ZoNéCo

PROGRAMME D'EVALUATION DES RESSOURCES MARINES
DE LA ZONE ECONOMIQUE DE NOUVELLE-CALEDONIE

Les premiers stades de vie des poissons de Nouvelle-Calédonie : Identification des habitats lagonaires pour les stades pré- et post installation

Volet thématique 1 - Stades pré-installation

Laure Carassou & Dominique Ponton

Volet thématique 2 - Stades post-installation

Camille Mellin & Dominique Ponton

Volet thématique 3 - Identification des jeunes stades

Phillipe Borsa & Dominique Ponton

VULGARISATION DES PRINCIPAUX RÉSULTATS

Résultats synthétisés par Pablo CHAVANCE - Contenu et cohérence générale de la synthèse validés par les auteurs des travaux.

Travaux réalisés depuis 2004 dans le cadre de thèses financées par le programme ZoNéCo (Volets 1&2) et le Ministère de l'Outre-Mer (Volet 2). Les rapports finaux, qui présentent en détail les méthodes, les techniques d'analyses et les résultats sont accessibles sur le site web du programme ZoNéCo

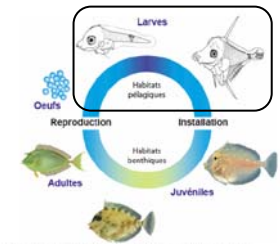
Travaux réalisés par le Centre IRD de Nouméa IRD

Les premiers stades de vie des poissons de Nouvelle-Calédonie : Identification des habitats lagonaires pour les stades pré- et post installation

Volet thématique 1 - Stades pré-installation

Laure Carassou & Dominique Ponton*

*(*Thèse soutenue en Septembre 2008)*



INTRODUCTION GENERALE

La plupart des espèces de poissons récifo-lagonaires présentent un cycle de vie complexe en deux phases :

- une phase pélagique où les individus évoluent dans la colonne d'eau au stade larvaire, et
- une phase benthique où les individus occupent les habitats près du fond aux stades juvénile et adulte,

Le terme « larve » fera ici référence aux jeunes poissons dans la colonne d'eau, et le terme « juvénile » fera référence aux individus installés.

Il est maintenant clair que le succès du recrutement, caractérisé par d'importantes variations temporelles (Doherty & Williams, 1998), dépend en grande partie du taux de survie des larves pélagiques (Boehlert, 1996) et de l'intensité de la prédation dès que les juvéniles s'installent dans les habitats benthiques (Doherty et al., 2004) :

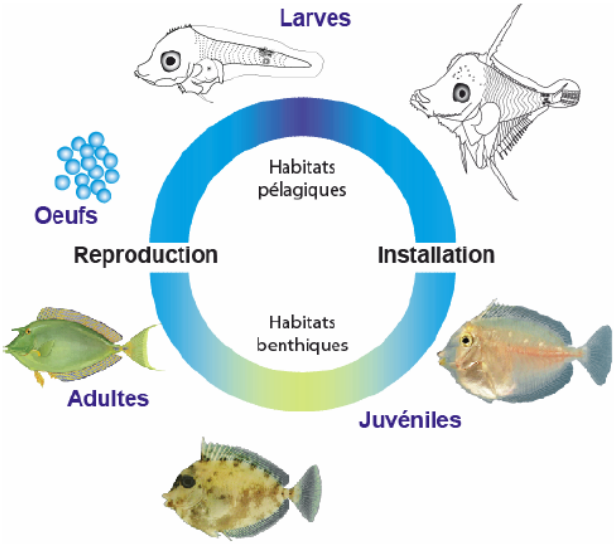


Figure 1 : Cycle biologique simplifié des poissons récifaux-lagonaires (exemple de *Naso unicornis*).

- Pendant la **phase pélagique**, les individus sont soumis à une forte prédation, au manque de nourriture, et à des conditions environnementales plus ou moins favorables à leur croissance, responsables d'une **mortalité supérieure à 90 % et atteignant 25 à 40 % par jour pour certaines espèces**.

- Les **individus qui survivent** pendant cette phase sont ceux qui s'installent sur des substrats benthiques favorables, où ils **vont à nouveau subir une mortalité supérieure à 66 % au moment de l'installation**, et **variant de 9 à 20 % pendant les premiers mois suivants**.

Les processus qui interviennent pendant les phases larvaires et juvéniles sont donc d'une importance capitale pour le renouvellement des populations de poissons, et leur compréhension fournit des outils uniques à l'élaboration de plans de gestion adaptés des populations de poissons commerciaux et des habitats qui leur sont favorables.

L'étude de ces processus doit s'appuyer sur l'analyse des paramètres environnementaux, abiotiques et biotiques, qui agissent :

- sur **les abondances et la diversité des assemblages** (-**Parties 1 & 2**), et,
- **sur l'alimentation des individus dans la colonne d'eau** (-**Partie 3**).

L'identification des facteurs environnementaux qui influencent la survie des phases larvaires pélagiques permettra d'établir une typologie des conditions, habitats, zones ou périodes qui optimisent la survie des larves dans le lagon, et donc à protéger les habitats ou masses d'eau qui leur sont favorables, contribuant à une gestion plus efficace et plus durable de la pêche.

PARTIE 1. TECHNIQUES D'ECHANTILLONNAGE POUR ESTIMER LA DIVERSITE ET L'ABONDANCE DES LARVES ET JUVENILES DE POISSONS CORALLIENS

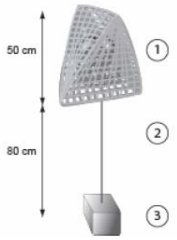
Le **but du travail** présenté ici est :

1) de **décrire** les six **techniques utilisées pour capturer les larves et juvéniles** de poissons dans des habitats différents (colonne d'eau, baies, ilots, passes, zones coralliennes, algueraies etc);
2) de présenter la diversité taxonomique et la gamme de taille des individus capturés avec chaque engin ;
3) de **discuter l'efficacité de chaque technique** pour conduire à des estimations robustes d'abondance.

Le but ultime de cette synthèse est de fournir aux écologistes qui étudient les milieux récifaux ainsi qu'aux gestionnaires les informations qui les aideront pour sélectionner l'engin le plus adapté à leurs objectifs et à leurs moyens.

Matériel et méthodes

c) Attracteur

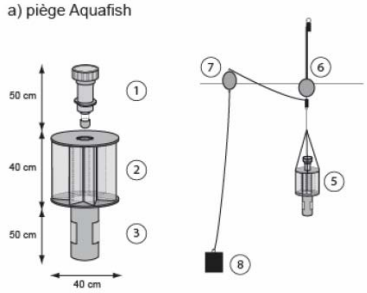


Trois engins différents ont été utilisés **pour échantillonner les larves** : un filet à ichtyoplancton et deux modèles de pièges lumineux (a, b)

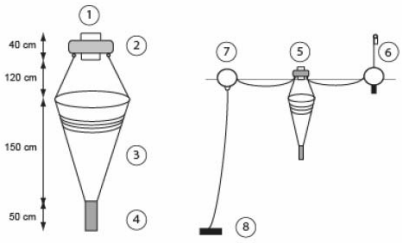
Trois techniques différentes ont été utilisées **pour échantillonner les juvéniles** : des attracteurs artificiels (c), une senne déployée sous l'eau, et des micro-empoisonnements à la roténone.

Les données présentées ici proviennent du lagon SO de Nouvelle-Calédonie où des échantillonnages ont été réalisés entre sept. 2004 et janv. 2005 (larves) et entre sept. 2005 et fév. 2006 (larves et juvéniles). Chaque période d'échantillonnage était centrée sur la nouvelle lune dans le but d'optimiser l'efficacité des captures.

a) piège Aquafish



b) piège Ecocean



Les larves et les juvéniles ont été identifiées jusqu'au plus bas niveau taxonomique possible. Comme la plupart des larves n'ont pas pu être identifiées jusqu'au niveau de l'espèce ni même celui du genre, tous les poissons ont été regroupés au niveau de la famille dans les analyses.

Résultats (voir tableau synthétique page suivante)

- Un total de près de 27000 poissons appartenant à 72 familles ont été capturés.
- La moitié des familles (30/72) a été capturée à la fois comme larve et comme juvénile.
- 5 familles (Apogonidae, Blenniidae, Pomacentridae, Tetraodontidae and Tripterygiidae) ont été obtenues par les 6 techniques, à des tailles différentes.

Efficacité des techniques :

- 100% des échantillons obtenus avec un filet à ichtyoplancton contiennent des larves
- Les pièges Ecocéans apparaissent plus efficaces que les pièges Aquafish : le % d'échantillons sans poissons est le plus faible et le nombre moyen de poissons capturés ainsi que le nb de familles est deux fois supérieur aux résultats d'Aquafish

Avant de sélectionner une technique d'échantillonnage de jeunes poissons, plusieurs facteurs doivent être pris en compte, les plus importants étant les taxons ciblés, leur comportement et leur taille.

Pour les larves : Le filet à ichtyoplancton et les piège lumineux sont des engins complémentaires (15 familles en commun seulement) car ils permettent de capturer un grand nombre de familles des larves de différentes tailles et donc à des stades de développement différents.

Pour les juvéniles : Les attracteurs apparaissent moins efficaces que les autres techniques (nb d'échantillons sans poissons élevé). Cependant, comme les pièges lumineux, ils sont intéressants car utilisables sur tous les types d'habitats.

La capture des larves et juvéniles de poissons coralliens peut être une source substantielle d'approvisionnement pour la filière des poissons d'ornement.

Les méthodes de captures traditionnelles pour cette filière ont un très fort impact sur l'environnement : ces techniques se focalisent sur les jeunes adultes, c'est-à-dire ceux qui ont survécu à la période larvaire et au moment de l'installation alors que collecter des poissons au stade larvaire, ou juste au moment où ils s'installent dans les habitats benthiques, est probablement moins dommageable pour les populations de poissons à long terme .

La présente étude contribue à cet effort, en mettant à disposition des informations sur au moins trois techniques non-destructrices de capture des jeunes poissons : les pièges lumineux, les attracteurs et la senne.

Le détail des méthodes, analyses, résultats et discussions est présenté dans:

- *Carassou et Ponton, 2007. Les premiers stades de vie des poissons de N.C.. Volet 1 - Stades pré-installation. Rapport final ZoNéCo*

Ce travail a également été soumis pour publication :

- *Carassou, Mellin & Ponton. How to assess diversity and abundances of larvae and juveniles of coral reef fish: a review of six sampling techniques. Soumis à Biodiversity and Conservation*

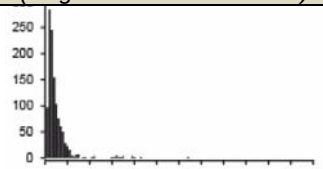
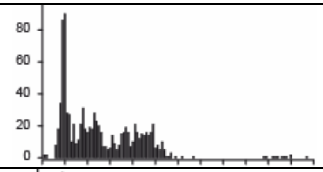
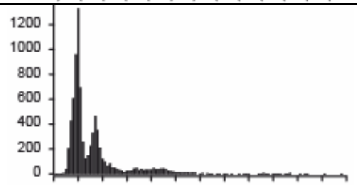
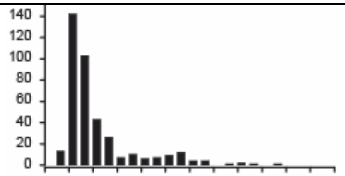
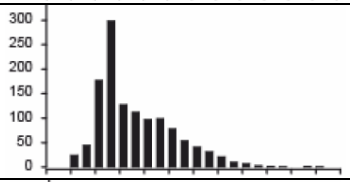
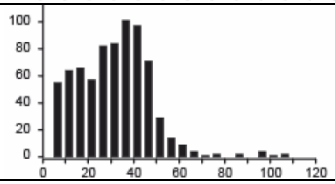
	Technique d'échantillonnage	Habitat	% d'échantillons sans poissons	Nb de poissons par Unité d'effort				Taille des individus capturés		Nb de familles capturées	Familles les plus fréquemment capturées	Familles capturées par une seule technique
				Min	Moyen	Max	Unité	Distribution de taille *(longueur standard en mm)*	Taille moyenne			
Larves	**Filets Ichtyoplancton**	Colonne d'eau / Fonds meubles	0 %	12 0	107 7	1152 61	min^{-1} ou m^{-3}		4.2 mm (individus entre 2 et 4 mm les plus abondants)	45	Gobiidae Engraulididae, Syngnathidae, Leiognathidae	Belonidae, Pegasidae, Mugilidae, Bythididae, Monodactylidae, Priacanthidae, Sillaginidae, Toxotidae, Triglidae Xenisthmidae,
	Pièges Aquafish	Colonne d'eau/ Tout types de fond	9 %	0	10	61	h^{-1}		17.9 mm (individus entre 9 et 11 mm les plus abondants)	21	Pomacentridae, Engraulididae Lethrinidae, Lutjanidae, Siganidae Apogonidae	
	Pièges Ecocéan	Colonne d'eau / Tous types de fonds	4.5 %	0	21	767	h^{-1}		16.1 mm (individus entre 9 et 11 mm les plus abondants)	53	Pomacentridae, Lethrinidae Engraulididae Siganidae	Larves leptocephales d'Anguilliformes et d'Elopiformes, Aulostomidae, Kuhliidae, Kyphosidae, Cynoglossidae et Poecilopsettidae
Juvéniles	**Attracteurs**	Benthique / Tous types de fonds	46 %	2	5	132	2j		22 mm (individus entre 10 et 20 mm les plus abondants)	15	Apogonidae et Blenniidae	
	Sennes	Benthique / Fonds meubles	8.3 %	1 0	15 1	133 6	min^{-1} ou m^{-2}		38 mm (individus entre 20 et 30 mm les plus abondants)	21	Labridae, Lethrinidae et Siganidae	Plotosidae
	Micro empoisonnements à la roténone	Benthique / Fonds coralliens	4.2 %	15	39	134	m^{-3}		33 mm (individus entre 35 et 45 mm les plus abondants)	26	Pomacentridae et Apogonidae	Holocentridae

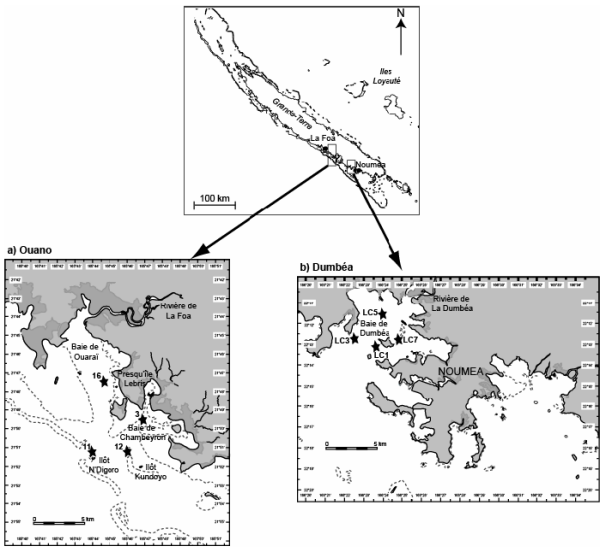
Tableau synthétique compilant les principaux résultats de la partie 1 « Techniques d'échantillonnages »

PARTIE 2. FACTEURS DE L'ENVIRONNEMENT QUI INFLUENCENT LA STRUCTURE SPATIALE ET TEMPORELLE DES ASSEMBLAGES DE LARVES

La **compréhension des processus** susceptibles d'influencer la survie des larves nécessite l'utilisation d'un **jeu de variables** environnementales **complexe** car non seulement la composition, la diversité et l'abondance de ces assemblages larvaires peuvent être très variables d'une année à l'autre, et entre zones géographiques, mais aussi parce que les facteurs environnementaux sont eux-mêmes très variables dans le temps et l'espace.
Malgré cette grande complexité, de nombreuses **études ont mis en évidence**, dans les abondances et la composition des assemblages de larves, des **variations saisonnières** en fonction des conditions météos, des cycles lunaires et des marées et des **variations spatiales** en fonction de la courantologie, des conditions de température et de la quantité de proies rencontrées par les larves.

Cette étude a pour objectif de tester l'influence d'un jeu de variables environnementales à la fois biotiques et abiotiques sur les abondances des différentes familles de larves dans le lagon, et d'établir une hiérarchie entre ces différents facteurs à différentes échelles spatiales et temporelles.

Matériel et méthodes



Six campagnes d'échantillonnage mensuelles, entre sept 2005 et fév. 2006 ont eu lieu sur deux sites de la côte sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie:

- les zones côtières et le lagon de Ouano - La Foa (récif barrière à environ 7 km de la côte),
- la baie de Dumbéa (barrière a plus de 20 km de la côte).

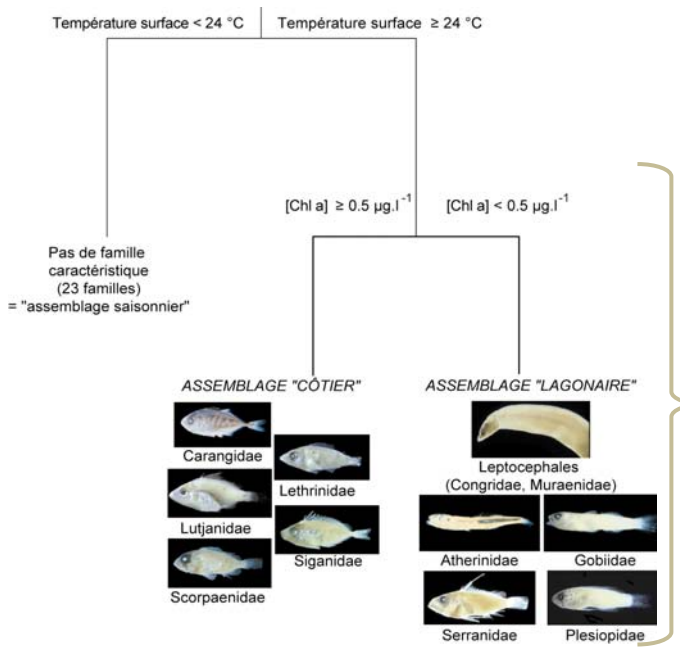
Pour chaque station :

- Les larves de poissons ont été capturées grâce à des pièges lumineux Ecocean
- les proies potentielles des larves de poissons (micro- et méso-zooplancton) ont été capturées grâce à un filet à microplancton
- Des prélèvements d'eau ont été réalisés (mesure des concentrations en chlorophylle *a*, phéopigments, carbone, etc)
- Des mesures de température, salinité et turbidité ont été effectuées
- Des données météorologiques acquises dans chaque site (vent, ensoleillement, pluviométrie)

Résultats

Cette étude a permis d'obtenir un modèle de la structure spatiale et temporelle des assemblages de larves dans le lagon à partir de quelques paramètres simples décrivant l'environnement et les conditions météorologiques.
Parmi les 14 variables testées, les facteurs qui expliquent le mieux la structure des assemblages sont la durée **l'ensoleillement et la vitesse et la direction des vents**, et **la température de surface et la concentration en chl *a***. La hiérarchie de ces facteurs s'est avérée similaire dans les deux sites malgré des gammes de variabilité environnementale différentes, démontrant que ces variables constituent de bons prédicteurs de la structure des assemblages dans le lagon. Les arbres obtenus à partir des conditions de la colonne d'eau à petite échelle sont représentés ici pour exemple :

A Ouano :



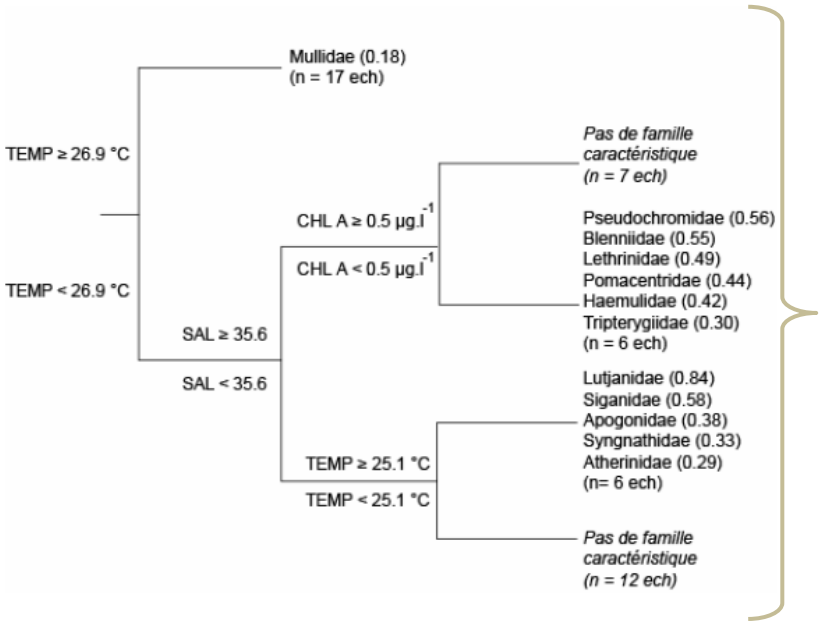
L'arbre de régression multivarié (MRT) couplant données environnementales et abondances de larves collectées a abouti à une typologie simple où la température de surface et la concentration en chl *a* expliquent 22 % de la variabilité dans les assemblages.

L'influence de la chl *a* sur la distribution des assemblages larvaires le long du gradient côte-large est un résultat original en milieu corallien, qui a permis, pour la période chaude (T°C > 24,1), de distinguer :

- des assemblages typiquement côtiers et dominés par les Lethrinidae, le Carangidae et les Siganidae,
- des assemblages typiquement lagonaires et dominés par d'autres familles telles que les Atherinidae, les Serranidae ou les larves leptocephales de Muraenidae et Congridae.

A Dumbéa :

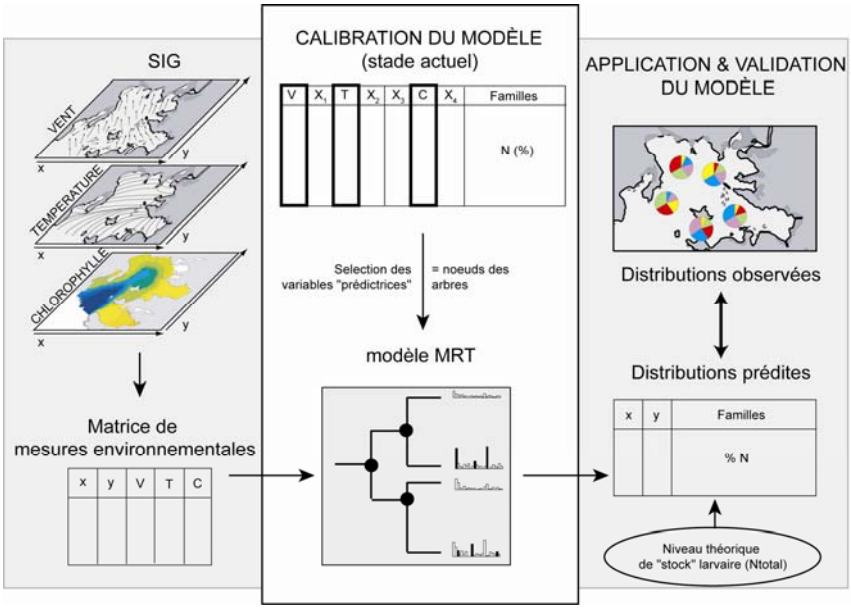
L'arbre de régression multivarié (MRT) couplant données environnementales et abondances de larves collectées a abouti à une typologie simple où la température de surface, la salinité et la concentration en chl *a* expliquent plus de 60% de la variabilité dans les assemblages. Les scores statistiques obtenus dans ce site sont meilleurs qu'à Ouano, en raison de la moins grande hétérogénéité d'habitats échantillonnés dans cette baie.



- Les Lutjanidae et Siganidae sont abondants lorsque la température de surface de l'eau est comprise entre 25,1 et 26,9 °C, et salinité inférieure à 35,6
- Les Pseudochromidae, Blenniidae et Lethrinidae sont abondants lorsque la température de surface de l'eau est inférieure à 26,9 °C, la salinité supérieure à 35,6 et les concentrations en chl *a* inférieures à 0,5 µg.l^{-1} .
- Les Mullidae sont abondants lorque la température de surface dépassait 26,9 °C.

Les habitats côtiers,définis ici par des teneurs en chl *a* supérieures à 0,5 µg.l^{-1} , doivent donc être considérés comme des habitats particulièrement favorables à de fortes abondances de larves de nombreuses espèces de poissons en Nouvelle-Calédonie.

A terme, ces **résultats ont vocation à être utilisés pour construire des modèles spatialisés et prédictifs** de la composition relative des assemblages dans différentes masses d'eau. Dans ce contexte, l'étude réalisée constitue la phase de calibration du modèle, pendant laquelle les meilleurs « prédicteurs » environnementaux ont été sélectionnés.



L'étape suivante consisterait à intégrer les valeurs de ces variables dans un système d'information géographique (SIG). Une nouvelle analyse MRT permettra ensuite d'obtenir des proportions de différentes familles (%N) à partir d'un niveau de « stock » larvaire théorique (N), ou simulé dans à différents endroits dans le lagon.

Un **tel outil permettrait la production de cartographies des compositions d'assemblages dans différents habitats ou masses d'eau**. Les masses d'eau où des larves de telle ou telle famille sont abondantes pourraient ainsi être déterminée à une année donnée, pour divers niveaux de « stocks » larvaire.

Le détail des méthodes, analyses, résultats et discussions est présenté dans:

- *Carassou et Ponton, 2007. Les premiers stades de vie des poissons de N.C.. Volet 1 - Stades pré-installation. Rapport final ZoNéCo*

Ce travail a également été soumis pour publication :

- *Carassou L, Ponton D, Mellin C, Galzin R. A first step towards predictive models of larval fish assemblages structure: the hierarchical classification of the environmental forcing factors. Soumis à Coral reefs*

PARTIE 3 . REGIME ALIMENTAIRE DES LARVES DE POISSONS

La **disponibilité en proies** a une **influence** capitale sur la **survie des larves** de poissons puisque la disponibilité de ces ressources alimentaires détermine les conditions de croissance des larves. Cette étude a donc pour objectif de décrire de manière simple le régime alimentaire des larves de plusieurs taxons capturés dans le lagon de Nouvelle-Calédonie. Les relations entre la diversité de proies et la taille des larves, ainsi que celles entre la taille moyenne des proies et celles des larves, tout comme le comportement de sélection active de certaines proies (type, taille) est également testé.

Matériel et méthodes

Neuf taxons présentant des formes de corps les plus contrastées possibles ont été sélectionnés pour l'analyse des contenus digestifs. Chaque individu a été disséqué sous loupe binoculaire. Le système digestif a ensuite été analysé sous microscope (abondance semi-qualitative par catégorie de proies, indice de remplissage du système digestif, taille de proies et identification quand possible).

Résultats

Parmi les neufs taxons étudiés, **huit taxons** sont **caractérisés par** un **régime alimentaire zooplanctonophage**, **dominés** principalement **par** des **petits Copépodes**, des **Crustacés** non identifiés **et** des **oeufs**. Ces catégories de proies sont également celles qui dominent dans la colonne d'eau à l'endroit où les larves ont été capturées. Les faibles différences dans la diversité et la composition en taille des proies des différents taxons suggèrent que les **larves pélagiques consomment** les **proies de manière opportuniste. Cependant, la sélection active de proies a été mise en évidence :** la part des proies de taille comprise entre 150 et 250 micron est bien plus importante dans les contenus stomacaux que dans le milieu naturel.

La **longueur moyenne des proies augmente** significativement **avec la taille des larves**. Ce résultat suggère qu'au fur et à mesure de leur développement, grâce à l'acquisition d'un système sensoriel et natatoire de plus en plus performant et à l'acquisition progressive d'enzymes digestives de plus en plus efficaces, les larves pélagiques acquièrent la capacité de consommer des proies de plus grande taille, vraisemblablement plus actives, et d'une valeur nutritionnelle plus élevée.

Malgré de fortes similitudes dans le régime alimentaire des larves des différents taxons étudiés, des particularités permettent de les distinguer les uns des autres :

- Les larves des Carangidae sp2 par exemple montrent des systèmes digestifs particulièrement remplis, indiquant une forte activité alimentaire et montrent une préférence pour les proies zooplanctoniques de petite taille, telles que les larves de Bivalves, de Gastéropodes ou des oeufs.
- A l'inverse les larves de *Lethrinus genivittatus* présentent des systèmes digestifs généralement peu remplis et dominés par des proies planctoniques de plus grande taille, comme des Crustacés non identifiés

Cette étude a permis de mettre en évidence que **chez certains taxons**, les **larves présentent un régime alimentaire proche de celui du stade adulte**. Ainsi :

- Les larves de *Siganus fuscescens* (dont les adultes sont herbivores) se distingue par la présence de proies peu abondantes, et dominées par des débris végétaux.
- la plupart des espèces de Pomacentridae sont zooplanctonophages au stade adulte , comme les larves de Pomacentridae sp2 disséquées dans cette étude.

A l'inverse, les familles de Lutjanidae, Lethrinidae et Carangidae, dont tous les taxons ont été décrits comme zooplanctonophages au stade larvaire dans cette étude, deviennent carnivores et prédateurs de poissons et d'invertébrés pour la plupart des espèces au stade adulte.

Si les larves de poissons exploitent les ressources zooplanctoniques de la colonne d'eau pour se nourrir, les facteurs qui influencent les communautés planctoniques dans le lagon seront susceptibles d'affecter la qualité de la nutrition des larves pendant cette phase critique.

Les études exploratoires menées montrent que les densités en organismes micro- et méso-zooplanctoniques consommées par les larves sont supérieures dans les zones côtières que dans les zones du lagon plus éloignées de la côte. En conséquence, ces **zones côtières sont des zones privilégiées pour l'alimentation des larves juste avant leur installation**, et constituent des milieux favorables à leur croissance et à leur survie, contribuant donc au succès de leur recrutement futur.

La **gestion raisonnée** de la **qualité** des **milieux côtiers**, et notamment de la qualité physico-chimique de la colonne d'eau **et** de **l'intégrité des habitats** qui y sont associés, comme les herbiers et mangroves, **est** donc **indispensable**.

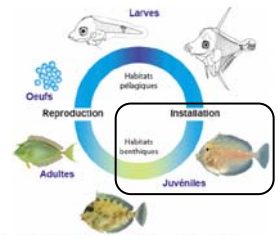
Le détail des méthodes, analyses, résultats et discussions est présenté dans:

- *Carassou et Ponton, 2007. Les premiers stades de vie des poissons de N.C.. Volet 1 - Stades pré-installation. Rapport final ZoNéCo*

Ce travail a également été soumis pour publication :

- *Carassou, Le Borgne & Ponton. Diet of pre-settlement larvae of coral reef fish: availability vs. Selection of prey types and sizes. Soumis à Journal of Fish Biology*

Les premiers stades de vie des poissons de Nouvelle-Calédonie : Identification des habitats lagonaires pour les stades pré- et post installation



Volet thématique 2 - Stades post-installation

Camille Mellin & Dominique Ponton*

*(*Thèse soutenue en Décembre 2007)*

INTRODUCTION GENERALE

La majorité des poissons de récifs coralliens possèdent un cycle de vie complexe avec une phase larvaire pélagique, à l'issue de laquelle les larves retournent vers le récif pour y s'installer et continuer leur développement en juvénile puis en adulte. Lors de **l'installation,** les jeunes poissons sont exposés à un environnement complexe et ils choisissent leur habitat parmi de nombreux substrats potentiels.

L'habitat sélectionné à l'installation est primordial pour les jeunes poissons car il peut conditionner leur croissance et leur survie, et donc le succès de leur recrutement dans les populations adultes. Pour chaque espèce, il existe un **milieu et** un **substrat optimal pour se nourrir et croître** jusqu'à maturité : c'est «**l'habitat essentiel** ».

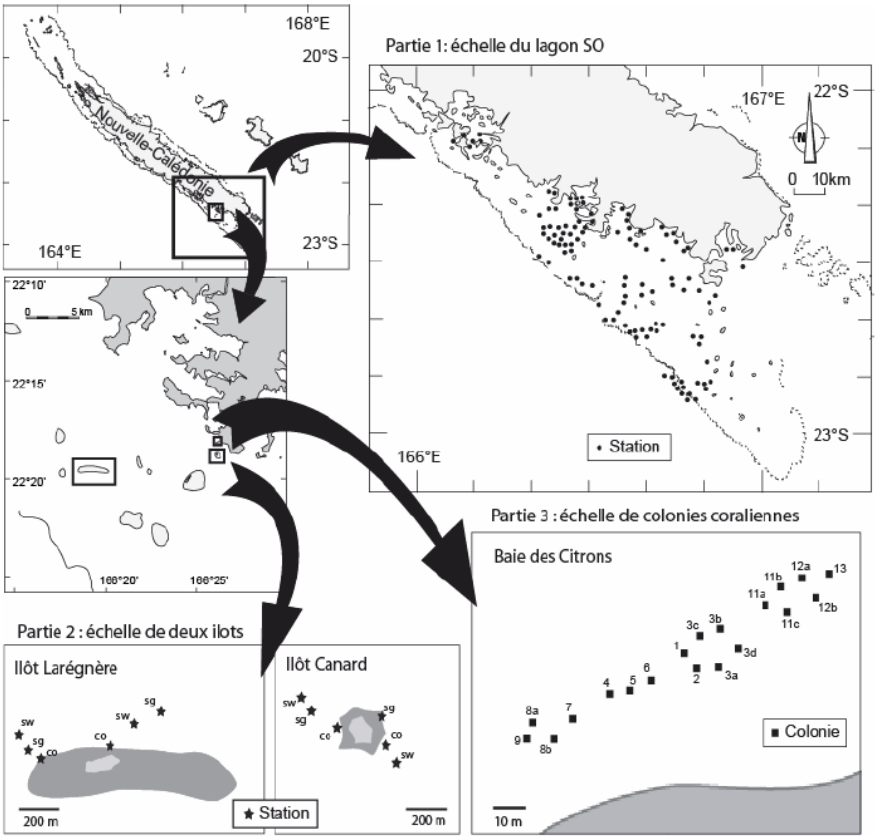


Figure 2. Sites d'études et stations d'échantillonnage pour les trois parties de ce rapport correspondant à trois échelles différentes et complémentaires. Partie 1 : échelle du lagon SO. Chaque point ne donne qu'une idée approximative de la position des stations (= paire de deux transects) car il correspond à une zone d'environ 500m de large dans laquelle plusieurs transects peuvent avoir été effectués. Partie 2 : échelle de des ilots Larégnère et Canard. Le biotope correspondant à chaque station est indiqué (co : coraux, sg : herbiers, sw : algueraies) Partie 3 : échelle de colonies coralliennes dans la baie des Citrons.

L'habitat essentiel est donc une notion dynamique : c'est une référence spatiale et temporelle qui désigne la position qu'occupe à un instant donné une densité importante de juvéniles qui optimisent le compromis entre différentes contraintes biologiques et écologiques.. La quantité, la taille et la connectivité de ces habitats essentiels sont des conditions nécessaires à la pérennité des ressources car elles conditionnent fortement le renouvellement des populations adultes.

A une large échelle spatiale (1 à 10 km), la distribution des juvéniles dans les habitats côtiers est influencée par la distribution des larves dans les masses d'eau dont les caractéristiques varient suivant un gradient côte-large. A une plus petite échelle (10 à 100m), la distribution spatiale des juvéniles est sous l'influence de la profondeur, du type de substrat, ainsi que du type de couverture benthique.

Les îlots du Lagon Sud qui présentent des mosaïques bien délimitées de biotopes lagonaires variés (herbiers, algueraies, coraux), offrent la possibilité de tester des facteurs à **différentes échelles spatiales** :

- depuis celle du **lagon** (distance à la côte ou à la barrière p. ex.) **– Partie 1**
- jusqu'à celle des **biotopes** (diversité structurale p. ex.) **– Partie 2**
- et des **micro-habitats** (composition p. ex.) – **Partie 3**

PARTIE 1. LES HABITATS DES JUVENILES A L'ECHELLE DU LAGON

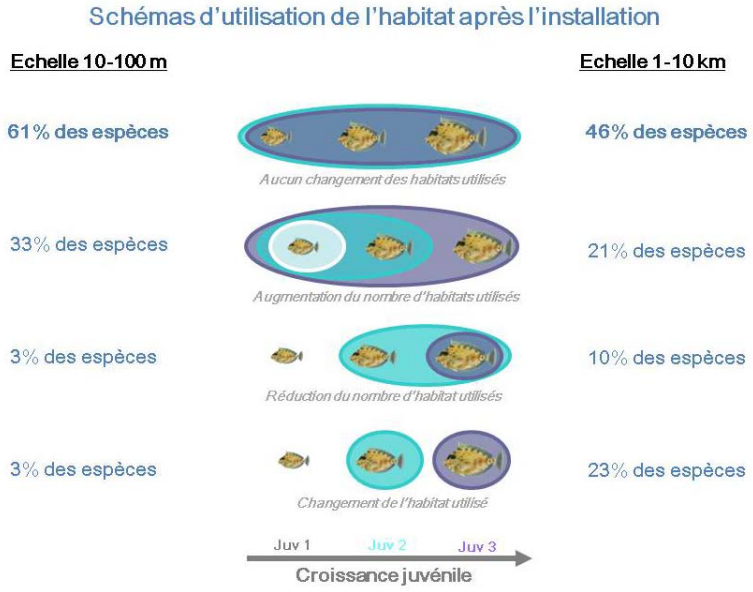
Les différents buts du travail effectué dans cette partie étaient de caractériser les assemblages majeurs de juvéniles à petite et grande échelles, ainsi que leurs variations saisonnières et de mettre en évidence des changements d'habitats entre classes de tailles successives ou entre saisons pour les espèces dominantes.

Matériel et méthodes

Cette étude a eu lieu dans la partie SO du lagon de Nouvelle-Calédonie où 16 années de comptages de poissons en plongée (Kulbicki, 1997) ont permis de mieux comprendre l'utilisation des habitats par les juvéniles. Ainsi, entre 1986 et 2001, un total, 74 097 juvéniles appartenant à 161 espèces de 46 familles ont été observés. Seules les principales classes de taille des 11 familles les plus fréquemment observées ont été conservées pour la suite des analyses.

Résultats

A large échelle spatiale (1-10 km) : les juvéniles de différentes tailles étaient répartis suivant un gradient côte-large. Toutes saisons confondues, 64 juvéniles (comprenant 17% de Scaridae) ont été considérés caractéristiques des habitats du récif barrière, 90 juvéniles (comprenant 21% d'Acanthuridae et 20% de Labridae) des habitats intermédiaire, et 31 juvéniles (comprenant 29% de Chaetodontidae) des habitats côtiers. Ces résultats mettent en évidence le rôle des habitats intermédiaires pour les juvéniles d'un grand nombre d'espèces de poissons récifaux, particulièrement pour les Lethrinidae, Labridae et Mullidae pour lesquels respectivement 70%, 69% et 60% des juvéniles ont été observées dans ces habitats intermédiaires.



Parmi les juvéniles observés, 23% ont montré des différences saisonnières d'habitat à une large échelle spatiale alors que pour 47%, aucune différence d'utilisation de l'habitat en fonction des saisons n'a pu être démontrée. Les explications possibles de l'existence de différences saisonnières peuvent être que les espèces migrent suivant les saisons, ou bien qu'elles ont une meilleure survie dans les habitats où la nourriture est abondante et où la prédation est moins intense.

A petite échelle spatiale (10-100m) : 54 juvéniles, comprenant majoritairement des Chaetodontidae, Pomacentridae et Scaridae, ont été identifiés comme associés aux fonds durs avec du corail vivant alors que 131 juvéniles, comprenant majoritairement des Lutjanidae, Lethrinidae, Mullidae, sont associés aux fonds sableux ou vaseux avec des algueraies.

Le fait que plus des **deux tiers des juvéniles** aient été **observés dans les habitats associés aux fonds sableux ou vaseux avec des algueraies ou des herbiers souligne l'importance de ces habitats** pour les juvéniles d'un grand nombre d'espèces de poissons coralliens (déjà observé dans l'Indo-Pacifique). Plusieurs hypothèses ont été suggérées afin d'expliquer le rôle important de ces habitats. Ils pourraient fournir des abris contre les prédateurs, fournir une nourriture abondante ou simplement intercepter de manière efficace les larves planctoniques.

Au cours de cette étude, les juvéniles ne changeant pas de type d'habitat pendant le stade juvénile a été le cas le plus fréquemment observé (pour 61% des juvéniles), confirmant ainsi qu'une majorité d'espèces utilisent les habitats intermédiaires et couverts d'algueraies ou herbiers durant la totalité de leur période juvénile.

Des changements importants d'habitats en fonction de la taille n'ont été détectés que pour un nombre restreint d'espèces mais confirment ce qui a déjà été observé dans des études précédentes :

- les juvéniles de *Parupeneus multifasciatus* de tailles moyenne et grande sont abondants dans les habitats de fonds meubles avec algueraies ou herbiers alors que les plus grands sont abondants dans les habitats de la barrière récifale (observations en accord avec celles réalisées sur la Grande Barrière de corail).
- bien que toutes les tailles de juvéniles de *Lethrinus atkinsoni* soient caractéristiques des algueraies ou herbiers, les juvéniles de petites tailles sont observés plutôt dans les habitats de la barrière récifale, ceux de tailles intermédiaires dans les habitats intermédiaires et ceux de grandes tailles dans les habitats côtiers (ceci complète les observations identiques faites dans les îles Ryukyu au Japon)

Le détail des méthodes, analyses, résultats et discussions est présenté dans:

- *Mellin & Ponton, 2007. Les premiers stades de vie des poissons de N.C. Volet 2 - Stades post-installation. Rapport final ZoNéCo*

Ce travail a également fait l'objet d'une publication :

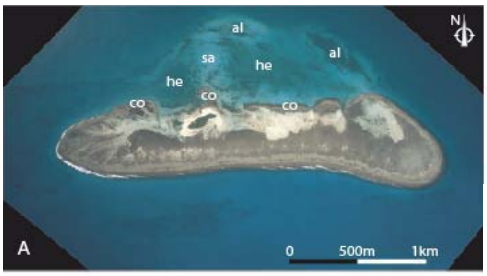
- *Mellin, Kulbicki & Ponton, 2007. Seasonal and ontogenetic patterns of habitat use in coral reef fish juveniles. Estuarine, Coastal and Shelf Science 75 (2007) 481-491*

PARTIE 2. LES HABITATS DES JUVENILES A L'ECHELLE DE DEUX ILOTS

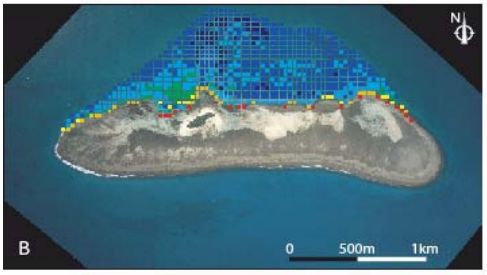
Identifier les facteurs qui favorisent la survie des juvéniles est de première importance pour comprendre les processus qui gouvernent la dynamique des populations adultes. De plus, prévenir la dégradation des habitats qui favorisent la survie des juvéniles peut contribuer significativement à améliorer le succès du recrutement et, par conséquent, le nombre d'espèces et d'individus dans la communauté entière.
Le développement de modèles spatialement explicites permettant de prédire le nombre d'espèces et d'individus présents comme juvéniles à un endroit donné est donc un défi pour l'écologie des poissons récifaux. Ces modèles doivent intégrer les variables environnementales qui influencent la distribution des juvéniles à différentes échelles spatiales.

Matériel et méthodes

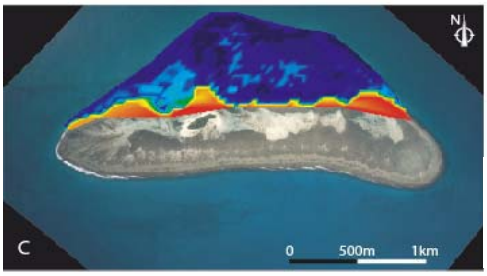
Deux îlots du lagon ont été choisis pour cette étude : l'îlot Larégnère, près de la passe de Dumbéa, et l'îlot Canard, proche de Nouméa. Six stations ont été choisies autour de chaque îlot et chaque station subdivisée en secteurs sur lesquels les poissons ont été comptés (points fixes) et les habitats précisément décrits.
Plusieurs étapes successives ont ensuite été nécessaires pour d'identifier l'échelle la plus appropriée puis prédire et cartographier le nombre d'espèces et d'individus juvéniles à partir d'une photographie aérienne de l'ilot Larégnère et de zones adjacentes



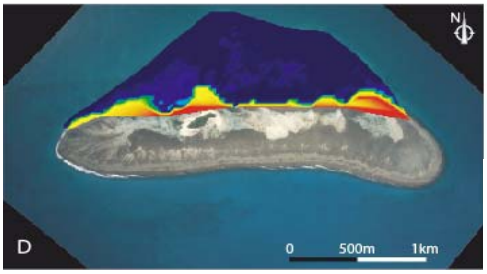
(A) Image aérienne originale de l'ilot Larégnère pour laquelle chaque pixel a été associé à un biotope



(B) prédictions du nombre d'espèces de juvéniles par cellule de 80m²



(C) simulation haute résolution du nombre d'espèces à partir du ré-échantillonnage des cellules de 80m².



(D) simulation haute résolution du nombre d'individus à partir du ré-échantillonnage des cellules de 80m2.

Résultats

Cette partie a permis de montrer qu'il est possible de développer des **modèles spatialement explicites** de la distribution des juvéniles de poissons à partir de Modèles Linéaires Généralisés (GLM) **reliant des observations ponctuelles à des données environnementales** et utilisant les informations obtenues par télédétection mises à l'échelle requise par les modèles.

Trois résultats importants ont été obtenus :

(i) les **variables d'habitat à** une **petite échelle** spatiale **peuvent expliquer** une **grande part,** jusqu'à 71%, **des variations** observées de **richesse spécifique de juvéniles** de poissons récifaux,

(ii) quand une combinaison de facteurs environnementaux à différentes échelles est utilisée, ce chiffre peut atteindre 75%,

(iii) le **couplage de données** de télédétection, de SIG, et de prédictions basées sur des observations ponctuelles **peut permettre d'obtenir des informations spatialement explicites** à une résolution difficilement accessible et couteuse à l'aide des méthodes traditionnelles d'échantillonnage.

La démarche proposée dans cette étude peut être appliquée à d'autres échelles spatio-temporelles, d'autres sites et aussi d'autres groupes faunistiques à condition 1) qu'il existe une relation forte entre les variables à prédire et les variables environnementales, 2) que les modèles soient construits à l'échelle des facteurs environnementaux qui influencent le plus les communautés.

Cette étude à également démontré que le nombre d'espèces de juvéniles et l'abondance totale des juvéniles ne sont pas influencés par les mêmes caractéristiques d'habitat. Ainsi le pourcentage de corail vivant a un effet important sur le nombre d'individus mais plus faible sur le nombre d'espèces.

Le fait que la vitesse du vent soit un facteur important dans chacun des modèles semble indiquer que la circulation lagonaire, largement sous l'influence de la vitesse du vent, pourrait contrôler la distribution des juvéniles probablement à travers la distribution des larves avant qu'elles ne s'installent. L'existence d'un modèle 3D de production couplé à un modèle de circulation existe pour le lagon SO de Nouvelle-Calédonie, il devrait être possible de prendre en compte les caractéristiques de la colonne d'eau à une grande échelle ainsi que des temps de résidence.

Le détail des méthodes, analyses, résultats et discussions est présenté dans:

- *Mellin & Ponton, 2007. Les premiers stades de vie des poissons de N.C. Volet 2 - Stades post-installation. Rapport final ZoNéCo*

Ce travail a également fait l'objet d'une publication :

- *Mellin, Andrefouet &, Ponton, 2007 Spatial predictability of juvenile fish species richness and abundance in a coral reef environment. Coral Reefs (2007) 26:895–907*

PARTIE 3. SCHEMAS SPATIAUX DE CROISSANCE JUVENILES CHEZ TROIS ESPECES DE POISSONS RECIFAUX, A L'ECHELLE DE DEUX ILOTS

Malgré un nombre d'études croissant sur la mortalité des juvéniles sélective en fonction de leur croissance, cet effet reste rarement testé lors de la comparaison des trajectoires de croissance entre différents sites ou différentes périodes. Cette étude avait pour buts d'évaluer les différences spatiales de la croissance de trois espèces de poissons récifaux, *Chromis viridis* (Pomacentridae), *Lethrinus genivittatus* (Lethrinidae) et *Siganus fuscescens* (Siganidae) et de tester si les éventuelles différences de croissance observées sont dues à une mortalité sélective après l'installation.

Matériel et méthodes

La croissance larvaire et la croissance juvénile ont été étudiées pour les 3 espèces dans des habitats côtiers (Ilot Canard) et intermédiaires (Ilot Larégnère) d'un lagon corallien.
L'analyse des otolithes de juvéniles capturés dans chaque habitat a permis de rétrocalculer les trajectoires de croissance des juvéniles depuis l'éclosion jusqu'à leur capture.

Résultats

Des Modèles Linéaires Généralisés à Mesures Répétées (RM-GLMs) ont mis en évidence que les trajectoires de croissance des trois espèces différaient significativement suivant les habitats.

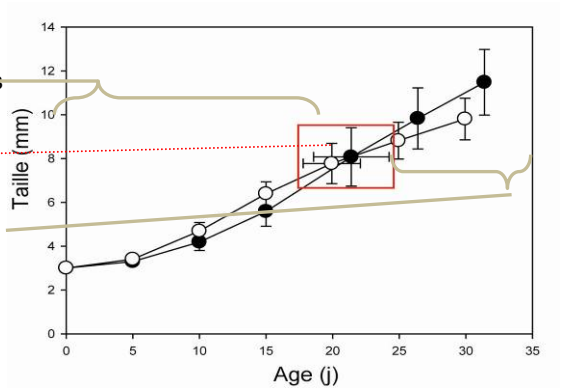
Des analyses GLM ont montré, chez *Chromis viridis,* que les trajectoires de croissance observées dépendaient de l'âge des juvéniles, suggérant un effet significatif de la mortalité croissance-sélective après l'installation sur la croissance observée. Cela signifie qu'au moment de l'installation, pour certaines espèces ou certains habitats, la prédation serait fonction de la taille et donc de la croissance. Il est ainsi suggéré que cet effet sur les trajectoires de croissance soit systématiquement évalué.

- ***Chromis viridis***

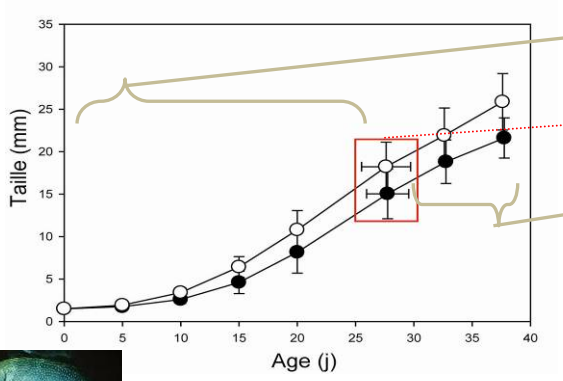
Croissance larvaire : Plus élevée dans les habitats intermédiaires (Larégnère)

A l'installation : Pas de différence significative de taille ou d'âge à l'installation selon les habitats

Croissance juvénile : Plus élevée dans les habitats côtiers (Canard)



- ***Lethrinus genivittatus***



Croissance larvaire : Plus élevée dans les habitats intermédiaires (Larégnère)

A l'installation : Il y a une différence significative de taille à l'installation (pas d'âge) : les individus se sont installés plus petits dans l'habit côtier (Canard)

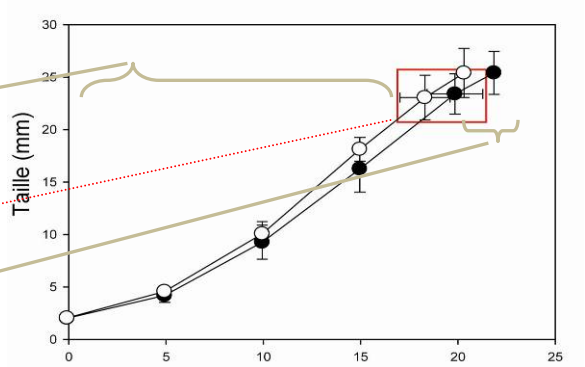
Croissance juvénile : Plus élevée dans les habitats intermédiaires (Larégnère)

- ***Siganus fuscescens***

Croissance larvaire : Plus élevée dans les habitats intermédiaires (Larégnère)

A l'installation : Il y a une différence significative d'âge à l'installation (pas de taille) : les individus à l'installation étaient plus âgés dans l'habitat intermédiaire (Larégnère)

Croissance juvénile : Plus élevée dans les habitats intermédiaires (Larégnère)



Le détail des méthodes, analyses, résultats et discussions est présenté dans:

- *Mellin, 2007. Sélection de l'habitat à l'installation et utilisation post-installation chez les poissons de N.C. Thèse de doctorat.*

Ce travail a également été soumis pour publication :

- *Mellin, Galzin, Ponton &Vigliola. Back-calculated larval and juvenile growth trajectories of coral reef fish: how to untangle fast growth and selection of fast growth? Soumis à Marine Biology*

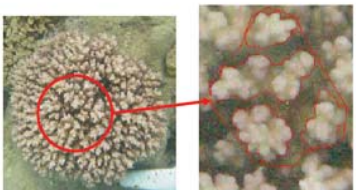
ETUDE CIBLEE. LES HABITATS A L'ECHELLE D'UNE BAIE : EXEMPLE DE LA DEMOISELLE CITRON (POMACENTRIDAE)

Cette partie, ciblée sur les juvéniles de la Demoiselle Citron *Pomacentrus moluccensis* (Pomacentridae) avait pour but de répondre à trois questions :

1) Quelles sont les caractéristiques de l'habitat sélectionné par les larves de *P. moluccensis* à l'installation ?
2) Des larves présentant des croissances pélagiques différentes sélectionnent-elles des habitats différents à l'installation ?
3) La croissance et la survie post-installation des juvéniles de *P. moluccensis* sont-elles influencées par les caractéristiques de l'habitat ?

Matériel et méthodes

Pour répondre à ces questions, une étude pilote a tout d'abord été conduite pour permettre la description des colonies coralliennes à partir de photographies sous-marines. Cette technique a ensuite été utilisée pour réaliser une description à micro-échelle de l'habitat des poissons en Baie des citrons. Enfin, l'abondance et la croissance (analyse des otholites) des juvéniles de *P. moluccensis* ont été estimées et mises en relation avec les caractéristiques de l'habitat et la composition des assemblages de poissons résidents.
Cette étude a été conduite sur des colonies de coraux branchus du genre *Acropora*, sur le site de la Baie des citrons.



Région de mesures idéales d'une colonie corallienne et mesure des contours des extrémités des branches

Résultats

Description de colonies coralliennes à partir de photos ss-marines :

- La méthode de mesures à partir de photographies offre une exactitude et une précision élevées, supérieure aux méthodes classiques, longues et destructives. De plus, elle est simple et peu coûteuse. Cinq photographies au minimum sont nécessaires pour estimer chacune des variables dans les deux plans de la colonie avec une précision élevée.

Description des habitats à micro-échelle :

- Il semble possible de décrire la structure des colonies coralliennes uniquement à l'aide de quatre variables : le volume total, le pourcentage de corail dans le plan horizontal, le rapport surface de corail vivant sur surface totale et l'indice de refuge théorique.
- Une typologie à micro-échelle semble ainsi distinguer trois groupes de colonies : 1/ colonies de grande dimension, 2/colonies possédant un volume d'anfractuosités et un indice de refuge théorique élevés et 3/ colonies de petite dimension.
- En moyenne, deux heures ont été nécessaires par colonie pour estimer l'ensemble des variables à micro-échelle. Le temps de description peut être divisé par deux en réduisant le nb de variable descriptives.

Sélection de l'habitat : influence sur la croissance et les abondances :

- Les abondances en poissons résidents semblent influer sur les abondances post-installations des juvéniles de *P. moluccensis : l'*abondance maximale en juvéniles de *P. moluccensi*s est d'autant plus élevée que les colonies sont riches en conspécifiques et en hétérospécifiques

Les abondances en conspécifiques et en hétérospécifiques planctonophages pourraient indiquer aux juvéniles de Pomacentridae que la qualité du refuge est bonne et que la quantité de nourriture disponible sur le site est suffisante pour pouvoir survivre les premiers jours suivant l'installation.

- La croissance dans les cinq premiers jours qui suivent l'installation et les abondances des juvéniles de *P. moluccensis* ne semblent pas être influencées par les caractéristiques structurales de l'habitat à micro-échelle. Ainsi

- L'abondance maximale en juvéniles de *P. moluccensis* est corrélée négativement aux abondances moyennes de *Cephalopholis boenack* (Serranidae) et de *Pomacentrus amboinensis* (Pomacentridae).

C. boenack est le seul piscivore présent sur les colonies étudiées et représente un prédateur potentiel pour les Pomacentridae. Sa présence a un effet potentiel sur le nombre de juvéniles installés.

P. amboinensis, espèce de demoiselle résidente territoriale, adopte un comportement plus ou moins agressif avec les autres espèces de Pomacentridae.

Le détail des méthodes, analyses, résultats et discussions est présenté dans:

- *Mellin & Ponton, 2007. Les premiers stades de vie des poissons de N.C. Volet 2 - Stades post-installation. Rapport final ZoNéCo*

Les premiers stades de vie des poissons de Nouvelle-Calédonie : Identification des habitats lagonaires pour les stades pré- et post installation

Volet thématique 3 - Identification des jeunes stades

Phillipe Borsa, Dominique Ponton, Camille Mellin & Laure Carassou
(avec les contributions d'Adeline Collet, de Sarah Lemer et Wei-Jen Chen)

INTRODUCTION GENERALE

Si l'écologie des espèces et des populations de poissons récifo-lagonaires est un domaine de recherche très actif, nos connaissances sur leurs larves et leurs jeunes stades restent, au mieux, extrêmement fragmentaires. Pourtant, il est indispensable de connaître et comprendre, entre autres, les facteurs de la distribution, de l'abondance et de la croissance des jeunes stades de poissons pour la gestion rationnelle des espèces exploitées.

Avant tout, il est nécessaire d'identifier les animaux capturés à l'espèce (niveau taxonomique généralement pertinent pour ce genre de recherches) or cette identification est l'un des aspects les plus délicats des études biologiques sur les larves et juvéniles de poissons.

Dans les écosystèmes récifo-lagonaires de l'Indo-Pacifique, la richesse spécifique en poissons est de l'ordre du millier d'espèces, appartenant à plus de 150 familles. Les clés d'identification les plus récentes des larves et juvéniles des poissons côtiers de l'Indo-Pacifique, rassemblées dans la synthèse de Leis & Carson-Ewart (2000), ne permettent qu'exceptionnellement cette identification à l'espèce. Dans la plupart des cas, la précision de l'identification ne dépasse pas le niveau du genre, quand ce n'est pas celui de la famille.

L'objectif principal du volet 3 est d'aboutir à des critères d'identification à l'espèce, fiables, des stades jeunes des poissons, en ciblant les efforts sur des familles d'importance économique. Les efforts ont donc principalement concerné :

- la famille des Lethrinidae, qui comprend plusieurs espèces très recherchées par la pêche côtière (becs de canes et bossus) et dont l'écologie des adultes est très hétérogène, allant des prédateurs carnassiers aux consommateurs de coquillages ou encore consommateurs d'invertébrés mous.

- La famille des Siganidae ou picots, qui comprend 11 espèces en Nouvelle-Calédonie, certaines très recherchées par les consommateurs. Certaines espèces sont par ailleurs d'excellents candidats pour l'aquaculture compte tenu de leur tolérance aux variations du milieu, de leur croissance rapide et de leur régime alimentaire (herbivores)

La démarche utilisée peut être décomposée en trois axes principaux :

(1) **Critères méristiques :** Caractérisation de différents groupes de larves / juvéniles d'après leurs caractères méristiques et leurs patrons de (mélanophores)/couleurs ;

(2) **Outils génétiques :** Etablissement d'une base de données génétiques de référence constituée des fingerprints multilocus ou de barcodes (courtes séquences d'un gène mitochondrial) de spécimens adultes de toutes les espèces de la famille connues en Nouvelle-Calédonie ; Comparaison des fingerprints ou barcodes des larves / juvéniles avec les fingerprints ou barcodes de référence pour validation (ou invalidation) des groupes morphologiques et identification à l'espèce.

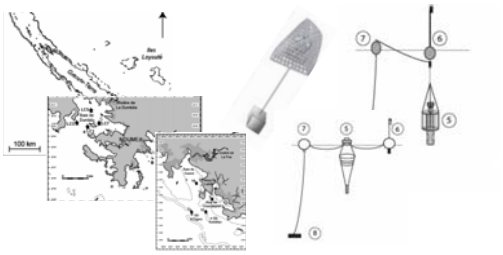
(3) **Techniques d'élevage :** Maitrise des techniques d'élevage en captivités puis identification des larves à l'espèce en suivant l'évolution des critères morphologiques jusqu'au stade adulte.

Le détail des méthodes, analyses, résultats et discussions est présenté dans:

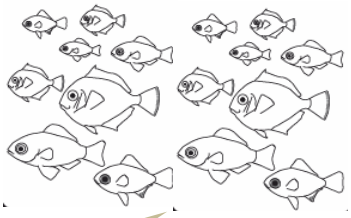
- *Ponton et al.,2007. Les premiers stades de vie des poissons de N.C. Volet 3 - Identification. Rapport final ZoNéCo*
- *Borsa et al. 2009. Identification par barcode (séquences nucléotidiques d'un fragment du gène du cytochrome b) des larves de Lethrinidae capturées en baies de Dumbéa et Ouano (Nouvelle-Calédonie). Rapport d'opération ZoNéCo. IRD, Nouméa, xx pp.*
- *Lemer et al. 2007. Cytochrome b barcoding, molecular systematics and geographic differentiation in rabbitfishes (Siganidae) C. R. Biol. 330, 86-94*

SCHEMA SYNTHETIQUES DES METHODES D'IDENTIFICATION MISES EN ŒUVRE

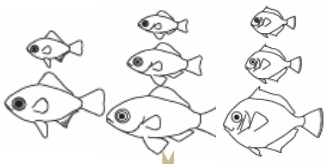
1°/ Echantillonnage



2°/ Contenu d'un piège lumineux ou d'un attracteur



3°/ Tri des individus selon les caractéristiques morphologiques



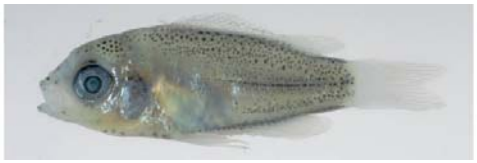
I - Identification d'après les critères méristiques et les patrons de couleurs

Espèces principalement ciblées :

- **Lethrinidae**
- **Siganidae**
- Pomacentridae *(illustration ci-dessous)*
- Apogonidae
- Ludjanidae
- Caranguidés

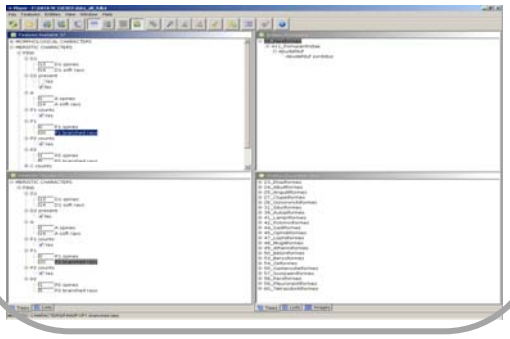
1/ Photographie de l'individu frai (glacé)

2/ Photographie de l'individu après un mois de conservation dans l'alcool



3/ Définitions critères méristiques (mesures, nb d'épines, de rayons etc)

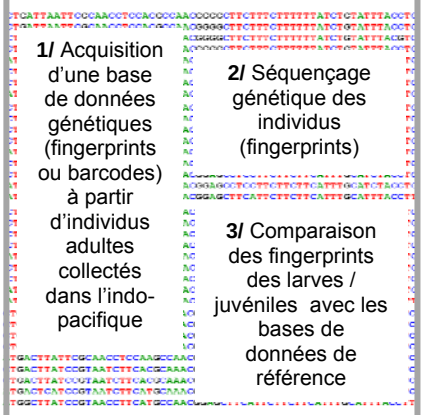
4/ Intégration dans le logiciel /base de données d'identification Lucid3



II - Outils génétiques

Espèces principalement ciblées :

- **Lethrinidae**
- **Siganidae**

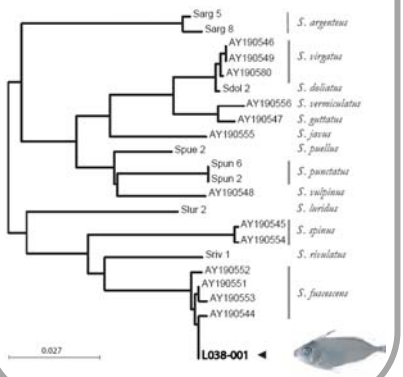


1/ Acquisition d'une base de données génétiques (fingerprints ou barcodes) à partir d'individus adultes collectés dans l'indo-pacifique

2/ Séquençage génétique des individus (fingerprints)

3/ Comparaison des fingerprints des larves / juvéniles avec les bases de données de référence

4/ Positionnement de l'individu sur l'arbre phylogénétique de la famille en fonction de ses caractéristiques génétiques

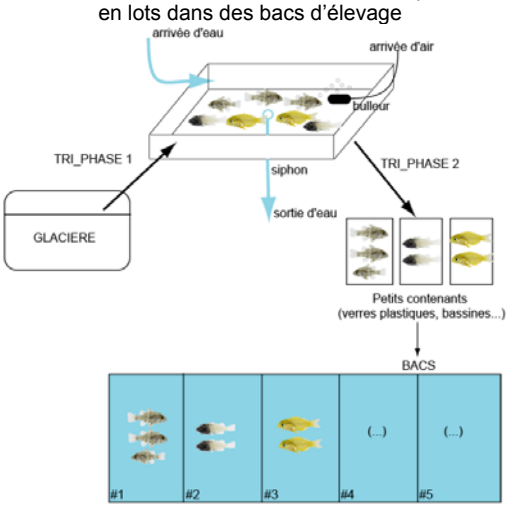


III - Elevages pour identification

Espèces principalement ciblées :

- **Toutes**

1/ Recensement des larves collectées et répartition en lots dans des bacs d'élevage



2/ Elevage et nourrissage selon un protocole spécialement défini (Aquarium des Lagons)

3/ Identification par outils photographiques (au moins un individu par lot, morphotype et classe de taille selon le protocole détaillé dans la colonne de gauche) ou par identifications visuelles au fil de la croissance (quand le nb de spécimens est très faible)

Quelques chiffres clefs :

- Plus de 25000 larves collectées au cours des étés 2004-2005 et 2005-2006
- Images obtenues pour 135 taxons, 28 familles et 10 ordres
- Plus de 2500 taxons intégrés dans la base d'identification Lucid3
- Plus de 900 individus génotypés
- Les travaux sur cette thématique continuent, notamment dans le cadre du suivi et de l'élevage à long terme mis en place avec l'Aquarium des Lagons

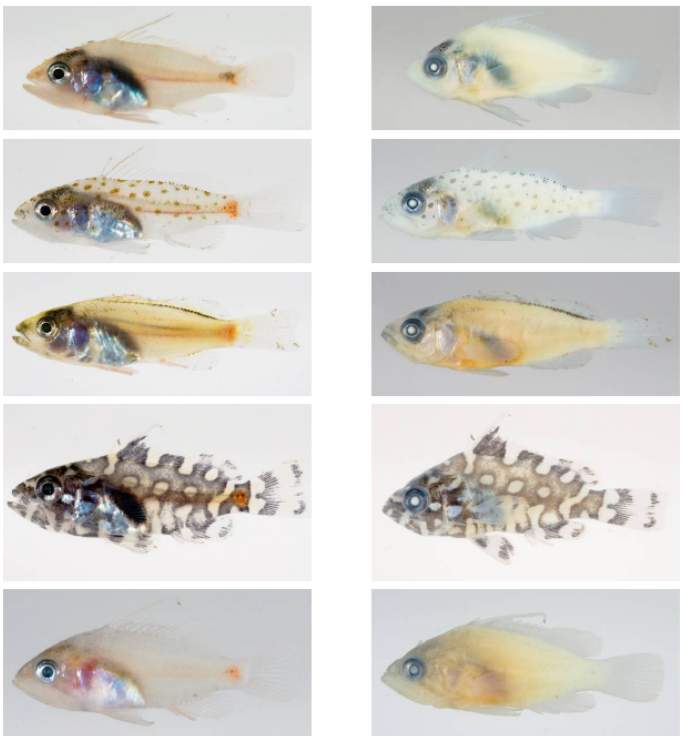
PHOTOS DE LARVES DE POISSONS RECIFAUX AVANT ET APRES CONSERVATION DANS L'ALCOOL

Apogonidae

Avant | Après

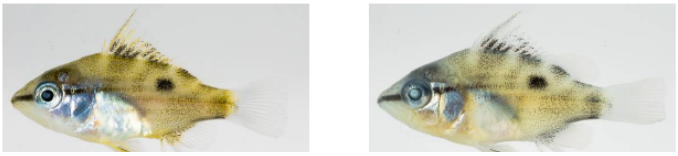
Serranidae

Avant | Après



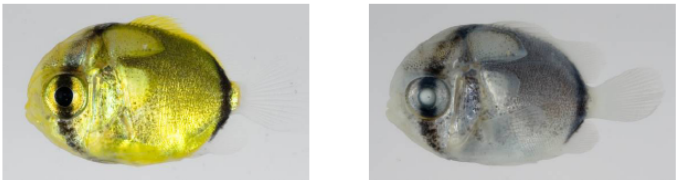
Lutjanidae

Avant | Après



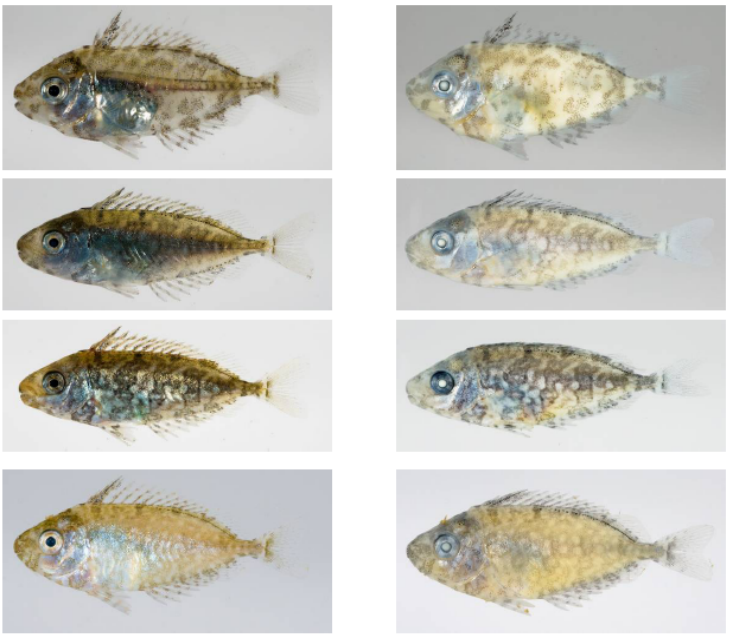
Chaetodontidae

Avant | Après



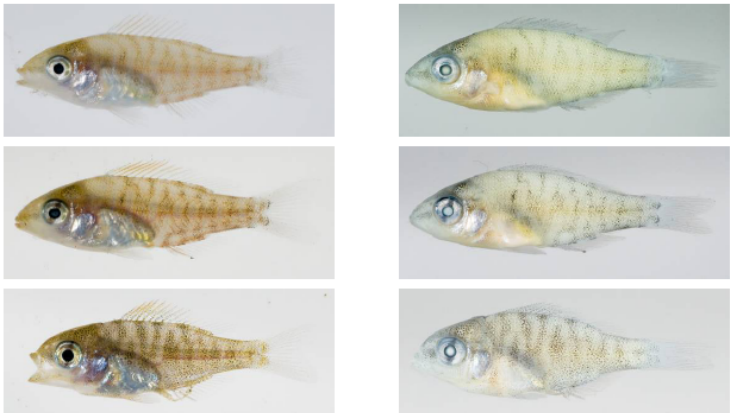
Siganidae

Avant | Après



Lethrinidae

Avant | Après



Pomacentridae

Avant | Après