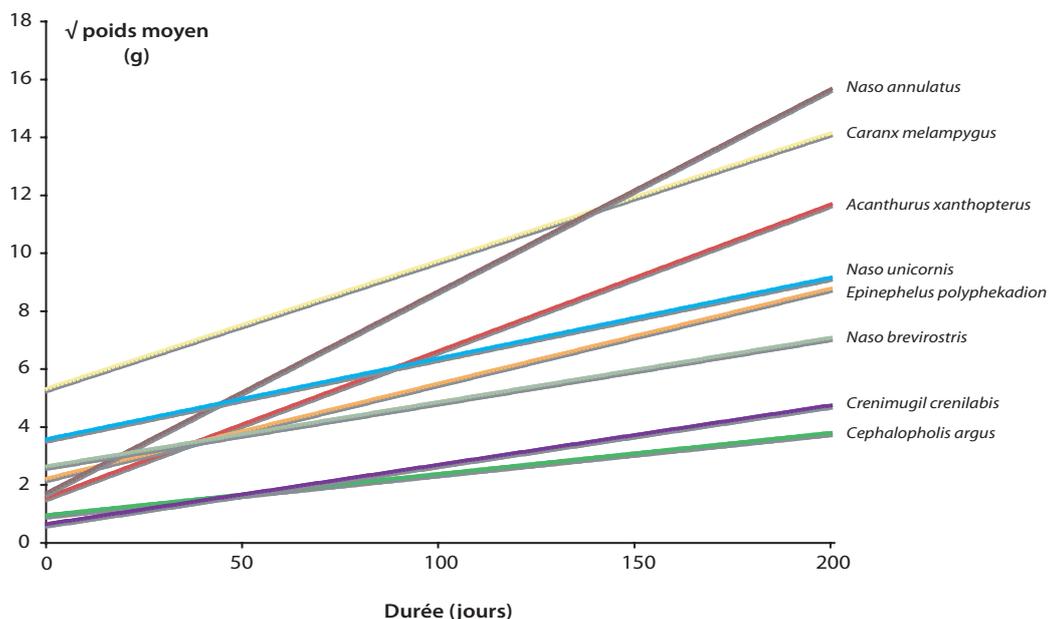


Figure 5. Représentation graphique de l'évolution du poids en fonction du temps $\sqrt{W} = f(t)$ pour huit espèces de poissons de récif (d'après Yan 2001).

s'échelonnant de 15 à 50%, soit jusqu'à dix fois plus élevées que lors d'un recrutement naturel (Doherty *et al.* 2004). Ces résultats ont été confirmés en 2006 sur *Naso unicornis* à Bora Bora lors d'une étude conduite par le Service de la Pêche (SPE) au sein de la ferme BoraEcoFish (Bigot 2006). Après un mois d'élevage, le taux de survie après relâcher s'élève à 14% et l'auteur met en évidence l'influence des sites de relâcher sur les résultats.

L'identification des contraintes lors de cette étude préliminaire a mis en lumière la nécessité de tenter d'optimiser la méthodologie utilisée afin d'améliorer la survie des poissons. L'influence des conditions d'élevages et de relâcher avait été préalablement étudiée sur l'atoll de Rangiroa par le SPE et le CRILOBE grâce à l'appui logistique de la société *Tropical Fish Tahiti* (Maamaatuaiahutapu 2005). Des facteurs tels que la durée d'élevage avant relâcher, la période (heure et phase lunaire), la technique du relâcher ou la durée et la méthode d'acclimatation à l'environnement lagunaire ont été testés. Ces expériences se sont limitées à six espèces correspondant à trois familles. Compte tenu des stocks importants nécessités par ce type d'expériences, seules quelques espèces ont pu être étudiées: *Chromis viridis* (Pomacentridae), *Acanthurus triostegus* et *Naso brevirostris* (Acanthuridae), *Sargocentron microstoma*, *Sargocentron spiniferum* et *Neoniphon sammara* (Holocentridae). A chaque expérience, la survie des individus a été évaluée à l'aide de comptages visuels pendant une durée de trois jours. Seuls les *Acanthurus triostegus* pouvaient supporter un marquage à l'élastomère. Les résultats obtenus sur *Chromis viridis* et *Acanthurus triostegus* ont montré des taux de survie optimaux pour une durée d'élevage minimum de 30 jours, un transport des poissons jusqu'au site de relâcher dans des sacs plastiques, un relâcher au crépuscule sur récif naturel protégé d'une cage anti-prédateur et enfin une période d'acclimatation de 3 jours avant de retirer la cage. Ces résultats très intéressants mettent en évidence que les conditions d'élevages et de relâcher influencent significativement la survie des poissons et ouvrent de nouvelles perspectives d'études. L'observation des *Naso brevirostris* et des trois espèces d'Holocentridae s'est avérée nulle dans la totalité des expériences, sans doute en raison de l'inadéquation des sites de relâcher à ces espèces.

D'une manière générale, ces premières études sur le réensemencement, à partir de juvéniles issus de collectes de post-larves, ont permis de mettre en évidence le potentiel de cette technique. Elles offrent des perspectives intéressantes dans le cadre de projets de restauration de sites dégradés grâce aux bons résultats obtenus sur des espèces benthiques territoriales comme *Chromis viridis*, espèce à vocation écotouristique présentant des survies de 70% en conditions expérimentales trois jours après relâcher. D'ores et déjà, des sociétés polynésiennes offrent des prestations d'aménagement de sites à vocation écotouristique avec des réensemencements d'espèces à comportement semblable, c'est-à-dire très inféodées au substrat. Les résultats de ces études laissent, par ailleurs, entrevoir la réussite à moyen terme de projets de réensemencements à vocation alimentaire (intérêt halieutique) et écologique en relâchant des espèces herbivores prisées localement comme *Naso unicornis* ou *Naso lituratus* qui participeraient à l'élimination d'algues envahissantes du genre *Sargassum* par exemple.

A propos de la filière ornementale

Le commerce mondial des poissons destinés à l'aquariophilie récifale est basé à 99% sur la collecte de poissons sauvages et entretient une pression de pêche souvent critique sur les stocks halieutiques des pays exportateurs (Wabnitz *et al.* 2003). L'exploitation durable de la ressource grâce la capture de post-larves représente une alternative aux pratiques traditionnelles de capture des poissons adultes et a donc incité les autorités polynésiennes à étudier dans quel contexte la Polynésie française peut devenir un pays exportateur. Dufour (1997) a réalisé une première étude sur le marché de l'aquariophilie et émis quelques propositions stratégiques pour la Polynésie française. La reconnaissance en 2001 par l'International Coral Reef Initiative (ICRI) de la collecte de larves comme «bonne pratique pour la protection et la gestion des récifs coralliens» a renforcé l'intérêt général porté à cette filière et, alors que plusieurs porteurs de projets en «aquariophilie écologique» se faisaient connaître, deux études (Biodax, 2003; de Villers 2003) visaient à proposer un modèle de structuration de la future filière polynésienne, soutenu par le Marine Aquarium Council (Hothus 2003).

Dans un registre plus technique, les travaux de Scourzic (1999) avaient pour but de faire une synthèse des procédures administratives relatives à l'expédition de poissons vivants de Polynésie française vers la communauté européenne et de mettre en œuvre des tests afin de préciser les conditions de transport les plus adaptées à la survie des poissons. Ces résultats ont servi de base de travail aux entreprises du secteur privé qui ont par la suite amélioré leurs protocoles de transport en fonction des retours d'informations de leur clients aux Etats-Unis et en Europe. À ce jour, près de 150 000 poissons issus de captures post-larvaires ont été exportés avec des taux de survie supérieurs à 95%.

Vers une valorisation de l'expertise polynésienne

En Polynésie française

L'expérience acquise en Polynésie française, depuis une quinzaine d'années, sur les aspects scientifique, technique et désormais économique de la collecte, de l'élevage des larves de poissons de récif et de leurs débouchés, permet aujourd'hui aux acteurs polynésiens, publics et privés, de disposer d'éléments suffisants pour définir une stratégie commune visant à développer une filière économique durable. Les objectifs fondamentaux sont évidemment de permettre aux entreprises de générer des profits tout en protégeant la ressource halieutique et en garantissant la qualité sanitaire des produits commercialisés.

En 2007, une étude menée conjointement par le SPE, des experts en aquaculture et des économistes a eu pour objectif d'analyser la situation actuelle de deux entreprises polynésiennes du secteur, d'identifier leurs forces et leurs faiblesses puis de proposer une actualisation de la stratégie de développement de la filière « aquaculture récifale » en Polynésie française. Les résultats montrent que les coûts de productions des fermes polynésiennes ne constituent pas un facteur limitant de premier ordre et que des améliorations abordables de l'outil de production permettraient des gains de productivités suffisants pour

abaisser les coûts de production en dessous des prix du marché. Il apparaît en fait que le principal facteur limitant le développement des deux fermes analysées est lié à l'efficacité des outils de collectes de larves mis en œuvre: les filets de hoa, et donc à plus fortes raisons les pièges lumineux, capturent de manière générale trop peu d'individus commercialisables mais surtout trop peu d'espèces à haute valeur ajoutée. Le caractère aléatoire de la colonisation larvaire complique en outre la rationalisation d'un plan de production et génère des surcoûts d'exploitation. Les travaux de recherche et développement devraient donc se poursuivre, en aval, sur les techniques de réensemencement et, en amont, sur les techniques de captures larvaires d'espèces ciblées. La mise au point d'une nouvelle génération de pièges semble une étape décisive au développement de projets aquacoles à vocation ornementale (espèces à haute valeur ajoutée) ou bien alimentaire (« food-fish »). Ces derniers paraissent aujourd'hui limités par la trop faible efficacité des pièges PCC disponibles (Pickering *et al.* en cours.).

Parallèlement, les autorités de la Polynésie française travaillent à la mise en place d'un cadre juridique adapté à cette filière. Un projet est à l'étude par les juristes du SPE et se base sur les propositions de Lo-yat (2002b) qui définissait les règles de conduite en matière de collecte durable et de traçabilité de la production.

Par ailleurs, le Service de la Pêche, en partenariat avec l'IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer), poursuit ses travaux de recherche et développement en zootechnie aquacole sur *Platax orbicularis* et en matière de suivi zoosanitaire des élevages. Enfin, le SPE a également pour vocation et projet d'accompagner les entreprises polynésiennes vers une plus grande maîtrise de ces deux aspects de la production, grâce à la formation d'une équipe spécialisée sur ces thématiques.

... et dans le Pacifique

Dans le cadre du programme CRISP (Coral Reef Initiative for the South Pacific) initié par l'Agence Française de Développement (www.crisponline.net 2007), la composante 2A-1 s'intéresse à la capture et à la valorisation des post-larves récifales à un niveau régional. Elle a pour missions la poursuite des travaux de Recherche Fondamentale, la vulgarisation des connaissances et la formation de personnel technique.

L'édition d'un guide d'identification des larves de poissons de récif de Polynésie française (Maamaatuaiahutapu *et al.* 2006) représente une première étape en matière de vulgarisation de l'expérience polynésienne (travaux SPE, EPHE et privés) au service des étudiants, des chercheurs et des porteurs de projets du Pacifique sud. Par ailleurs, l'USP (University of the South Pacific) accueille à Suva (Fiji), sous la responsabilité scientifique de l'EPHE, des étudiants français pour des travaux de recherches fondamentales. La thématique «élevage et identification des larves» a été abordée et un étudiant en thèse de doctorat s'intéresse à l'optimisation des méthodes de réensemencement du milieu naturel à partir de juvéniles issus de collectes post-larvaires (Clua 2007). Dans ce cadre, l'expertise acquise au CRILOBE (Centre de Recherches

Insulaires et Observatoire de l'Environnement) de Moorea est valorisée et permettra peut-être de développer une activité durable dans la région pacifique. La Polynésie française, pionnière et leader en matière de capture et d'élevage de post-larves récifales, pourrait bénéficier de ce transfert technologique en accompagnant le développement des pays insulaires du Pacifique sud, sous la forme de partenariats entre les fermes privées polynésiennes et les porteurs de projets étrangers.

Parallèlement à ces travaux, la section aquaculture du Secrétariat de la Communauté du Pacifique (CPS) développe depuis novembre 2007, avec le soutien du Ministère français des Affaires Étrangères, un projet expérimental de capture et de valorisation des larves récifales à Aitutaki (Iles Cook). Coordonné par la CPS, ce projet est développé en partenariat entre le Service des Pêches des Iles Cook et le SPE de Polynésie française, et implique la participation d'acteurs privés de Polynésie française (Aquanesia et Bora Eco Fish).

Parce qu'elle se base sur des techniques reconnues comme écologiques (« ecofriendly »), la filière «collecte et élevage de larves récifales», appelée «Aquaculture récifale» en Polynésie française, ouvre dans certaines conditions environnementales, techniques, socio-économiques et culturelles quelques opportunités intéressantes en matière de développement durable sur la base:

- d'exportations vers les marchés de l'aquariophilie de produits à haute valeur ajoutée,
- d'aménagements lagunaires à vocation écotouristique et
- d'élevages complémentaires à des fins alimentaires de certaines espèces de post-larves pouvant coloniser en masse.

De nombreux organismes internationaux comme le WorldFishCenter (WFC) ou la CPS en ont perçu l'intérêt. Cependant, outre la maîtrise des techniques de collecte et d'identification des larves, plusieurs conditions doivent être réunies pour permettre un tel développement durable dans les pays insulaires de la zone Pacifique.

- Au niveau environnemental, une connaissance spatio-temporelle minimale des évolutions qualitatives et quantitatives de la colonisation larvaire sur chaque site d'exploitation est requise.
- Au niveau du marché de l'aquariophilie la reconnaissance de la qualité «élevage» des produits (donc de leur prix) issus de ces techniques, doit être recherchée.
- Au niveau du marché alimentaire (« food-fish »), la mise au point de pièges de collecte adaptés et de protocoles de production pour des espèces herbivores *a priori* compétitives comme *Siganus* spp. doit être entreprise.
- Nous devons poursuivre la R&D pour maîtriser la collecte durable d'autres espèces récifales (comme l'a fait le service de la Pêche de Polynésie française en matière de collectage de naissain de bénétières) en ciblant en priorité les sites disposant d'atouts spécifiques potentiellement valorisables.
- Enfin il nous semble nécessaire de développer la R&D en matière d'élevage et de prophylaxie piscicoles,

techniques relativement bien maîtrisées actuellement sur certaines espèces en Polynésie française.

Remerciements

Lors de ces recherches fondamentales et en développement, un grand nombre d'étudiantes et d'étudiants ont effectué avec nous leurs premières expériences sur le terrain. Nous souhaiterions remercier ici ceux dont les noms n'ont pas été cités dans les références bibliographiques (Cécile Fauvelot, Karine Georges, Matthieu Junker, Olivier Martin, Julien Million, Isabelle Mollaret, Denis Poignon, Thibault Rauby, Caroline Vieux, Raymond Vueilleumier, Rarahu David, Sylvain Dupieux, Pascal Romans, Pierre-Yves Brachelet, Mathieu Trottet, Julien Grignon, Mateata Peirsegeale, ainsi que les VAT (Volontaires à l'Aide Technique) et agents de l'EVAAM, du Service de la Pêche et du CRILOBE qui ont fortement contribué au développement de ces travaux sur le terrain à Rangiroa et Moorea mais également aux entreprises polynésiennes existantes (*TROPICAL FISH TAHITI* et *BORA ECO FISH*) sans qui cette filière n'existerait plus et ne continuerait pas à progresser.) Ces recherches ont été appuyées financièrement par les différents ministères polynésiens de la mer, de l'environnement et de la recherche, par les ministères français de la recherche, de l'environnement et des DOM/TOM ainsi que par l'IFRECOR. Ce papier est une contribution de la composante 2A (état des récifs coralliens et exploitation de leurs ressources) du programme CRISP (Coral Reef Initiative for the Pacific).

Bibliographie

- Almany G.R., Berumen M., Thorrold S.R., Planes S. and Jones G.P. 2007. Local replenishment of coral reef fish populations in a marine reserve. *Science* 316:742-744.
- Bigot A. 2006. Mise en œuvre de techniques de collectes et d'élevage de post-larves de *Naso unicornis* et essais de réensemencement dans le lagon de juvéniles issus de ces collectes et élevages [Rapport]. France: Université de Montpellier. 36 p.
- Biodax. 2003. Etude du Marché International de l'Aquariophilie et Conditions d'exploitation des entreprises de la filière polynésienne. [Rapport]. Polynésie française: Service du Plan - Etude en stratégies de développement des archipels. 104 p.
- Clua E. 2007. Rapport consolidé du programme CRISP, 2^e semestre 2006. Nouméa, Nouvelle Calédonie: Cellule de coordination du CRISP (Coral Reef Initiative for the South Pacific). 25 p.
- De Boishebert T. 2005. Etude de la croissance de quatre espèces de poissons tropicaux de Polynésie française en fonction de différents aliments artificiels. [Rapport]. Montpellier, France: CREUFOP (Centre Régional Universitaire de Formation Permanente). 94 p.
- De Villers P. 2003. Propositions stratégiques pour le développement économique de l'archipel des Tuamotu & Gambiers. [Rapport, projet SPTF POF03]. Polynésie française: Service du Plan et de la Prévision Economique. 60 p.
- Doherty P.J., Dufour V., Galzin R., Hixon M.A., Meehan M.G. and Planes S. 2004. High mortality during settlement is a population bottleneck for a tropical surgeon fish. *Ecology* 85(9):2422-2428.
- Dufour V. 1991. Variations d'abondance des larves de poissons en milieu récifal: Effet de la lumière sur la colonisation larvaire. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, Paris* 313(3):187-194.
- Dufour V. 1992a. Colonisation des récifs coralliens par les larves de poissons [thèse]. Paris: Université Pierre et Marie Curie. 220 p.
- Dufour V. 1992b. Variation taxonomique et nyctémérales du recrutement des larves de poissons en milieu corallien. *Journal de Recherche Océanographique* 17(3-4):90-96
- Dufour V. 1994. Colonization of fish larvae in lagoons of Rangiroa (Tuamotu archipelago) and Moorea (Society archipelago). *Atoll Research Bulletin* 416:1-12.
- Dufour V. 1997. Étude du marché des poissons d'aquarium dans les pays insulaires. *Lettre d'information sur les pêches de la CPS* 80/81:29-35.
- Dufour V. et Galzin R. 1992. Le recrutement des poissons récifaux sur l'île de Moorea, Polynésie française: Impact sur la dynamique des populations et conséquences sur la gestion des stocks. *Cybiurn* 16(4):267-277.
- Dufour V. and Galzin R. 1993. Colonization patterns of reef fish larvae to the lagoon at Moorea island, French Polynesia. *Marine Ecology Progress Series* 102:143-152.
- Dufour V., Riclet E. and Lo-Yat A. 1996. Colonization of reef fishes at Moorea Island, French Polynesia: Temporal and spatial variation of the larval flux. *Marine and Freshwater Research* 47:413-422.
- Durville P., Bosc P., Galzin R. and Conand C. 2003. Aptitude à l'élevage des post-larves de poissons coralliens. *Ressources Marines et Commercialisation, Bulletin de la CPS* 11:19-30.
- Esnault M. and Tetuanui T. 2005. Méthodes de collecte, transport, tri et élevage de larves récifales. [Rapport]. Polynésie française: Université de Polynésie française. 78 p.
- Hair C.A., Bell J.D. and Doherty P.J. 2002. Development of new artisanal fisheries based on the capture and culture of postlarval coral reef fish. *Worldfish Center final report to ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research)*. Penang, Malaysia: Worldfish Center.
- Holthus P. 2003. Étude technique et réglementaire de la certification « Marine Aquarium Council » (concernant la collecte, l'élevage et le transport des organismes marins destinés à l'aquariophilie). [Rapport]. Étude en stratégies de développement des archipels des Tuamotu-Gambier. Rapport final pour le Service de la Pêche, Polynésie française. 22 p.

- Irisson J.O., Le Van A., Lara M.D. and Planes S. 2004. Strategies and trajectories of coral reef fish larvae optimizing self-recruitment. *Journal of Theoretical Biology* 227(2):205–218.
- Kerneur M. (en cours.). Elaboration d'un module de quatre cages flottantes pour le prégrossissement de larves de poissons récifaux-lagonaires. [Rapport].
- Lecaillon G. 2004. Le « C.A.R.E » (Collect by Artificial Reef ECO-friendly) comme outil de production d'animaux marins d'élevage pour le marché de l'aquariophilie: une solution alternative à la collecte sauvage. *Ressources marines et commercialisation, bulletin de la CPS* 12:17–20.
- Lecaillon G. and Lourié S.M. 2007. État de l'art de la collecte de post-larves marines: outils existants, résultats préliminaires, débouchés et perspectives. *Ressources marines et commercialisation, bulletin de la CPS* 17:3–10.
- Lecchini D. 2004. Étude expérimentale sur les capacités sensorielles des larves de poissons coralliens dans la détection du lieu d'installation. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris* 327:159–171.
- Lecchini D. 2005. Spatial and behavioural strategies used by coral reef fish post-larvae to integrate into their settlement habitat. *Marine Ecology Progress Series* 301:247–252.
- Lecchini D., Dufour V., Carleton J., Strand S. and Galzin R. 2004. Estimating the patch size of larval fishes during colonization on coral reefs. *Journal of Fish Biology* 65:1142–1146.
- Lecchini D. and Galzin R. 2003. Synthèse sur l'influence des processus pélagiques et benthiques, biotiques et abiotiques, stochastiques et déterministes, sur la dynamique de l'autorecrutement des poissons coralliens. *Cybium* 27:167–184.
- Lo-Yat A. 2002a. Variabilité temporelle de la colonisation par les larves de poissons de l'atoll de Rangiroa (Tuamotu, Polynésie française) et utilisation de l'outil "otolithé" de ces larves [thèse]. Polynésie française: Université Française du Pacifique. 350 p.
- Lo-Yat A. 2002b. Projet de réglementation de la filière "aquariophilie écologique", conditions techniques relatives à la réglementation. [Rapport]. Service de la Pêche de Polynésie française. 38 p.
- Maamaatuaiahutapu M. 2005. Influence de plusieurs facteurs sur le taux de survie post-relâcher de juvéniles de poissons coralliens capturés à partir d'un filet de hoa sur l'atoll de Rangiroa. [Rapport]. France: Université de Caen (Institut de Biologie Fondamentale et Appliquée). 68 p.
- Maamaatuaiahutapu M., Remoissenet G. et Galzin R. 2006. Guide d'identification des larves de poissons récifaux de Polynésie française. Édition Téthys. Tahiti, Polynésie française. 104 p.
- Malpot E. 2005. Variations spatiales des captures de larves de poissons et d'invertébrés récifaux réalisées à l'aide de light-traps et comparaison de leurs performances à celles d'un filet de crête et d'un filet de hoa sur l'atoll de Rangiroa (Tuamotu, Polynésie française). France: Diplôme de l'École Pratique des Hautes Études. 77 p.
- Martin O. 1997. Élevage des poissons récifaux à partir de post-larves collectées en milieu naturel. Rapport de stage 3e année du cycle d'ingénieur Sciences et Technologies de l'eau. Institut des sciences de l'ingénieur de Montpellier. 130 pages + 8 annexes.
- Pickering T., Grignon J. and Hair C. (en cours.). Capture-based marine food-fish aquaculture using PCC tools – What potential for Pacific Island countries?
- Planes S., Grignon J., Pelletier M. et Trotet M. 2004. Réensemencement en poissons récifaux dans les lagons polynésiens. [Rapport]. Rapport Antenne N°121. Polynésie française: Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement. 153 p.
- Planes S., Lecaillon G., Lenfant P. and Meekan M. 2002. Genetic and demographic variation in new recruits of *Naso unicornis*, a coral reef fish. *Journal of Fish Biology* 61:1033–1049.
- Planes S., Lefevre A., Legendre P. and Galzin R. 1993. Spatio-temporal variability in fish recruitment on a coral reef (Moorea, French Polynesia). *Coral Reefs* 12(2):105–113.
- Polti S. 2001. Capture des larves de poissons destinés à l'aquariophilie sur les récifs coralliens de Moorea. [Rapport]. France: Université de Caen. 38 p.
- Renon J.P. 1989. Le zooplancton des milieux récifo-lagonaires de Polynésie. Variations temporelles, variations spatiales et bilan de production et d'échanges [thèse]. France: Université d'Orléans. 362 p.
- Scourzic T. 1999. Exploitation des juvéniles de poissons tropicaux lagonaires en Polynésie française. France: Diplôme de l'École Pratique des Hautes Études. 113 p.
- Tamata T. 2004. Premiers essais SPE de sevrage-nurserie de haapu issus de collecte de larves effectuée à TFT-Rangiroa. [Rapport]. Service de la Pêche de Polynésie française. 9 p.
- Wabnitz C., Taylor M., Green E. and Razak T. 2003. From ocean to aquarium. Cambridge, UK: United Nations Environment Programme – World Conservation Monitoring Centre. 65 p.
- Yan L. 2001. Capture et élevage de larves de poissons lagonaires à Rangiroa (Polynésie française). France: Diplôme de l'École Pratique des Hautes Études. 117 p.