

ZoNéCo

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

# CONTRIBUTION A L'ETUDE DU FONCTIONNEMENT DES AIRES MARINES PROTEGEES EN MILIEU CORALLIEN

INTERACTIONS ENTRE ZONES PROTEGEES ET NON PROTEGEES



ETAT D'AVANCEMENT - 2<sup>EME</sup> ANNEE DE THESE

Présenté par Olivier CHATEAU

Mai 2006

LABORATOIRE DES RESSOURCES VIVANTES ET DE L'ENVIRONNEMENT MARIN

UNIVERSITE DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>RAPPEL DU CONTEXTE SCIENTIFIQUE ET RESUME DU PROJET .....</b>	<b>3</b>
<b>COMPTE RENDU DES ACTIVITES REALISEES DEPUIS LE 01 FEVRIER 2005 DANS LE CADRE DE L'ETUDE ZONECO SUR LE FONCTIONNEMENT DES AIRES MARINES PROTEGEES .....</b>	<b>4</b>
<b>MISE EN PLACE DE L'EXPERIENCE DE MARQUAGE ACOUSTIQUE SUR L'ENSEMBLE DE LA ZONE ILOT LAREGNERE/RECIF LAREGNERE/RECIF CROUY .....</b>	<b>6</b>
ZONE D'ETUDE .....	6
MATERIEL ACOUSTIQUE ET MISE EN PLACE DU RESEAU D'HYDROPHONES .....	6
TEST DES MODALITES DE RECEPTION DU SIGNAL PAR LES HYDROPHONES .....	7
BILAN DES OPERATIONS DE MARQUAGE .....	8
INTERACTIONS RESERVE/ZONES NON EN RESERVE : EXEMPLES .....	10
CONCLUSION ET PROGRAMME DE RECHERCHE PROPOSE .....	12
<b>ORGANISATION DE LA DERNIERE ANNEE DE THESE ET CALENDRIER PREVISIONNEL .....</b>	<b>13</b>
ORGANISATION .....	13
CALENDRIER PREVISIONNEL SIMPLIFIE POUR UNE SOUTENANCE FIN JUILLET 2007 .....	14
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>15</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>16</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>16</b>

## **INTRODUCTION**

Ce rapport présente le compte rendu des activités de recherche réalisées depuis le 01 février 2005 dans le cadre du Programme ZoNéCo sur le fonctionnement des aires marines protégées en milieu corallien.

## **RAPPEL DU CONTEXTE SCIENTIFIQUE ET RESUME DU PROJET**

Les réponses des peuplements de poissons à l'interdiction de pêcher ont été étudiées par des travaux principalement axés sur les variations de la structure de taille, de la densité et de la biomasse (García-Rubies et Zabala 1990, Roberts 1995, Letourneur 1996, Wantiez et al. 1997, Sarraména 2000, Chateau et Wantiez 2005). En revanche, d'autres effets plus complexes, accompagnant théoriquement la mise en place d'une réserve marine ont rarement été constatés par des données *in situ*. Il s'agit notamment (1) de l'accroissement de la fécondité des populations protégées et, par conséquent, du potentiel de recrutement dans les zones environnantes, (2) de la protection de la diversité génétique des stocks face à la pression sélective exercée par la pêche, ou (3) de l'augmentation de l'abondance et/ou de la biomasse au sein des populations non protégées grâce à l'émigration d'individus depuis l'intérieur des réserves (Roberts et Polunin 1991, Bohnsack 1996, Russ 2002, Gell et Roberts 2003). Le dernier point (spillover effect) a été abordé (1) par modélisation (2) par suivi de l'évolution des captures par unité d'effort (CPUE) dans des zones pêchées proches d'une réserve, (3) par mesure de gradients de densité ou de CPUE à travers les limites de réserves et (4) plus récemment par mesure du mouvement des poissons en utilisant des méthodes de marquage (Russ 2002). Malgré l'importante bibliographie disponible, le manque de données de terrain (Willis et al. 2003) et des lacunes importantes dans l'échantillonnage continuent d'entretenir des incertitudes quant à l'efficacité réelle des réserves marines en terme d'outils de gestion et ce d'autant plus que certains travaux aboutissent à des résultats confus, voire opposés aux modèles théoriques (Samoilys 1988, Roberts et Polunin 1992).

En Nouvelle-Calédonie, les aires marines protégées sont régulièrement suivies depuis leur création en 1990. Suite aux nombreuses études réalisées sur les communautés de poissons du Parc du lagon Sud (T&W Consultants 1994, Wantiez et al. 1997, T&W Consultants 1999, Sarraména 2000, LERVEM 2002, Chateau et Wantiez 2005), le travail proposé a pour but d'aborder le fonctionnement des communautés de poissons d'une aire marine protégée et ses interactions avec les écosystèmes récifaux adjacents, 16 ans après la mise en réserve de cette zone. Les objectifs proposés dans le projet de thèse sont (1) de tester les hypothèses de

dissémination ou d'attraction aux frontières d'une réserve par l'étude du mouvement de poissons adultes et (2) d'étudier les processus post-recrutement en fonction des caractéristiques biologiques des espèces et des caractéristiques environnementales d'un système réserve/non réserve.

#### **COMPTE RENDU DES ACTIVITES REALISEES DEPUIS LE 01 FEVRIER 2005 DANS LE CADRE DE L'ETUDE ZONECO SUR LE FONCTIONNEMENT DES AIRES MARINES PROTEGEES**

Lors du premier bilan des travaux (état d'avancement année 1) effectué en mars 2005, quatre opérations étaient prévues pendant la deuxième année de la thèse :

- L'analyse des données de l'expérience test menée depuis décembre 2004 dans la zone de mouillage de la réserve de l'îlot Larégnère et la présentation des premiers résultats au 7<sup>th</sup> IPFC à Taiwan en mai 2005.
- L'élargissement de l'expérience acoustique à l'ensemble de la zone d'étude englobant la réserve marine de l'îlot Larégnère, le récif Larégnère (non protégé) et le récif Crouy (non protégé).
- La mise en place d'une expérience de marquage externe (marques Hallprint<sup>®</sup> de type spaghetti) en vue de compléter les observations du suivi acoustique.
- La mise en place de l'expérience de suivi des processus post-recrutement sur les trois récifs dont le statut de protection diffère.

Le dernier point concernant le suivi des processus post-recrutement a été abandonné en raison du retard accumulé lors de la mise en place de l'expérience acoustique à grande échelle. Bien que ce point soit l'un des deux axes de recherche proposés dans le projet de thèse initial, il représentait surtout une solution de secours en cas d'absence de résultat de l'expérience acoustique.

Afin de tester les hypothèses d'immigration ou d'émigration aux frontières des réserves et pour compléter les observations de suivi acoustique (nombre limité de marques), le mouvement d'individus de plusieurs espèces commerciales devait être estimé par marquage externe. Cette expérience consistait à marquer des poissons avec des marques colorées de type spaghetti puis à effectuer un relevé des occurrences en plongée de façon régulière. Cette expérience a été abandonnée en raison (1) de la difficulté à capturer les espèces cibles en grand nombre dans la zone d'étude et (2) des contraintes logistiques fortes liées à la mise en place du suivi. Cette opération représentait également une solution de secours en cas d'absence de résultat de l'expérience acoustique.

Les opérations réalisées à ce jour incluent :

- L'analyse des données de l'expérience test (7 individus sur 12 marqués ; 7 mois de données) menée entre décembre 2004 et juillet 2005 dans la zone de mouillage de la réserve de l'îlot Larégnère. Les détails concernant la mise en place de cette expérience sont disponibles dans le rapport d'état d'avancement de la 1<sup>ère</sup> année (Chateau 2005). Les résultats ont permis (1) de valider l'utilisation du matériel acoustique à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude et (2) de montrer les possibilités (et les limites) en termes d'analyse des données obtenues.

- La présentation des premiers résultats de cette expérience au 7<sup>th</sup> IPFC à Taiwan en mai 2005 (présentation orale), la rédaction d'un article<sup>1</sup> soumis dans *Environmental Biology of Fishes* (mai 2006) sur les patterns d'activité et le comportement d'un *Cheilinus undulatus* et la préparation d'un article sur l'analyse de la fréquentation de la zone de mouillage de la réserve de l'îlot Larégnère par 6 *Lethrinus nebulosus*<sup>2</sup>.

- L'élargissement de l'expérience acoustique à l'ensemble de la zone d'étude. Cette opération inclue la mise en place du réseau d'hydrophones (23 VR2, fabrication des corps-morts, positionnement précis), les tests des modalités de réception du signal dans la zone et les phases de capture/marquage/remise en milieu naturel des poissons (4 espèces<sup>3</sup> commercialisées en Nouvelle-Calédonie, 43 individus marqués). Des précisions concernant la mise en place de cette opération sont développés dans le chapitre suivant.

---

<sup>1</sup> Site fidelity and activity patterns of a humphead wrasse, *Cheilinus undulatus* (Labridae), as determined by acoustic telemetry. *Environmental Biology of Fishes* (soumis)

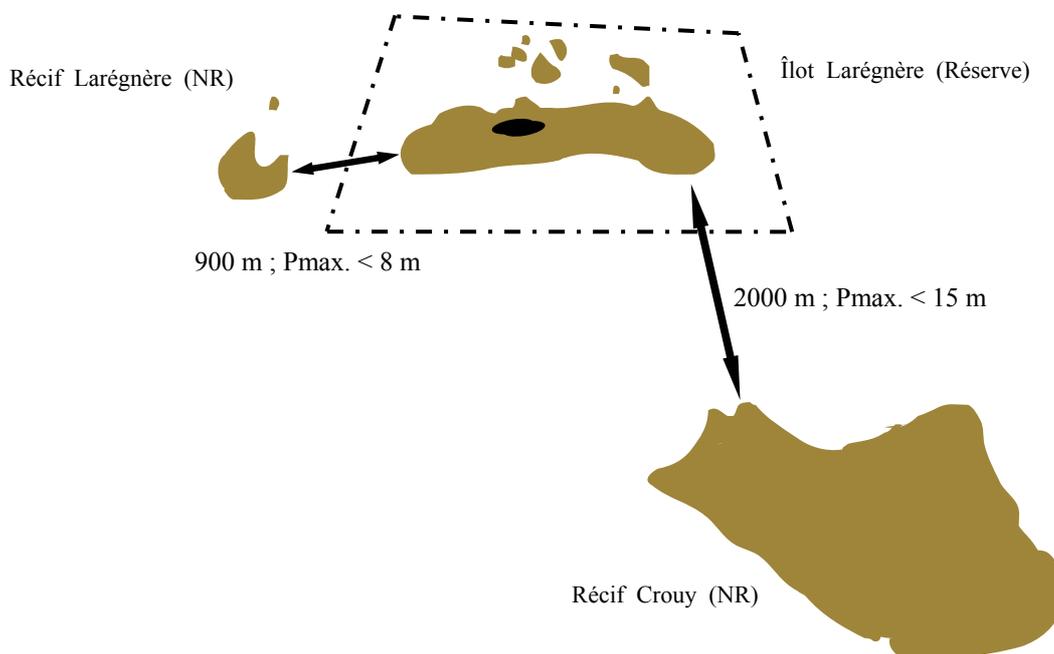
<sup>2</sup> Mooring area frequentation by the spangled emperor, *Lethrinus nebulosus*, in a marine protected area, as determined by acoustic telemetry. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* (en préparation)

<sup>3</sup> *Epinephelus maculatus*, *Plectropomus leopardus*, *Chlorurus microrhinos*, *Scarus ghobban*

## MISE EN PLACE DE L'EXPERIENCE DE MARQUAGE ACOUSTIQUE SUR L'ENSEMBLE DE LA ZONE ILOT LAREGNERE/RECIF LAREGNERE/RECIF CROUY

### ZONE D'ETUDE

La zone étudiée englobe trois structures récifales isolées par des fonds meubles : l'îlot Larégnère, le récif Larégnère et le récif Crouy (Figure 1). L'îlot Larégnère fait partie des réserves du Parc du Lagon Sud créée en 1990 où toute récolte d'organismes est interdite. Le récif Larégnère et le récif Crouy sont des structures non protégées respectivement situées à 900 m et 2000 m de la réserve.

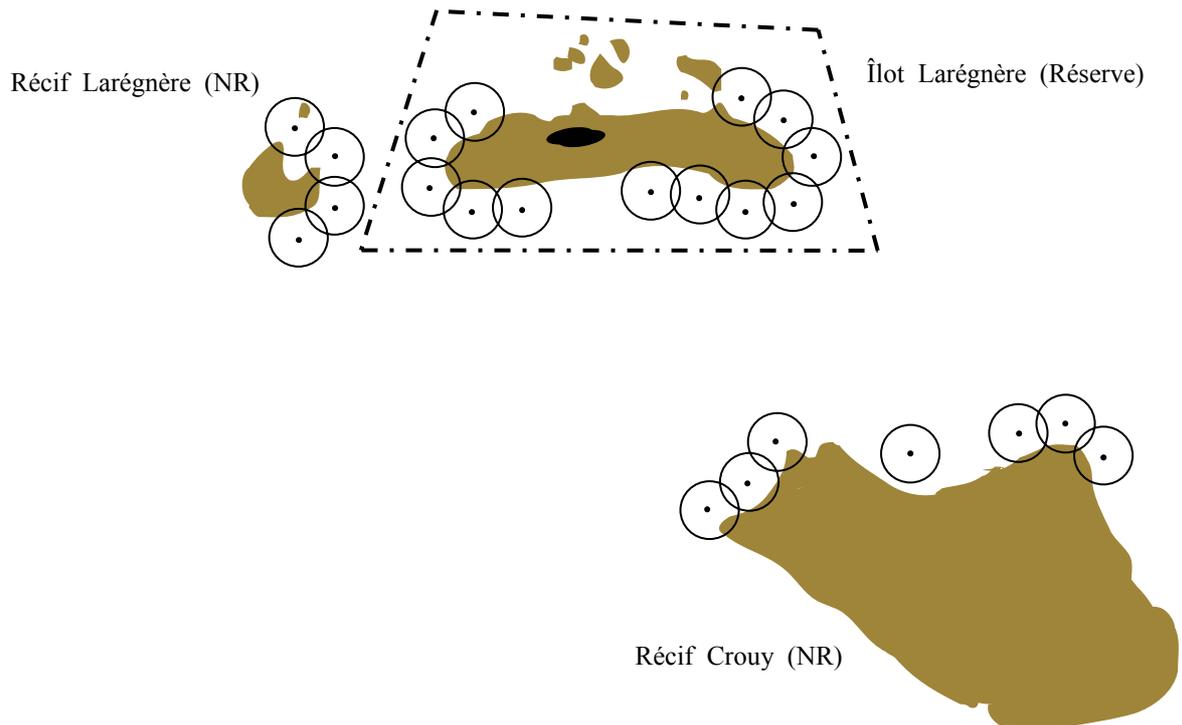


**Figure 1.** Zone d'étude. NR : zone non protégée. Pmax. : profondeur maximale. Les pointillés indiquent les limites juridiques de la réserve.

### MATERIEL ACOUSTIQUE ET MISE EN PLACE DU RESEAU D'HYDROPHONES

Les émetteurs acoustiques utilisés pour marquer les poissons sont le modèle V9 coded pinger (Vemco Ltd.). Ces marques sont implantées par chirurgie dans la cavité péritonéale des poissons. Elles émettent de façon aléatoire toutes les 40 s à 120 s afin d'éviter les collisions et donc des pertes de données lorsque plusieurs marques de même fréquence sont utilisées simultanément. A cette fréquence d'émission, les marques ont une durée de fonctionnement théorique d'environ 374 jours. Le numéro identifiant de la marque est codé dans le message qu'elle émet. Les hydrophones omnidirectionnels VR2 (Vemco Ltd.) enregistrent le numéro identifiant de la marque, la date et l'heure de la détection quand celle-ci émet dans leur rayon de réception.

Depuis juillet 2005, 23 hydrophones ont été installés autour d'une partie des trois récifs étudiés (Figure 2). Des tests *in situ* ont montré une distance de réception du signal par les hydrophones égale à 200 m environ. Les hydrophones ont été placés sur des fonds meubles (5 m à 13 m de profondeur) à 100 m du bas du tombant et séparés de 350 m les uns des autres. La zone couverte représente 7800 m linéaires sur 400 m de large (pente récifale et fonds lagunaires).



**Figure 2.** Position des 23 hydrophones. Les cercles indiquent la zone minimale de détection du signal autour de chaque hydrophone. NR : zone non protégée.

### TEST DES MODALITES DE RECEPTION DU SIGNAL PAR LES HYDROPHONES

L'analyse des données nécessite de connaître les modalités précises de réception du signal par chaque hydrophone dans la zone d'étude. L'utilisation combinée d'ArcGis® et d'une photo satellite haute résolution a permis de réaliser différents test à des points précis de la zone après la mise en place du réseau. Ont été réalisé :

- o La confirmation du rayon de réception trouvé en 2004 lors de l'expérience test dans la zone de mouillage de la réserve.
- o Des tests de réception sur les récifs. Des marques ont été immergées tous les 50 m à la limite platier/haut du tombant (à moins d'1 m du fond) au niveau de toutes les zones couvertes théoriquement par les hydrophones (180 points).

- Des tests de réception à deux profondeurs sur les fonds lagunaires (90 cm et 290 cm au dessus du substrat)
- Des tests de réception sur différents substrats (herbiers, fonds meubles, coraux de différentes natures, anfractuosités du récif, etc.)

Les tests montrent une bonne détection du signal sur les récifs étudiés malgré un impact fort du substrat sur la réception. Les tests montrent 100% de réception dans les 200 m quand la marque est placée à moins d'1 m du fond et qu'il n'y a pas d'obstacle entre elle et l'hydrophone. La réception du signal quand la marque est en pleine eau (>1 m) est généralement supérieur à sa réception lorsque la marque est proche du fond (quelques signaux néanmoins détectés entre 250 m et 500 m).

### **BILAN DES OPERATIONS DE MARQUAGE**

A ce jour, 43 individus ont été marqués :

- 5 *Epinephelus maculatus*
- 12 *Plectropomus leopardus*
- 13 *Chlorurus microrhinos*
- 13 *Scarus ghobban*

Dans le but de préciser la nature des interactions observées entre les 3 récifs étudiés, différentes expériences basées sur les lieux de capture et de remise en milieu naturel avaient été proposées. Les 9 expériences possibles, liées au fait de pouvoir capturer et relâcher des poissons sur 3 récifs différents ont été exposées lors du comité de thèse et sont disponibles dans le rapport de projet de thèse (Chateau 2004). Le coût du matériel, limitant le nombre de marques disponibles, fait que toutes les possibilités ne pouvaient pas être réalisées. Le choix s'est finalement porté sur 3 types d'expérience :

- Capture/remise dans la réserve
- Capture/remise en zone non en réserve
- Capture en zone non en réserve/remise dans la réserve

Chaque expérience permet de tester un nombre variable d'hypothèse concernant la nature des interactions observées (ex. l'émigration, immigration, etc.) et c'est leur combinaison pour une même espèce qui permettra peut être de les discriminer. Un résumé des expériences réalisées à ce jour est présenté par espèces dans les tableaux 1 à 4.

**Tableau 1.** Lieu de capture et de remise en milieu naturel pour *E. maculatus*.

<i>E. maculatus</i>		Lieu de remise en milieu naturel		
		Îlot Larégnère	Récif Larégnère	Récif Crouy
Capture	Îlot Larégn.			
	Récif Larégn.			
	Récif Crouy	3		2

**Tableau 2.** Lieu de capture et de remise en milieu naturel pour *P. leopardus*.

<i>P. leopardus</i>		Lieu de remise en milieu naturel		
		Îlot Larégnère	Récif Larégnère	Récif Crouy
Capture	Îlot Larégn.	11		
	Récif Larégn.	1		
	Récif Crouy			

**Tableau 3.** Lieu de capture et de remise en milieu naturel pour *C. microrhinos*

<i>C. microrhinos</i>		Lieu de remise en milieu naturel		
		Îlot Larégnère	Récif Larégnère	Récif Crouy
Capture	Îlot Larégn.	8		
	Récif Larégn.	3	2	
	Récif Crouy			

**Tableau 4.** Lieu de capture et de remise en milieu naturel pour *S. ghobban*

<i>S. ghobban</i>		Lieu de remise en milieu naturel		
		Îlot Larégnère	Récif Larégnère	Récif Crouy
Capture	Îlot Larégn.	7		
	Récif Larégn.			
	Récif Crouy	3		3

L'expérience capture/remise dans la réserve est majoritaire en nombre de poissons marqués (26 individus), suivi celle de capture sur un des deux récifs non en réserve et remise dans la réserve (10 individus). Seulement 7 poissons ont été capturés et relâché sur l'un des récifs non en réserve. Ce déséquilibre est lié à :

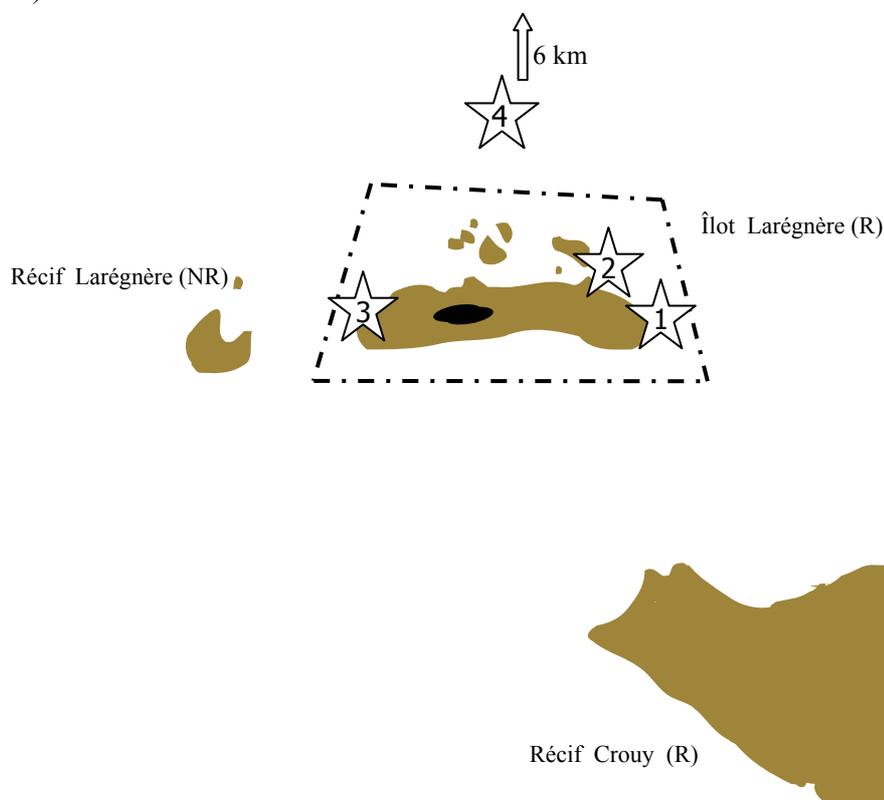
- o Principalement à la difficulté de capturer une espèce particulière dans un endroit donné dans une zone non en réserve.
- o Mais aussi à l'ordre de priorité des expériences défini lors du projet de thèse.

o Et enfin au risque de perdre les poissons plus rapidement sur les récifs non protégés (effort de pêche plus important, réseau d'hydrophones limité) et donc de ne pas obtenir assez de données exploitables.

### INTERACTIONS RESERVE/ZONES NON EN RESERVE : EXEMPLES

Depuis fin juillet 2005, environ 350 000 détections ont été enregistrées par les différents hydrophones sur l'ensemble de la zone d'étude (dont 200 000 les trois derniers mois). L'analyse des premières données montre qu'au moins un individu de chaque espèce cible<sup>4</sup> a effectué des mouvements entre les différents récifs étudiés. Trois exemples sont succinctement exposés ci-après : 1 *Scarus ghobban*, 1 *Plectropomus leopardus* et 1 *Epinephelus maculatus*.

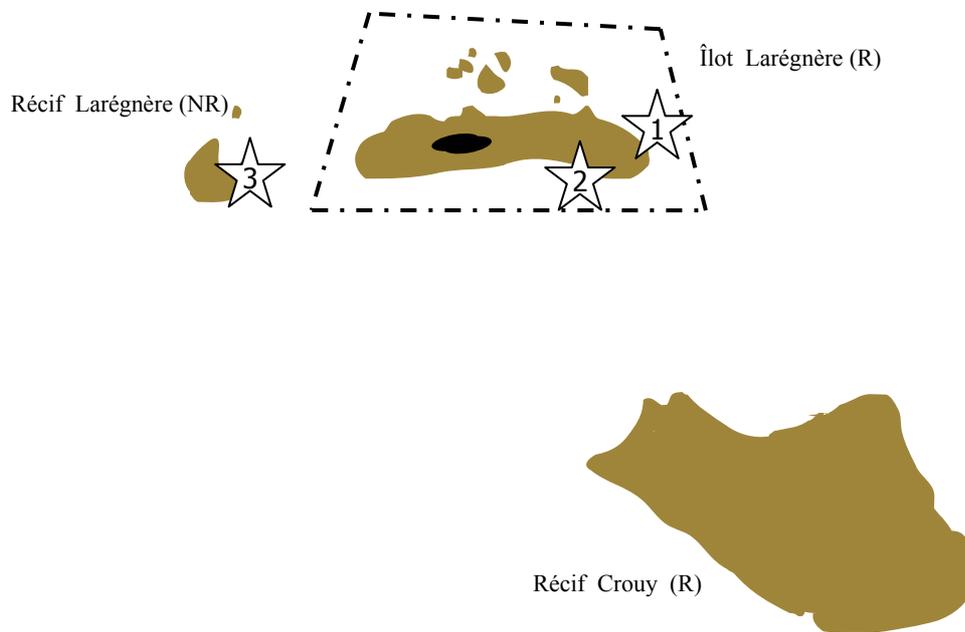
o *Scarus ghobban* : cet individu, capturé dans la réserve, a été détecté à la pointe Est de la réserve pendant 8 jours (entre les points 1 et 2). Le 9<sup>ème</sup> jour, ce poisson a été détecté à la pointe Ouest de la réserve (point 3) avant d'être pêché deux semaines plus tard dans une zone d'herbier située à environ 6 km (point 4) de la réserve (J. Fournier, communication personnelle).



**Figure 3.** Evolution spatiotemporelle de la détection d'un *Scarus ghobban* dans la zone d'étude.

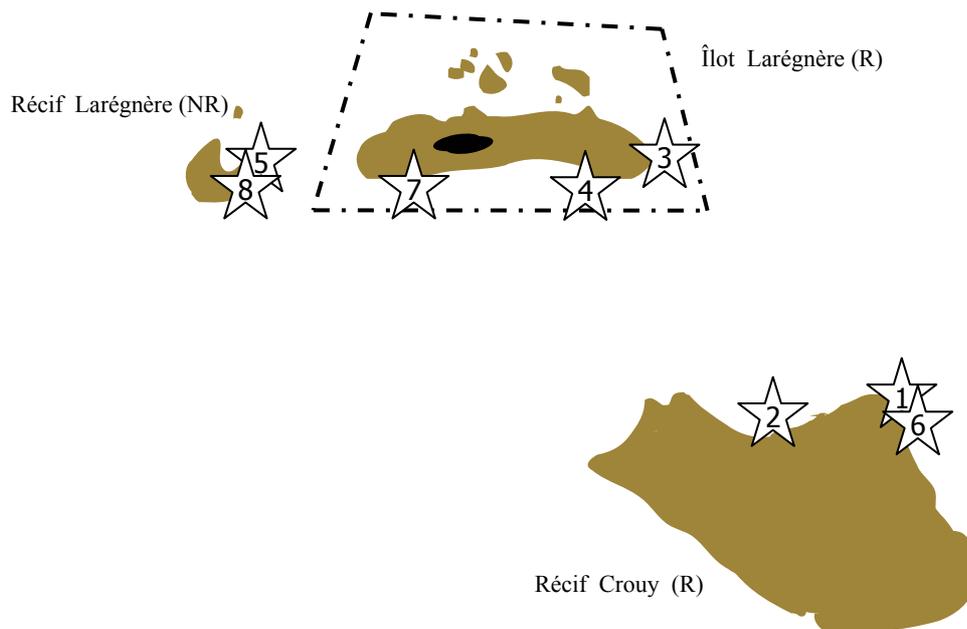
<sup>4</sup> y compris *Lethrinus nebulosus* et *Gymnocranius* sp. marqués pour l'expérience test.

o *Plectropomus leopardus* : cet individu a été détecté de septembre 2005 à début mars 2006 (6 mois) à la pointe Est de l'îlot Larégnère avant de rejoindre le récif Larégnère (point 3) en passant par le sud de la réserve (point 2).



**Figure 4.** Evolution spatiotemporelle de la détection d'un *Plectropomus leopardus* dans la zone d'étude.

o *Epinephelus maculatus* : cet individu, pêché et relâché à Crouy a changé au moins 5 fois de récif en 1 mois.



**Figure 5.** Evolution spatiotemporelle de la détection d'un *Epinephelus maculatus* dans la zone d'étude.

## CONCLUSION ET PROGRAMME DE RECHERCHE PROPOSE

L'analyse des premières données est très encourageante et permet de proposer deux principaux axes de recherche :

- L'étude du mouvement des poissons marqués entre les trois récifs étudiés. L'objectif de ce travail basée sur l'analyse de la détection des poissons dans les différentes zones sera de statuer sur la nature des interactions existantes entre la réserve marine et les deux formations récifales non protégées adjacentes. Cette étude devrait permettre de quantifier la connectivité entre les récifs étudiés et de déterminer si la nature ou l'intensité des mouvements varient avec le temps (recherche d'une saisonnalité, liens avec les périodes de reproduction), l'espace, selon espèce (ou l'individu) et/ou avec certaines variables de l'environnement (vent, houle, marée, lune).

- L'étude de certains aspects comportementaux basée sur l'analyse des données à une plus fine échelle spatiale. Cette analyse inclura l'étude des mouvements inter-récifs, l'estimation du home range des différentes espèces (ou individus), l'étude du rythme d'activité des poissons à différentes échelle de temps (saisons, mois, jours, heures) en relation avec certaines variables environnementales (vent, houle, marée, lune, températures) ou certaines caractéristiques biologiques des espèces étudiées (mode de reproduction, place dans la chaîne trophique, comportement social).

Les deux points précédents devraient permettre :

- Une réflexion plus globale sur l'importance et le rôle des mouvements sur la dynamique des populations de poissons coralliens et sur l'implication de leur probable sous-estimation d'un point de vue bioécologique fondamental (connectivité, home range, unité fonctionnelle) mais aussi en terme de gestion.

- L'obtention de données de base actuellement indisponibles sur l'écologie comportementale des espèces cibles (notamment pour les Scaridae).

## ORGANISATION DE LA DERNIERE ANNEE DE THESE ET CALENDRIER PREVISIONNEL

### ORGANISATION

La période allouée au marquage des poissons est théoriquement terminée depuis fin avril 2006. Neuf marques sont encore disponibles à ce jour. La dernière mission sur le terrain a validé le marquage *in situ* des poissons. L'opération sur le bateau (20 min entre la capture et la remise dans le milieu) supprime les contraintes liées au transport des poissons et à leur maintien en aquarium et permet d'envisager de terminer rapidement les marquages en les couplant par exemple aux sorties terrain de téléchargement des données. L'espèce principalement ciblée sera *Epinephelus maculatus* pour laquelle il manque au moins 5 individus pêchés et relâchés dans la réserve (Tableau 1). Dans un second temps il serait nécessaire de marquer quelques *Plectropomus leopardus* du récif Larégnère afin de compléter les expériences (1) pêche en zone non en réserve/remise dans la réserve et (2) pêche/remise en zone non en réserve (Tableau 2).

Le travail des 4 prochains mois sera centré sur :

- La fin des marquages lors de sorties ponctuelles (téléchargement des données, plongées d'observation du comportement des poissons)
- La fin de rédaction et la soumission (fin juin 2006) de l'article sur l'analyse de la fréquentation de la zone de mouillage de l'îlot Larégnère par 6 *Lethrinus nebulosus*.
- Le traitement et la rédaction d'une note sur les premières données de mouvement des poissons dans la zone d'étude (fin juillet 2006).
- Le début du traitement des données accumulées depuis juillet 2005 et la rédaction des premiers chapitres de la thèse (présentation générale, matériel et méthodes).

La date des derniers marquages (fin avril 2006) et la durée de fonctionnement des émetteurs (374 jours) font qu'il ne sera pas possible d'intégrer la totalité des données dans la thèse en respectant le calendrier proposé à savoir une soutenance fin juillet 2007. Cela nécessiterait de ne traiter que les données récoltées jusqu'à fin décembre 2006 ce qui représenterait entre 8 mois et 17 mois de suivi selon les individus. Les données récoltées après cette date seraient alors incorporées *a posteriori* si nécessaire dans la discussion des résultats.

## CALENDRIER PREVISIONNEL SIMPLIFIE POUR UNE SOUTENANCE FIN JUILLET 2007

	Mai.06	Jun.06	Jui.06	Aou.06	Sep.06	Oct.06	Nov.06	Dec.06	Jan.07	Fev.07	Mar.07	Avr.07	Mai.07	Jun.07	Jui.07
<b>Terrain</b>															
Téléchargement des données		2 à 4 j			2 à 4 j			2 à 4 j			2 à 4 j			2 à 4 j	
Fin des marquages (9 marques)	Sorties ponctuelles														
<b>Analyse</b>															
Traitement des données															
<b>Publication « <i>L. nebulosus</i> »<sup>5</sup></b>															
Soumission															
<b>Publication « mouvements »<sup>6</sup></b>															
Traitement															
Rédaction															
<b>Rapport &amp; manuscrit thèse</b>															
Rédaction															
Rendu rapport final ZoNéCo															
Soutenance															

<sup>5</sup> Mooring area frequented by the spangled emperor, *Lethrinus nebulosus*, in a marine protected area, as determined by acoustic telemetry. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*

<sup>6</sup> Acoustic tracking of fish suggests high connectivity between a marine reserve and two unprotected reefs in the South Lagoon Marine Park of New Caledonia (titre provisoire)

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bohnsack JA (1996) Maintenance and recovery of reef fishery productivity. In: Polunin NVC, Roberts CM (eds) Reef Fisheries. Chapman & Hall publ., Londres, UK, p 283-313
- Chateau O (2004) Contribution à l'étude du fonctionnement des aires marines protégées en milieu corallien - interaction entre zones protégées et non protégées - projet de thèse. Rap. ZoNéCo, Nouméa, Fr
- Chateau O (2005) Contribution à l'étude du fonctionnement des aires marines protégées en milieu corallien - interaction entre zones protégées et non protégées - Etat d'avancement 1<sup>ère</sup> année de thèse. Rap. ZoNéCo, Nouméa, Fr
- Chateau O, Wantiez L (2005) Comparaison de la structure des communautés de poissons coralliens d'intérêt commercial entre une réserve marine et deux zones non protégées dans le Parc du lagon sud de Nouvelle-Calédonie. *Cybium* 29: 159-174
- García-Rubies A, Zabala M (1990) Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes Islands marine reserve (NW Mediterranean). *Scientia Marina* 54:317-328
- Gell FR, Roberts CM (2003) Benefits beyond boundaries: the fishery effects of marine reserves. *TRENDS in Ecology and Evolution* 18:448-455
- LERVEM (2002) Suivi temporel des récifs coralliens du Parc du Lagon Sud., Rap. LERVEM, Univ. Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Fr
- Letourneur Y (1996) Réponse des peuplements et populations de poissons aux réserves marines : le cas de l'île de Mayotte, Océan Indien occidental. *Ecoscience* 3:442-450
- Roberts CM (1995) Rapid build-up of fish biomass in Caribbean marine reserve. *Conservation Biology* 9:815-826
- Roberts CM, Polunin NVC (1991) Are marine reserves effective in management of reef fisheries? *Rev. Fish Biol. and Fisheries* 1:65-91
- Roberts CM, Polunin NVC (1992) Effects of marine reserve protection on northern Red Sea fish populations *Proc. 7th Int. Coral Reef Symp.*, p 969- 977
- Russ G (2002) Yet Another review of marine reserves as reef fishery management tools. In: Sale PF (ed) *Coral reef fishes, dynamics and diversity in a complex ecosystem*. Academic press publ., San Diego, California, US, p 421-443
- Samoilys MA (1988) Abundance and species richness of coral reef fish on Kenyan coast: the effects of protective management and fishing *Proc. 6th Int. Coral Reef Symp.*, p 261-266

- Sarramégna S (2000) Contribution à l'étude des réserves marines du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Thèse de doctorat, Université de la Nouvelle-Calédonie
- T&W Consultants (1994) Caractéristiques générales des communautés de poissons récifaux du Grand Nouméa et des îlots du Parc du Lagon Sud, Rap. T&W Consultants, Province Sud de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Fr
- T&W Consultants (1999) Caractérisation des communautés marines et suivi des peuplements ichtyologiques des îlots du Parc du Lagon Sud placés en réserve, Rap. T&W Consultants, Province Sud de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa, Fr
- Wantiez L, Thollot P, Kulbicki M (1997) Effects of marine reserves on coral reef fish communities from five islands in New Caledonia. *Coral reef* 16:215-224
- Willis TJ, Millar RB, Babcock RC, Tolimieri N (2003b) Burdens of evidence and the benefits of marine reserves: putting Descartes before des horse? *Environmental Conservation* 30:97-103

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1. ZONE D'ETUDE. NR : ZONE NON EN RESERVE. LES POINTILLES INDIQUENT LES LIMITES JURIDIQUES DE LA RESERVE.....	6
FIGURE 2. POSITION DES 23 HYDROPHONES. LES CERCLES INDIQUENT LA ZONE MINIMALE DE DETECTION DU SIGNAL AUTOUR DE CHAQUE HYDROPHONE.....	7
FIGURE 3. EVOLUTION SPATIOTEMPORELLE DE LA DETECTION D'UN <i>SCARUS GHOBBAN</i> DANS LA ZONE D'ETUDE.....	10
FIGURE 4. EVOLUTION SPATIOTEMPORELLE DE LA DETECTION D'UN <i>PLECTROPOMUS LEOPARDUS</i> DANS LA ZONE D'ETUDE.....	11
FIGURE 5. EVOLUTION SPATIOTEMPORELLE DE LA DETECTION D'UN <i>EPINEPHELUS MACULATUS</i> DANS LA ZONE D'ETUDE.....	11

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1. LIEU DE CAPTURE ET DE REMISE EN MILIEU NATUREL POUR <i>E. MACULATUS</i> .....	9
TABLEAU 2. LIEU DE CAPTURE ET DE REMISE EN MILIEU NATUREL POUR <i>P. LEOPARDUS</i> .....	9
TABLEAU 3. LIEU DE CAPTURE ET DE REMISE EN MILIEU NATUREL POUR <i>C. MICRORHINOS</i> .....	9
TABLEAU 4. LIEU DE CAPTURE ET DE REMISE EN MILIEU NATUREL POUR <i>S. GHOBBAN</i> .....	9